

Alimentação de Gado de Leite



Editores:

Lúcio Carlos Gonçalves

Iran Borges

Pedro Dias Sales Ferreira

Lúcio Carlos Gonçalves
Iran Borges
Pedro Dias Sales Ferreira

ALIMENTAÇÃO DE GADO DE LEITE

FEPMVZ-Editora
Belo Horizonte
2009

A414 Alimentação de gado de leite / Editores: Lúcio Carlos Gonçalves, Iran Borges, Pedro Dias Sales Ferreira. – Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009.
412 p. : il.

Inclui bibliografia
ISBN 978-85-87144-34-8

1. Bovino de leite – Alimentação e rações. 2. Bovino de leite - Nutrição.
3. Nutrição animal. I. Gonçalves, Lúcio Carlos. II. Borges, Iran. III. Ferreira,
Pedro Dias Sales.

CDD – 636.214 085 2

PREFÁCIO

A carência de uma obra que reunisse informações acerca da alimentação de gado de leite motivou a elaboração deste livro. São muitas as informações constantes na literatura internacional, no entanto estas se apresentam diluídas em muitos trabalhos científicos e/ ou livros tornando-se necessário reuni-las para facilitar aos interessados o acesso a elas.

Este livro tem como público-alvo produtores rurais, alunos de graduação e pós-graduação e demais técnicos da área de produção de gado de leite.

A obra compila informações sobre regulação da ingestão de alimentos, alimentação de bezerra, de novilha, de vaca de leite mestiça, de vacas de alta produção, bem como informações sobre período de transição, manipulação ruminal, utilização do balanço cátion-aniônico, alimentação em sistemas silvipastoris, minerais e vitaminas para gado de leite, aborda, ainda, nutrição de ruminantes e o meio ambiente, assim como nutrição e reprodução.

Agradecemos especialmente a cada autor pelo afinho e dedicação com que trabalharam para tornar possível a elaboração deste livro

Os Editores

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	REGULAÇÃO DA INGESTÃO DE ALIMENTOS. <i>Ana Luiza da Costa Cruz Borges, Lúcio Carlos Gonçalves, Silas Primola Gomes</i>	1
CAPÍTULO 2	FORMULAÇÃO DE DIETAS PARA BOVINOS LEITEIROS. <i>Iran Borges</i>	26
CAPÍTULO 3	ALIMENTAÇÃO DE BEZERRAS LEITEIRAS. <i>Sandra Gesteira Coelho, Lúcio Carlos Gonçalves, Tatiana Coutinho da Costa, Cibele Santos Ferreira</i>	50
CAPÍTULO 4	ALIMENTAÇÃO DA NOVILHA LEITEIRA. <i>Breno Mourão de Sousa</i>	68
CAPÍTULO 5	ALIMENTAÇÃO DA VACA MESTIÇA. <i>Alexandre Cota Lara, Lúcio Carlos Gonçalves, Matheus Anchieta Ramirez, Wellyngton Tadeu Vilela Carvaho</i>	100
CAPÍTULO 6	SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO PARA VACAS DE ALTA PRODUÇÃO. <i>Ronaldo Braga Reis, Breno Mourão de Sousa, Marcelli Antenor de Oliveira</i>	128
CAPÍTULO 7	DIETAS PARA VACAS EM PERÍODO DE TRANSIÇÃO. <i>Bolivar Nóbrega de Faria</i>	179
CAPÍTULO 8	MANIPULAÇÃO DA FERMENTAÇÃO RUMINAL. <i>Bolivar Nóbrega de Faria, Leonardo Andrade Leite</i>	212
CAPÍTULO 9	UTILIZAÇÃO DO BALANÇO CÁTION-ANIÔNICO NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS. <i>Gustavo Henrique de Frias Castro, Fernando Pimont Possas, Lúcio Carlos Gonçalves, Diego Soares Gonçalves Cruz</i>	245
CAPÍTULO 10	ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS EM SISTEMAS SILVIPASTORIS. <i>Rogério Martins Maurício, Luciano Fernandes Sousa, Alexandre Lima Ferreira, Guilherme Rocha Moreira, Lúcio Carlos Gonçalves</i>	268
CAPÍTULO 11	MINERAIS NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE LEITE. <i>Gustavo Henrique de Frias Castro, René Galvão Rezende Martins, Lúcio Carlos Gonçalves, Sandra Gesteira Coelho</i>	304
CAPÍTULO 12	VITAMINAS NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE LEITE. <i>René Galvão Rezende Martins, Gustavo Henrique de Frias Castro, Lúcio Carlos Gonçalves, Pedro Dias Sales Ferreira</i>	339
CAPÍTULO 13	NUTRIÇÃO DE RUMINANTES E O MEIO AMBIENTE. <i>Vinícius R. Moreira</i>	363
CAPÍTULO 14	NUTRIÇÃO E REPRODUÇÃO. <i>Helton Mattana Saturnino</i>	395

CAPÍTULO 1

REGULAÇÃO DA INGESTÃO DE ALIMENTOS

*Ana Luiza da Costa Cruz Borges*¹, *Lúcio Carlos Gonçalves*², *Silas Primola Gomes*³

RESUMO

O conhecimento da ingestão diária de alimentos pelos animais é o primeiro passo na formulação de uma dieta. A regulação fisiológica da ingestão de alimentos é realizada por duas áreas do hipotálamo, onde se localizam os centros da fome e da saciedade. Estes possuem ações complementares e respondem a sinais advindos do trato digestivo e da corrente circulatória, que são relativos às características da dieta e da interação desta última com o animal e o ambiente.

INTRODUÇÃO

Em todo programa de alimentação coerente, é necessário medir e prever as quantidades de alimentos que serão ingeridas por dia. Com essas informações, estima-se o consumo das diferentes categorias animais do rebanho, durante diferentes períodos do ano. Novas teorias têm surgido buscando elucidar os mecanismos de regulação da ingestão de alimentos, assim como suas formas de predição. Conhecendo-se os dados de consumo (e as variáveis que nele interferem), tem-se o embasamento técnico essencial para manipulações na formulação e nas alternativas de manejo que contornem eventuais depressões ou aumentos na ingestão de alimentos. Essa flexibilidade, no programa nutricional, é de suma importância para que o técnico atinja os objetivos básicos de seu trabalho, otimizando as exigências nutricionais e minimizando o custo de produção.

1 - MECANISMO FISIOLÓGICO DA REGULAÇÃO DA INGESTÃO DE ALIMENTOS

Antes de se iniciar o estudo do mecanismo fisiológico da regulação da ingestão de alimentos, é importante que alguns conceitos sejam revistos:

- Fome é a sensação manifestada pelo animal que se encontra em déficit energético.
- Saciedade é a sensação manifestada pelo animal quando ele satisfaz suas necessidades energéticas.
- Apetite é a disposição de um animal que manifesta o desejo de comer.

¹ Médica Veterinária, DSc. Prof^ª. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. analuiza@vet.ufmg.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, DSc.

- Consumo voluntário é o limite máximo do apetite, quando o alimento é fornecido à vontade (*ad libitum*).

Duas regiões do hipotálamo controlam o comportamento ingestivo dos animais:

- hipotálamo lateral, onde se localiza o centro da fome;
- hipotálamo ventromedial, onde se localiza o centro da saciedade.

Esses dois centros possuem ações complementares. Quando o animal demonstra apetite, por exemplo, o centro da fome é ativado e o centro da saciedade é inibido. Por outro lado, à medida que o animal se alimenta, o centro da saciedade vai inibindo o centro da fome. Uma lesão no centro da saciedade provocaria, então, uma sobrealimentação acumulativa, levando à obesidade. As informações que chegam ao hipotálamo chegam de diferentes formas ou sinais. Os principais são os sinais quimiostáticos e os de distensão ou repleção do trato digestivo.

1.1 - Sinais quimiostáticos

Os sinais quimiostáticos são referentes a informações químicas ou hormonais enviadas pela corrente sanguínea, relacionadas aos diferentes nutrientes absorvidos pelo trato digestivo, durante as refeições. Esses sinais constituem a base de algumas teorias:

- Teoria Glicostática: baseada nos teores de glicose sanguínea;
- Teoria Aminostática: baseada nos aminoácidos circulantes. Alguns aminoácidos são precursores de catecolaminas e da serotonina, que são dois neurotransmissores envolvidos na regulação do consumo;
- Teoria Lipostática: baseada nos lipídeos circulantes que podem agir inibindo o consumo em animais obesos, tais como em vacas recém-paridas;
- Teoria Ionostática: baseada em íons circulantes. O cálcio, por exemplo, parece agir no hipotálamo, mas não se sabe ainda se sua ação é direta ou indireta, pois sabe-se que ele induz à liberação de norepinefrina, um mediador que atua no Sistema Nervoso Central (SNC) aumentando a ingestão de alimentos.

Em ruminantes, a concentração de acetato e de hidrogênio no ambiente do rúmen-retículo parece influenciar o consumo, assim como o teor de propionato na veia ruminal ou no fígado. Alguns outros mediadores também têm sido bastante pesquisados mais recentemente.

Um grande número de hormônios está potencialmente envolvido com a manutenção da homeostase corporal e, direta ou indiretamente, relacionado com a ingestão de matéria seca (IMS) nos ruminantes. O hormônio pancreático insulina foi um dos primeiros sinalizadores do *status* nutricional a ser descrito e, como a leptina, é positivamente correlacionado com o balanço energético de longo prazo. Existem evidências de que a insulina aja como um sinal anorético no SNC. A administração central de insulina ou de um mimético do hormônio diminui o consumo de alimento e o peso corporal, além de alterar a expressão de genes hipotalâmicos que atuam na regulação da ingestão de alimento. A concentração plasmática de insulina depende da

sensibilidade periférica ao hormônio que, por sua vez, está relacionada com a reserva corporal e a distribuição da gordura. Porém, diferentemente dos níveis de leptina, que são relativamente insensíveis à ingestão de alimento, a secreção de insulina eleva-se rapidamente após as refeições. Nos ruminantes, a insulina parece ter efeito de longo prazo sobre o consumo e sobre a regulação do peso corporal. Em vacas leiteiras, a insulina parece estar relacionada com a queda na IMS ao final da gestação, mas sem papel significativo na depressão do consumo observada no início da lactação, pois seus níveis circulantes encontram-se relativamente baixos nesta fase.

Sabe-se que existe uma correlação negativa entre os hormônios somatotropina e insulina. Enquanto a somatotropina apresenta um efeito catabólico, estimulando a lipólise, a insulina apresenta um efeito anabólico, aumentando a lipogênese. O papel da somatotropina sobre a IMS parece ser exercido de forma indireta, por meio do seu efeito sobre as reservas corporais, promovendo a liberação de metabólitos na corrente sanguínea, como os ácidos graxos não esterificados.

A leptina, produzida no tecido adiposo, parece estar fortemente envolvida na regulação do consumo e tem sido muito estudada. Os efeitos da leptina existem em diferentes escalas de tempo e estão envolvidos na regulação central e periférica da homeostase corporal, no consumo, na estocagem e no gasto energético, na fertilidade e na resposta a doenças. Os caminhos regulatórios da leptina ligam o *status* nutricional com a reprodução, com a função imune, com a mamogênese e com a lactogênese. Em ovelhas ovariectomizadas, a administração de leptina humana por três dias diminuiu o consumo voluntário de matéria seca (MS) em aproximadamente 1/3 do consumo anterior à infusão. Os efeitos anorexígenos, porém, são perdidos quando ovinos em crescimento e adultos são subnutridos.

No cérebro, o consumo e a homeostase energética são regulados por uma “rede” de neuropeptídeos orexígenos (anabólicos) e anorexígenos (catabólicos). Os principais orexígenos são o neuropeptídeo Y (NPY), a galanina e as orexinas. Os anorexígenos incluem o hormônio liberador de corticotrofina (CRH) e o hormônio estimulante α -melanócito (α MSH). Recentes evidências sugerem que a leptina exerce sua ação por regulação da síntese e da liberação destas duas classes de neuropeptídeos. O NPY é um dos mais potentes indutores do consumo de alimentos, tendo a sua síntese inibida pela leptina, o mesmo ocorrendo com os demais orexígenos.

1.2 - Sinais de distensão ou de repleção do trato digestivo

Os sinais de distensão ou de repleção do trato digestivo referem-se a informações nervosas transmitidas por meio de receptores no trato digestivo (osmorreceptores, tensorreceptores...), que dizem respeito às condições de preenchimento do tubo digestivo, particularmente do rúmen-retículo. Em ruminantes, especialmente nas condições de criação brasileiras, este mecanismo normalmente predomina, uma vez que as dietas são baseadas em pastagens ou com grande participação de volumosos, os quais, devido ao alto teor de fibra, possuem um efeito distensor ruminal elevado.

Nos monogástricos, a elevação progressiva da taxa de glicose sanguínea age sobre o centro da saciedade. Esse mecanismo de controle é chamado glicostático. Nos ruminantes, tal informação é dada pelos ácidos graxos voláteis, que são absorvidos pela parede ruminal. A maior parte dos trabalhos tem demonstrado que o acetato parece ser o ácido graxo volátil mais envolvido nesta regulação. Entretanto, pesquisas mais recentes apontam para uma forte participação do propionato. Sabe-se que alguns neurotransmissores também estão envolvidos com o comportamento alimentar dos animais, como a epinefrina e a norepinefrina, que parecem aumentar a ingestão, e a serotonina e o carbacol, que parecem reduzir o consumo. A colecistoquinina também pode atuar na redução do consumo de bovinos, assim como o glucagon, que parece intervir aumentando a ingestão voluntária. Alguns opioides de ação central também parecem atuar no SNC, alterando o consumo.

A homeostase é um "sistema de retroalimentação negativa autorregulada, que serve para manter a constância do ambiente interno". A regulação do consumo de alimentos é um exemplo de mecanismo homeostático (Figura 1).

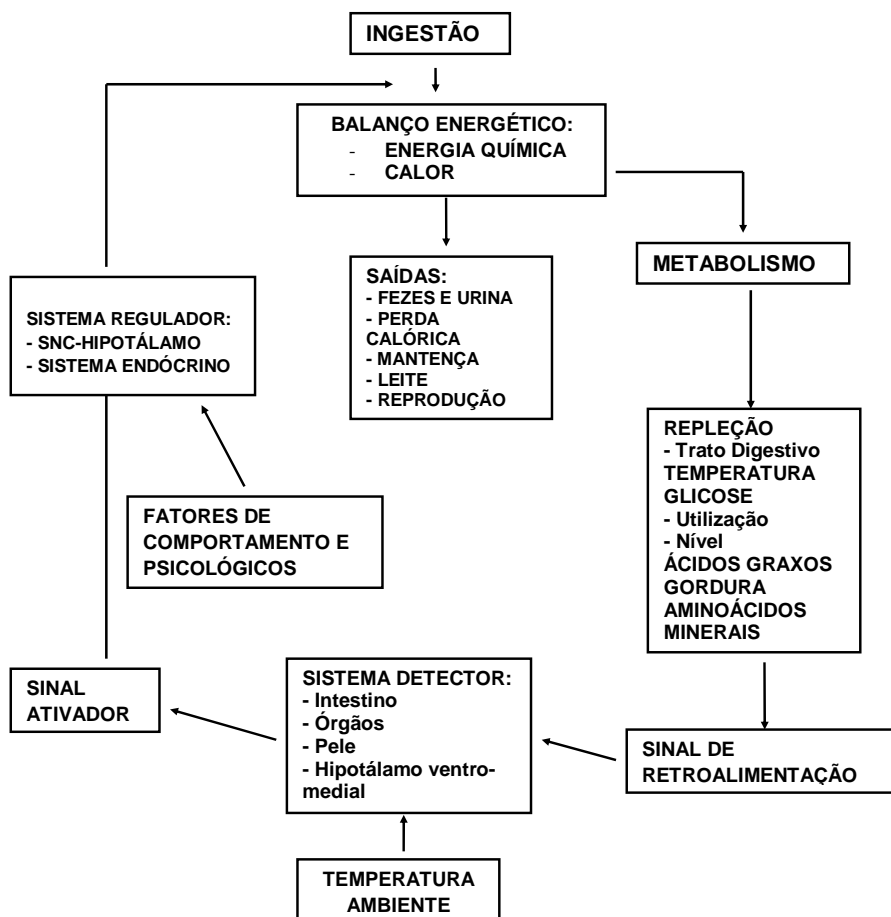


Figura 1. Regulação do consumo de alimentos.

Fonte: Hafez e Dyer (1969).

2 - CONSUMO DE ALIMENTOS COMO MECANISMO HOMEOSTÁTICO

O equilíbrio energético do organismo é determinado pela diferença entre a ingestão de energia proveniente dos alimentos e as perdas de energia (fezes, urina e calor), mais a energia gasta para manutenção, produção de leite, reprodução e movimentação. Um equilíbrio energético positivo provém, então, de um aumento no consumo de energia, superando as perdas e os gastos calóricos. Da mesma forma, um equilíbrio energético negativo é resultado de uma redução no consumo de energia e/ou de um aumento nas perdas e nos gastos de energia.

Dentro de uma margem bastante ampla de concentração energética na ração, os animais são capazes de ajustar a quantidade de alimento ingerido, de forma a manter o aporte de energia. Os ruminantes, à primeira vista, parecem ser uma exceção à norma geral relacionada à homeostase de energia, pois consomem maior quantidade de forragem nova e seca precocemente do que de forragem madura e seca tardiamente. Ao contrário do que se esperava, o conteúdo de energia da primeira é maior, bem como o seu consumo.

O animal possui uma série de receptores ao longo do trato digestivo que enviam sinais ao SNC, constituindo o Sistema Detector. A sinalização advinda dos sentidos da visão, olfação e gustação também tem uma grande importância na regulação do consumo. Alguns pontos-chave devem ser considerados:

- receptores no palato inferior e superior: trata-se de um sistema trigeminal, que controla apreensão e deglutição;
- circuito neural gustativo: é constituído de uma série de bulbos gustativos, localizados no epitélio dos palatos superior e inferior e na porção mandibular da língua;
- interação hipotálamo e núcleo dorsal motor do vago: atua ativando o sistema nervoso parassimpático na preparação do organismo para a digestão.

Em bovinos, embora a IMS seja determinada, principalmente, pela quantidade de alimento fornecido e pela frequência de fornecimento, ela é também influenciada por sinais de *feedback* de longo prazo para o cérebro. Estes sinais, que reduzem a IMS, incluem um excessivo escore de condição corporal, restrições por enchimento físico (gestação, gordura interna), elevada temperatura ambiente e densidade energética da ração. Tais fatores podem ser manejados visando à maximização da IMS, todavia, muitas vezes, várias semanas ou meses são necessários para ajustar o escore de condição corporal. Os bovinos param de ingerir quando são atingidas suas necessidades energéticas ou o limite de enchimento ruminal.

3 - VARIAÇÕES NA QUANTIDADE DE ALIMENTOS INGERIDOS

Os principais fatores que influenciam a quantidade de alimento a ser ingerida são as limitações relativas ao alimento, ao animal e ao manejo e/ou ao ambiente, ou seja, as condições de alimentação (Figura 2).

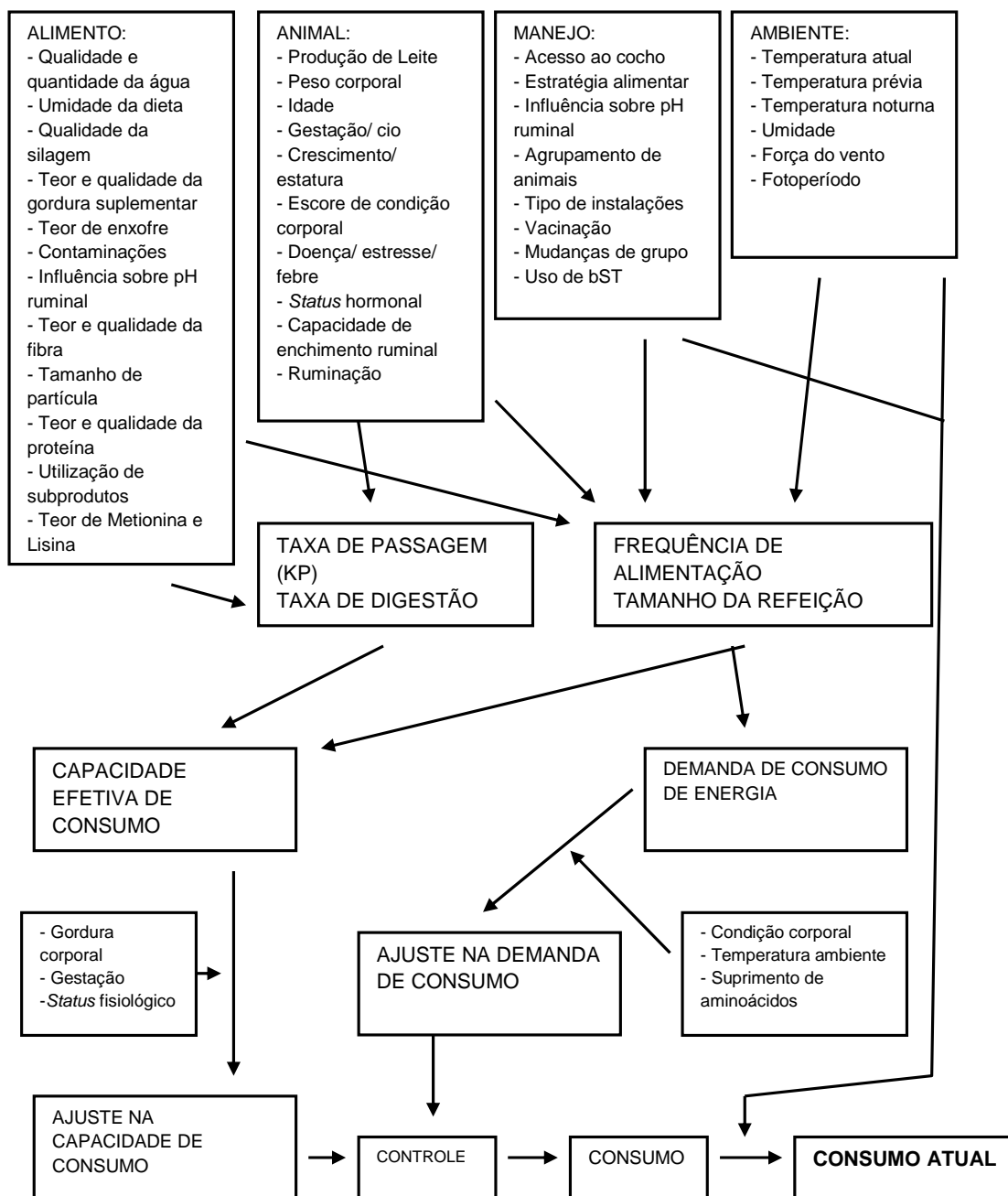


Figura 2. Controle do consumo de alimentos e fatores que afetam o consumo.
 Fonte: Roseler (1998).

Roseler (1998) chama a atenção para a importância relativa dos fatores que afetam a IMS em vacas em lactação (Figura 3). Os principais fatores que afetam o consumo voluntário são o nível de produção (45%), os alimentos utilizados e o manejo adotado (22%), o peso corporal (17%), o ambiente (10%) e a condição corporal (6%).

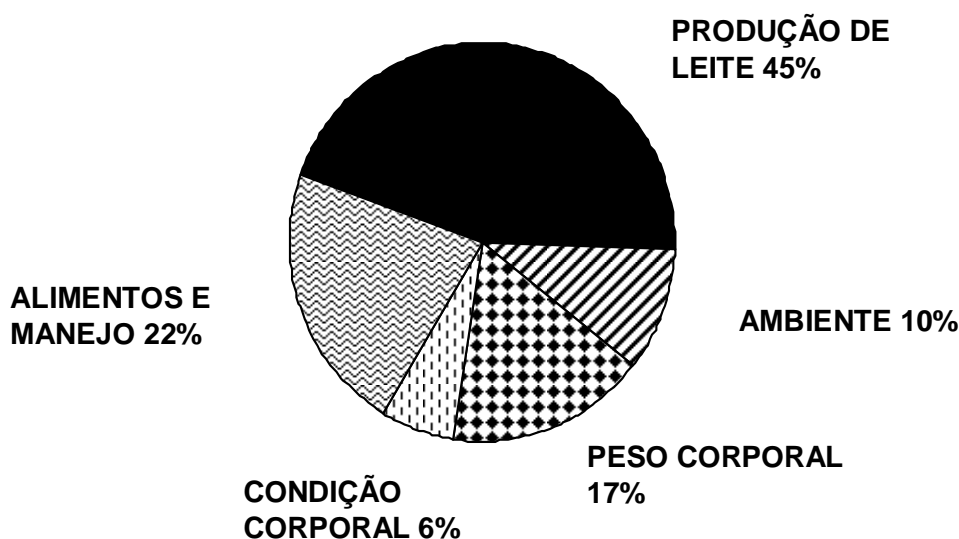


Figura 3. Fatores que afetam a IMS em vacas em lactação e a importância relativa destes.

Fonte: Roseler (1998).

3.1 - Fatores ligados ao alimento

3.1.1 - Concentração energética

Nos ruminantes, o controle da ingestão do alimento é peculiar, em função da existência dos pré-estômagos, que antecedem o estômago verdadeiro ou abomaso. Em dietas de baixo "valor nutritivo" (baixa digestibilidade), o consumo de alimentos eleva-se com o aumento do valor nutritivo, até um ponto em que a distensão ruminal não permita uma ingestão maior. Assim, dietas com baixo valor nutritivo, devido à distensão do tubo digestivo, muitas vezes inibem o consumo de MS antes que esteja satisfeita a demanda total de energia do animal. Com o aumento do valor nutritivo, há uma elevação do consumo, até que o ponto estabelecido pela demanda nutricional e fisiológica seja alcançado. Aumentos posteriores nesse "valor nutritivo" do alimento ou da dieta são acompanhados de redução no consumo, para ajustar a ingestão calórica efetiva com aquela imposta pelos mecanismos homeostáticos (quimiostáticos). O mecanismo de enchimento e autoevacuação é, então, o principal fator no caso de dietas à base de forragens. A regulação química será importante no caso de dietas à base de concentrados e forragens novas ou com alto teor energético (alta digestibilidade).

Os alimentos de baixa digestibilidade são os que exercem as maiores restrições à IMS devido a sua lenta passagem através do rúmen e do sistema digestivo. O rúmen-retículo e possivelmente o abomaso têm receptores de tensão e de estiramento em suas paredes, que afetam negativamente a IMS, de acordo com o volume e o peso da digesta acumulada. O teor de fibra do alimento, ou melhor, o teor de fibra em

detergente neutro (FDN) está relacionado com o espaço ocupado pelo alimento no rúmen por ser a fração mais lentamente digerida. Uma tendência atual é expressar a capacidade de enchimento diária do rúmen em unidades de FDN. Sugere-se o uso do teor de FDN do alimento (ou da dieta) para se estimar o consumo dos ruminantes, quando forragens longas ou picadas grosseiramente são utilizadas.

Com forragens de baixa taxa inicial de digestão, a distensão ruminal parece ser o fator mais importante na limitação do consumo (muitas vezes, antes mesmo de as necessidades energéticas do animal terem sido atendidas). Entretanto, com forragens de alta taxa de digestão (leguminosas ou silagens, por exemplo), o consumo parece estar também relacionado com a liberação dos nutrientes no rúmen em vez do simples efeito físico da distensão ruminal.

Além disso, a habilidade do animal de reduzir o volume da ingesta, pela redução do tamanho das partículas, também afeta o consumo voluntário. A redução do tamanho das partículas alimentares processa-se pela ação da ruminação e das enzimas microbianas. A passagem dos alimentos do conjunto rúmen-retículo em direção ao omaso realiza-se quando as partículas alimentares presentes são suficientemente pequenas para passar o orifício comunicante do conjunto rúmen-retículo com o omaso (orifício retículo-omasal). O tempo necessário para redução das partículas dependerá da natureza dos alimentos; ou seja, o tempo total gasto com a mastigação ao consumir o alimento e com a remastigação, durante a ruminação, é influenciado pela "qualidade" da dieta.

Uma vez que a ruminação aumenta com o consumo de parede celular, o tempo gasto ruminando pode competir com o tempo disponível para alimentação. O tamanho das partículas da fibra, durante a ruminação, pode ser tão importante na determinação do consumo quanto o volume ocupado pelo alimento no rúmen. Assim, a correlação existente entre FDN e consumo voluntário pode ser em parte creditada à relação entre FDN e ruminação (e conseqüente redução no tamanho das partículas).

Segundo Mertens (1992), em ruminantes o limite mais baixo de consumo é definido pela ração de densidade energética mais alta, desde que não prejudique a fermentação ruminal, não cause acidose ou anorexia, nem uma queda significativa na gordura do leite. Por outro lado, o limite superior de consumo ocorre quando a ração tem densidade mínima de energia e nutrientes necessários para atender às exigências do animal. Neste último caso, o fator limitante do consumo seria o enchimento ruminal. Por isso, teores máximos de FDN foram estabelecidos visando atender às necessidades nutricionais para produção de leite e ganho de peso. A capacidade máxima de ingestão de FDN, para o meio e o fim da lactação, foi estabelecida em 1,2% do peso vivo (PV). Vacas adultas, no início da lactação (10-60 dias de lactação), apresentam menor capacidade de ingestão de FDN (0,87-1,0% do PV), assim como primíparas (0,78-0,90% do PV) (Mertens, 1992).

Porém, quando se trabalha com animais de elevada produção, torna-se necessário fornecer níveis mínimos de fibra na dieta visando à manutenção da saúde do ambiente

ruminal. Animais com acidose podem apresentar diversos sintomas, entre eles quedas no consumo voluntário, na gordura do leite e na produção. Rações com teores mínimos de FDN são usadas quando se trabalha com animais de alta produção, quando o custo dos grãos é baixo ou quando se tem a disponibilidade de subprodutos. Adequados teores de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) são essenciais para manter a ruminação, o pH ruminal, a IMS e a saúde do animal. O National Research Council - NRC (2001) recomenda um mínimo de 25% de FDN na MS da dieta, sendo pelo menos 75% dessa FDN oriunda de forragem longa ou grosseiramente picada.

Alguns autores sugerem o limite de 66,7% de digestibilidade entre a regulação dominada pelos fatores de distensão do trato digestivo e os fatores quimiostáticos. Esse ponto de transição, entretanto, varia de acordo com a demanda fisiológica do animal. Equações de predição de consumo têm sido propostas, sendo que elas lançam mão de fatores de correção que tentam minimizar as interferências sobre a ingestão de alimentos. Esses fatores levam em conta a temperatura ambiente, o uso de aditivos, a presença de lama, a atividade física do animal e a umidade relativa do ar, entre outros.

Outro fator importante é a relação volumoso:concentrado (V:C), que também pode afetar o consumo voluntário. Porém, o efeito da V:C sobre o consumo depende da digestibilidade das fontes volumosa e concentrada. De maneira geral, dietas com mais de 60% de concentrado na MS elevam o consumo, desde que não ocorra interferência negativa sobre os processos fermentativos ruminais.

3.1.2 - Disponibilidade

A disponibilidade do alimento afeta o consumo diretamente. Para um consumo máximo, o alimento deve ser fornecido à vontade, sem restrição. Pastagens degradadas fatalmente reduzirão a disponibilidade de forragem, impedindo a seleção de folhas e contribuindo para um baixo desempenho animal. A presença de alimento sempre fresco e à vontade nos cochos pode impedir flutuações diárias no consumo voluntário. A quantidade de ração a ser fornecida deve permitir um mínimo de 10% de sobras.

Da mesma forma, um período de tempo adequado para os animais se alimentarem é fundamental para maximizar a IMS. Dados de Dado e Allen (1994), citados pelo NRC (2001), indicam que vacas em início de lactação (63 dias) produzindo de 23-44kg de leite/dia e recebendo ração na forma de mistura total à vontade alimentam-se em média cinco horas por dia e vão, em média, 11 vezes ao cocho.

3.1.3 - Odor, sabor, textura, temperatura

No caso específico de silagens, o teor de MS tem grande influência sobre o consumo. Teores de 30 a 35% de MS propiciam uma ingestão maior pelos bovinos. Silagens com pH muito ácido causam uma redução no seu consumo. Este último caso pode ser

exemplificado por silagens que tomaram chuva durante o processo de ensilagem e que têm seu consumo reduzido, devido ao sabor excessivamente ácido (pH < 3,5). Com a adição de agentes alcalinizantes, tais como bicarbonato de sódio e calcário, pode-se amenizar o efeito depressivo no consumo da silagem.

A utilização de palatabilizantes ou flavorizantes é um fator obviamente relacionado com o consumo de alimento pelos animais (Ex.: melaço em alimentos para bovinos e flavorizantes diversos em misturas minerais).

No caso de forragens verdes e fenos, a quantidade de MS ingerida diminui à medida que a idade da planta aumenta. Para as gramíneas temperadas, a redução é de 35% entre a formação das espigas e a floração. A redução na ingestibilidade é devido ao aumento da proporção de caules, tecidos lignificados e de constituintes parietais, em detrimento das proporções de folhas, de celulose e do conteúdo celular.

3.1.4 - Forma de apresentação dos alimentos

- Granulada: Geralmente acarreta aumento no consumo.
- Moída: No caso dos bovinos, a moagem do alimento, especialmente feno e forragens grosseiras, aumenta o consumo.
- Dietas fornecidas para ruminantes na forma de mistura total e alimentação frequente podem melhorar a IMS por garantir maior constância no padrão de fermentação ruminal. Alterações na frequência e na quantidade diária de alimentos fornecidos podem alterar a IMS devido a flutuações do pH ruminal, dos níveis sanguíneos de ácidos graxos não esterificados e dos níveis hormonais.

3.1.5 - Equilíbrio nutritivo da dieta

O equilíbrio nutritivo da dieta também altera a ingestão de alimentos.

- Dieta insuficiente em proteína bruta (PB): Há queda no consumo, ou seja, uma dieta com uma relação energia:proteína alta leva a um desequilíbrio nutritivo, que se traduz em diminuição no consumo.

Em ruminantes, o consumo reduzido de alimentos pobres em proteína é devido, principalmente, ao atraso no crescimento microbiano e na atividade fermentativa do rúmen. Com a infusão direta de ureia no rúmen, pode-se aumentar o consumo de alimentos grosseiros de baixa qualidade, como a palha de milho. Os microrganismos podem utilizar o nitrogênio da ureia para promover o crescimento e a síntese microbiana. A maior atividade microbiana determina uma fermentação mais intensa e rápida da celulose da palha, o que permitirá ao animal uma ingestão maior de alimento.

- Dieta com excesso de PB: Pode haver queda no consumo, na velocidade de crescimento e piora na conversão alimentar. Teores elevados de proteína na dieta diminuem a eficiência energética devido à necessidade de eliminação da amônia circulante pela síntese hepática de ureia. Além disso, o excesso de

amônia ou o desequilíbrio nos teores de aminoácidos no sangue, ou ambos, pode reduzir o consumo. O excesso de ureia na dieta também pode ter efeito negativo sobre a palatabilidade.

A formulação de dietas com teores adequados de proteína degradável no rúmen (PDR) e não degradável (PNDR) e um balanço adequado de aminoácidos no intestino podem maximizar a IMS em bovinos leiteiros.

3.2 - Fatores ligados ao animal

3.2.1 - Individualidade

A observação diária de animais se alimentando, em especial bovinos e equinos, evidencia o fato de que nem todos os indivíduos comem da mesma forma, sendo que alguns podem demonstrar preferência maior ou menor por determinados alimentos.

3.2.2 - Genótipo / raça

Nos bovinos, alguns autores já encontraram um maior consumo voluntário em Holandeses, quando comparados com mestiços zebuínos. A Tabela 1 mostra os resultados de consumo voluntário de animais de diferentes grupos genéticos, expressos em g MS/kg de peso metabólico.

Tabela 1. Consumo voluntário das rações experimentais (g MS/Kg^{0,75}) para animais de diferentes grupos genéticos.

GG	Rações						Média
	F1	F2	SM1	SM2	SE1	SE2	
NELORE							95,8
HOLANDÊS							118,0
BÚFALO							93,8
1/2 HZ							106,8
3/4 HZ							110,6
MÉDIA	115,8	98,4	115,57	112,2	78,7	107,4	

F1 = 80% feno capim-gordura, 20% concentrado; F2 = 40% feno capim-gordura, 60% concentrado; SM1 = 80% silagem de milho, 20% concentrado; SM2 = 40% silagem de milho, 60% concentrado; SE1 = 80% silagem de capim-elefante, 20% concentrado; SE2 = silagem de capim-elefante, 60% concentrado; GG = grupo genético.

Fonte: Adaptado de Gonçalves et al. (1991).

3.2.3 - Estado fisiológico e taxa de produção

A lactação normalmente leva a um maior consumo voluntário, pois há um aumento nos requerimentos nutricionais. De acordo com o NRC (2001), as vacas altas produtoras apresentam maior IMS por refeição, ruminam menos vezes por dia, porém por um período de tempo maior do que as vacas de baixa produção.

Em vacas leiteiras, há queda no consumo ao parto por interferência do balanço hormonal e da mobilização de gordura corporal. Nesse período, a capacidade de ingestão aumenta menos rapidamente do que as necessidades energéticas e de nutrientes, o que caracteriza o balanço energético negativo. Em vacas recebendo dietas com composição constante, o pico de produção de leite ocorre entre a quinta e a sétima semana pós-parto, enquanto o pico de consumo só é atingido entre a oitava e a 22ª semana. O consumo voluntário de MS é mais alto em vacas múltíparas do que em primíparas (Figura 4). A capacidade de consumo em vacas primíparas com dois anos de idade, próximo ao parto, é ao redor de 80% do consumo voluntário observado em vacas múltíparas. Além disso, o pico de consumo é mais tardio e a IMS aumenta mais lentamente em primíparas do que em vacas múltíparas.

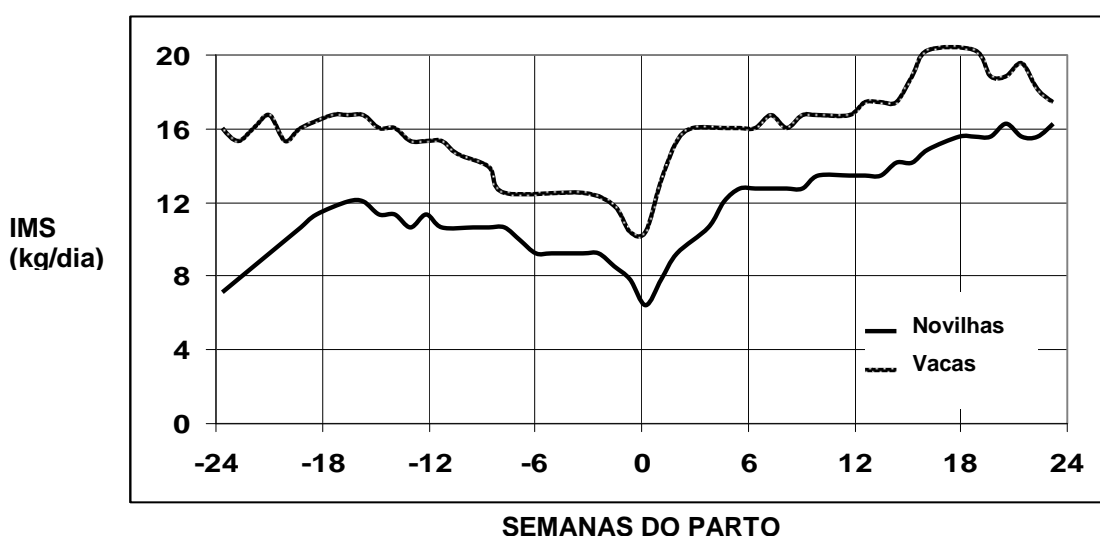


Figura 4. Padrão de queda no consumo voluntário de MS próximo ao parto em novilhas e vacas.

Fonte: Ingvarlsen e Andersen, 2000.

A queda de consumo observada no período de transição, que é definido como o período de três semanas que antecedem o parto e três semanas após a parição, pode chegar a 25-35%. Ingvarlsen e Andersen (2000) apresentaram uma revisão detalhada sobre esta fase. Tal período coincide com mudanças no *status* reprodutivo, nas reservas corporais de gordura e no metabolismo, para suportar a lactação que se inicia. Neste contexto, diversos sinais metabólicos podem ter papel importante na regulação do consumo. Esses sinais incluem nutrientes, metabólitos, hormônios reprodutivos, hormônios do “estresse”, leptina, insulina, peptídeos intestinais, citocinas e neuropeptídeos. Grandes quantidades de tecido adiposo são mobilizadas, elevando as concentrações circulantes e o uso de ácidos graxos não esterificados, de glicerol e corpos cetônicos. Durante esse período, uma relação negativa entre os níveis plasmáticos de ácidos graxos não esterificados e a IMS tem sido observada em vacas leiteiras.

Em animais em crescimento e engorda, o consumo varia com o nível de produção. Nos animais jovens, de crescimento rápido, há uma supressão nos mecanismos inibitórios do apetite, ligados às altas taxas de glicose e de lipídeos no sangue. Em geral, ocorre elevação do consumo com o aumento do PV, sendo que o consumo cresce mais lentamente que o PV. Então, observa-se uma diminuição do consumo/100kg PV com o aumento do peso, como será visto a seguir.

3.2.4 - Peso vivo

Para animais de mesmo tipo, a quantidade de matéria seca ingerida por dia (MSI/dia) eleva-se com o aumento do PV. Essa elevação no consumo resulta do aumento das necessidades energéticas e é permitida graças ao aumento da capacidade do estômago. Entretanto, com relação aos 100Kg PV, a quantidade de MSI diminui, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Variação das quantidades de MSI/dia por bovinos, a fim de atender às necessidades de manutenção (dieta básica de qualidade média fornecida *ad libitum*).

Peso vivo (Kg)	Kg MS/dia	Kg MS/100Kg PV/dia
500	12,40	2,48
600	13,20	2,20
700	14,00	2,00

Fonte: Santos (1991).

3.2.5 – Idade

Bovinos e ovinos sofrem declínio no consumo após atingirem 35% do peso adulto. O peso relativo do aparelho digestivo diminui com o aumento da idade do animal, ou seja, há redução no consumo por unidade de peso.

3.2.6 - Alimentação anterior

Uma subalimentação aumenta a capacidade de ingestão durante a fase de alimentação posterior. Segundo o NRC, para bovinos de corte (NRC, 2000), este aumento do consumo pode chegar a 30%, sendo uma das explicações para o ganho compensatório observado após um período de restrição alimentar.

3.2.7 - Composição corporal

O consumo voluntário em ruminantes é negativamente correlacionado com a quantidade de reserva corporal. Uma alta quantidade de tecido adiposo (reserva de gordura) leva a um maior teor de lipídeos no sangue, tornando efetivo o mecanismo lipostático, inibitório do apetite. Além disso, quanto maior a quantidade de gordura corporal, menor a ingestão de alimentos, proporcionalmente ao peso (já que não houve aumento na capacidade do tubo digestivo).

Sabe-se, por exemplo, que vacas gordas, por ocasião do parto, apresentam maior depressão na IMS do que vacas magras. Nesta fase produtiva, ocorrem simultaneamente mudanças nas reservas corporais, no consumo de MS, nas concentrações plasmáticas de insulina, dos hormônios da tireoide e dos ácidos graxos não esterificados. As vacas gordas ao parto também demoram mais para atingir o pico de IMS durante a lactação, ficando mais tempo em balanço energético negativo e tendo maior perda de peso no início da lactação. A relação entre o escore de condição corporal e a IMS varia com a ordem de parição e o estágio da lactação. Vacas múltiparas gordas têm maior queda na IMS ao parto do que vacas primíparas. Vacas adultas da raça Holandesa parindo com um escore de condição corporal acima de 3,75 terão uma queda diária na IMS de aproximadamente 1,5-2,0% para cada um quarto de escore acima de 3,75 (Roseler et al., 1997b; citados por Roseler, 1998).

3.2.8 – Doenças

Aquelas doenças em que a anorexia faz parte da sintomatologia básica atuam inibindo a ingestão de alimentos. Da mesma forma ocorre com aquelas patologias nas quais há dificuldade ou impossibilidade de locomoção, dificultando o acesso aos cochos, comedouros e bebedouros, como problemas de casco, muito comuns em animais leiteiros confinados. Condições de doença, sobretudo cetose e febre do leite, são acompanhadas por redução na IMS. Mamite, infecções uterinas, pneumonia e outras doenças infecciosas causadoras de febre também podem acarretar redução na IMS. Observações de campo indicam que, quando um rebanho é vacinado, por um período de dois a três dias após a vacinação, a IMS pode cair de 15-25% (Roseler, 1998).

3.2.9 – Sexo

As fêmeas normalmente têm consumo inferior ao dos machos.

3.3 - Fatores ligados ao manejo e ao ambiente

3.3.1 - Clima/Temperatura

A temperatura ambiente efetiva é o resultado da temperatura ambiente modificada pela umidade, pela radiação solar e pelo vento. Os bovinos, dependendo da raça e do nível de produção, possuem uma zona térmica considerada ótima para seu desempenho (zona de conforto). Para as raças leiteiras, a zona de conforto representa uma variação da temperatura ambiente de 10 a 20°C, na qual a temperatura do corpo mantém-se constante, com o mínimo de esforço do sistema termorregulador. O animal sente-se confortável e apresenta máxima eficiência de produção e reprodução. Numa amplitude maior da temperatura ambiente (5 a 25°C) conhecida como zona termoneutra, os animais mantêm a homeotermia por meio de trocas de calor com o ambiente, lançando mão de mecanismos fisiológicos, comportamentais e metabólicos. Quando a temperatura ambiente excede a temperatura crítica superior, ou seja, acima

de 25°C, o animal tem que lançar mão de mecanismos evaporativos para manter o balanço térmico, como a evaporação via sudorese e respiração.

Porém, as vacas de alta produção tendem a armazenar calor e são pouco eficientes para dissipá-lo. Em temperaturas extremas, respondem fisiologicamente com redução da produção de calor metabólico em torno de 18 a 20%. Para que isso aconteça, esses animais diminuem o consumo de MS. Outras alterações fisiológicas responsáveis pela redução do consumo, em condições de estresse calórico, incluem o aumento da taxa respiratória, a diminuição da motilidade gastrointestinal e a redução da taxa de passagem da ingesta, além de efeitos diretos sobre o centro do apetite localizado no hipotálamo.

3.3.2 - Umidade ambiental

O efeito deletério da umidade ambiental faz-se presente, notavelmente, nas épocas de calor mais intenso, quando a perda de calor pela evaporação torna-se importante. Quando a umidade está elevada, essa eliminação é dificultada, e o consumo de alimentos é sensivelmente reduzido. Esse problema é frequentemente observado em aves, nas quais a respiração é uma forma essencial de dissipar calor.

3.3.3 - Condições de fornecimento das rações

A escolha do sistema de alimentação é influenciada pelas facilidades de manejo, as necessidades de equipamentos, o tamanho do rebanho, a disponibilidade de mão de obra e os custos. A escolha do tipo de cocho e a do espaçamento disponível por animal são pontos cruciais. A utilização de cochos cobertos garante maior conforto aos animais, principalmente em dias com elevada temperatura, além de permitir que o alimento permaneça fresco por um maior período de tempo. O piso de acesso aos cochos de alimentação deve ser construído com material que não provoque lesões nos cascos e que facilite a limpeza, garantindo maior conforto e fazendo com que os animais permaneçam por mais tempo se alimentando. O NRC (2001) cita as recomendações de espaçamento de cocho de Albright (1993) de, no mínimo, 46cm por vaca adulta, porém o comitê admite que o tamanho do espaçamento não é um número fixo e depende da competição entre as vacas, do número total de vacas no lote e do tempo que o alimento fica disponível. Nas condições brasileiras, tem-se adotado como recomendação o espaçamento de 70cm por vaca.

Tem sido sugerido que o aumento na frequência de fornecimento dos alimentos para vacas leiteiras aumenta a produção de leite e minimiza a ocorrência de problemas de saúde. Os benefícios se devem principalmente à maior constância no ambiente ruminal. A frequência mínima de fornecimento das dietas deve ser de duas vezes ao dia, e frequências maiores dependerão das condições de manejo, da disponibilidade de instalações e do custo-benefício.

3.3.4 - Condições higiênico-sanitárias

Constitui ponto fundamental, nos sistemas de produção de leite, a limpeza diária das instalações, dos cochos e das pistas de alimentação e, com a maior frequência possível, dos bebedouros. A acumulação de fezes e lama sobre o piso de acesso aos cochos de alimentação diminui o conforto, reduzindo o tempo de alimentação e, conseqüentemente, a IMS. O acúmulo de sobras nos locais de alimentação pode levar à proliferação de fungos produtores de micotoxinas, que, quando presentes em certas quantidades nos alimentos, podem acarretar redução no consumo. O grau de queda no consumo voluntário dependerá do tipo de micotoxina presente no alimento, da dose ingerida e do tempo de exposição. A aflatoxina é uma micotoxina potente e, em baixos níveis, pode causar diarreia, reduzir a IMS e causar danos irreversíveis ao fígado. Deve-se ter especial atenção no momento da aquisição das matérias-primas das rações em relação à presença de contaminantes, de alimentos mofados e quebrados e para as condições de armazenamento (temperatura e umidade) dos alimentos.

3.3.5 - Densidade populacional e agrupamento de animais

A competição e o estresse podem interferir reduzindo o consumo. Quando se tem uma densidade populacional adequada, por outro lado, há um estímulo à ingestão. O comportamento alimentar dos bovinos é afetado pelas relações sociais entre os animais. As vacas dominantes, usualmente as mais velhas e maiores, tendem a passar mais tempo comendo do que as vacas submissas em situações de competição, sobretudo quando se tem inadequado espaço de cocho (Albright, 1993, citado pelo NRC, 2001). Os animais socialmente dominantes não necessariamente apresentam elevada produção de leite, porém consomem mais alimentos nestas condições de manejo. Numa situação de competição por alimento, as vacas consomem mais rapidamente e passam menos tempo por dia se alimentando.

As relações sociais entre os animais podem interferir negativamente sobre o consumo de alimentos quando eles não são bem manejados. Esse ponto é crítico, especialmente em primíparas e em vacas no período de transição. Experimentos avaliando a separação, em grupos, de vacas de primeira lactação de vacas múltiparas têm mostrado que as vacas de primeira lactação separadas ficam de 10-15% mais tempo comendo, aumentam a IMS em cerca de 20%, bem como a produção de leite em 5-10%. Por isso, vacas primíparas e múltiparas precisam ser agrupadas separadamente devido às diferenças na IMS e na hierarquia social.

A separação das vacas em grupos de acordo com os fatores que afetam o consumo e os requisitos nutricionais, como a produção leiteira e os dias em lactação, garante uma predição mais acurada da IMS e, conseqüentemente, uma formulação de ração mais precisa, melhor custo-benefício e melhor desempenho. Como já relatado, a formação de grupos de vacas de primeira lactação e de vacas no pós-parto possibilitará a maximização da IMS e do desempenho dessas duas categorias.

3.3.6 – Estresse

Situações que provoquem estresse, como movimentação intensa e barulho, irão afetar diretamente a IMS e a produtividade devido à interferência no comportamento animal. Neste contexto, a manutenção de rotinas no manejo diário dos animais, as adaptações lentas às mudanças, o treinamento de funcionários e a utilização de instalações que proporcionem conforto são pontos fundamentais nos sistemas de produção de leite.

4 - CONSUMO DE ÁGUA

Os animais adquirem água por meio da ingestão de alimentos, de água voluntariamente e da água resultante do metabolismo dos tecidos corporais. Entretanto, as exigências de água referem-se à água dos alimentos e à água consumida em espécie.

Restrição de água, seja por disponibilidade limitada ou por baixa qualidade, pode reduzir a IMS. As vacas leiteiras consomem cerca de 30% das exigências diárias de água na primeira hora após deixarem a sala de ordenha.

Vários fatores podem influenciar o consumo de água pelos animais, sendo que, dentre estes, podem ser destacados os descritos a seguir.

4.1 - Relação entre matéria seca ingerida e peso corporal

Ocorre aumento no consumo de água associado ao aumento de IMS, sendo que esses fatores também se relacionam diretamente com o PV do animal e com a temperatura ambiente.

4.2 - Composição do alimento

O consumo de água é influenciado pela natureza do alimento. Dessa forma, alimentos ricos em proteína e com elevados teores de sal estimulam maior consumo de água. Bezerros lactentes consomem maior quantidade de água em relação à unidade de MS, devido ao elevado teor de água no leite (87%).

4.3 - Variação individual

A interferência da genética é expressa pela individualidade, que pode explicar por que animais mantidos sob as mesmas condições ambientais e idênticos planos nutricionais apresentam consumo de água diferente.

4.4 - Condições fisiológicas

O estado fisiológico do animal interfere no seu consumo de água. Vacas em lactação ingerem maior quantidade de água para a produção de leite, que possui 87% de água

em sua composição. Vacas em lactação devem ingerir 3 a 4kg de água por kg de leite produzido. O consumo de água também aumenta com o decorrer da gestação em ovelhas. Além disso, admite-se que, nos últimos quatro meses de gestação de vacas, o consumo de água é cerca de 50% maior que o de adultos não gestantes. Outros fatores relacionados ao crescimento, manutenção e engorda também influem sobre a quantidade de água ingerida pelos animais.

4.5 - Disponibilidade de água

A água deve estar constantemente disponível aos animais. Nessas circunstâncias, seu consumo é maior e melhor distribuído ao longo do dia, podendo causar aumento significativo da produção de leite em vacas especializadas e, assim, trazer maior retorno econômico. Outro fator importante é que animais estabulados e animais que recebem ração suplementada bebem água com maior frequência que animais a pasto.

O consumo esperado de água por vacas em lactação pode ser calculado usando-se as seguintes equações de Beede (1992), citado por Roseler (1998):

- Total de água consumida (lb/dia) = $0,90 \times \text{produção de leite (lb/dia)} + 1,58 \times \text{MSI (lb/dia)} + 0,11 \times (\text{consumo de sódio, g/dia}) + 2,64 \times (\text{oF}/1,8 - 17,778, \text{ temperatura média mínima}) + 35,25$;
- Água bebida (lb/dia) = total de água consumida – água consumida na dieta.

O NRC (2001) sugere a equação de Holter e Urban (1992) para predição da quantidade de água livre consumida (água bebida) por vacas secas:

- Água livre consumida (kg/dia) = $- 10,34 + 0,2296 \times \% \text{MS da dieta} + 2,212 \times \text{MSI (kg/dia)} + 0,03944 \times (\% \text{PB na dieta})$.

4.6 - Temperatura da água

Preferencialmente a água deve ser mantida fresca, o que estimula o seu consumo, especialmente em vacas em lactação. Quando a água atinge temperaturas superiores a 29°C, ou abaixo de 15°C, ocorre diminuição de sua ingestão.

4.7 - Salinidade da água

A presença de maiores quantidades de sais, como cloreto de sódio, sulfato de sódio, cloreto de magnésio e cloreto de cálcio, induz ao aumento do consumo de água.

4.8 - Temperatura ambiente

A partir de 4°C, o consumo de água obedece a uma taxa crescente e proporcional ao aumento da temperatura ambiente. A influência da temperatura ambiente sobre o consumo de água de bovinos pode ser demonstrada pela Tabela 3.

Tabela 3. Consumo de água por bovinos em relação à temperatura ambiente.

Exigência de consumo de água (kg de H ₂ O/ kg de MS)	Temperatura ambiente
3,5	Até 10° C
3,6	10 - 15° C
4,1	15 - 21° C
4,7	21 - 27° C
5,5	Acima de 27° C

Observação: Para todas as categorias, exceto bovinos jovens, vacas em lactação ou em gestação avançada.

Fonte: Silva e Leão (1979).

5 - CONSUMO EM BOVINOS LEITEIROS A PASTO

A predição da IMS, parâmetro determinante do desempenho das vacas leiteiras, torna-se difícil nos sistemas de produção a pasto devido às dificuldades em se determinar a quantidade e a composição da pastagem ingerida. Além dos fatores citados anteriormente, outros fatores, como a seleção da forragem pelo animal, a quantidade e o tipo de suplemento utilizado, a espécie forrageira pastejada e o estágio vegetativo da planta, também irão influenciar a IMS. No trabalho de Vazquez e Smith (2000), verifica-se que os fatores selecionados para a equação de IMS total foram a disponibilidade de pastagem, a suplementação total, a interação entre a disponibilidade de pastagem e a suplementação, a produção de leite corrigido para gordura, o PV, a mudança diária no PV, a porcentagem de leguminosas na pastagem e o conteúdo de FDN da pastagem. Os autores verificaram também um consumo de FDN (expresso em porcentagem do PV, % do PV) acima de 1,3%, situação esta que também vem sendo observada em trabalhos realizados no Brasil, nos quais têm sido encontrados consumos de FDN (% do PV) acima do valor de 1,2% do PV citado por Mertens (1992) como limitante ao consumo.

Em animais sob pastejo, em condições tropicais, a regulação da IMS provavelmente não é controlada por estímulos quimiostáticos, pois a concentração de FDN quase sempre é maior que 55 a 60% e a digestibilidade da MS raramente é superior a 66,7%. Nessas condições, provavelmente prevaleçam os mecanismos de controle físico da IMS. No entanto, pode-se observar aumento no consumo de MS com o aumento da digestibilidade da forrageira pastejada, até o ponto em que o efeito físico da concentração de FDN sobrepõe o efeito metabólico, reduzindo o consumo novamente. As características mais importantes da forragem pastejada são aquelas que afetam a IMS por meio de mecanismos físicos, como o teor de FDN e sua digestibilidade.

Em relação ao tipo de gramínea, diferenças marcantes na IMS podem ser observadas quando se comparam gramíneas de clima tropical e as de clima temperado. As gramíneas de clima temperado serão mais consumidas devido ao teor mais elevado de nitrogênio, aos menores teores e à maior digestibilidade da FDN. Assim, em condições tropicais, quando se almeja a obtenção de maiores produções a pasto,

torna-se fundamental a correção dos desequilíbrios nutricionais encontrados nas forrageiras, o que pode ser feito por meio da suplementação concentrada.

De acordo com Bargo et al. (2003), o principal objetivo da suplementação de vacas leiteiras a pasto é aumentar a IMS e o consumo de energia. Porém, os autores salientam que a suplementação com concentrado rico em amido ou em carboidratos facilmente fermentáveis no retículo-rúmen poderia provocar um efeito substitutivo negativo, ou seja, a suplementação aumentaria o consumo de matéria seca total, mas reduziria o consumo de matéria seca da gramínea pastejada. Assim, a suplementação concentrada pode muitas vezes ocasionar redução do consumo de matéria seca da pastagem, o que é chamado efeito associativo negativo. Com o fornecimento de suplementação, a IMS geralmente aumenta, mas o consumo de pastagem reduz. De acordo com esses mesmos autores, a taxa de substituição (kg MS pastagem/kg MS suplemento) será afetada por fatores ligados à pastagem (disponibilidade, altura da pastagem, espécie e qualidade da pastagem), ao suplemento (quantidade e tipo de suplemento) e ao animal (mérito leiteiro, potencial produtivo e fase da lactação).

Os mecanismos fisiológicos e metabólicos que explicam a substituição do consumo de MS da forragem por MS do alimento concentrado vêm sendo estudados. Fatores como o abaixamento do pH ruminal induzido pelo aumento na concentração total de ácidos graxos voláteis (AGVs) reduzem a atividade da microbiota retículo-ruminal celulolítica. Outra explicação para a taxa de substituição do alimento forrageiro pastejado pelo suplemento concentrado é a de uma simples substituição de fonte energética, ou seja, reduz-se o consumo do alimento de menor conteúdo de energia (pastagem) pelo alimento de maior conteúdo energético (concentrado). Outro fator que tenta explicar o efeito associativo negativo é a competição por substrato fermentável, quando os microrganismos do retículo-rúmen preferem degradar o carboidrato facilmente fermentável do suplemento aos constituintes fibrosos da parede celular vegetal do alimento volumoso pastejado. A última explicação para a taxa de substituição é o efeito do suplemento no tempo disponível para pastejo diário. Vacas leiteiras em pastejo recebendo suplementação reduzem o tempo de pastejo, o que diminuiria o consumo de MS da pastagem.

De acordo com Bargo et al. (2003), a taxa de substituição será maior quanto maior for a disponibilidade da forragem e o conteúdo de energia consumido por meio da forragem por vacas leiteiras em relação à demanda total diária de energia. A taxa de substituição geralmente varia de 0,20 a 0,60kg MS pastagem/kg MS suplemento.

Alguns trabalhos nacionais têm avaliado a IMS a pasto, os efeitos da suplementação e o desempenho animal. Aroeira et al. (1999) obtiveram médias de consumo de MS em vacas em pasto de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) variando entre 2,8 a 3,9% do PV na época das chuvas. Com a suplementação de concentrado, o consumo da gramínea subiu de 3,3 para 3,5% PV. Em média, o consumo de FDN em relação ao peso vivo foi de 2,47%. Em pastagem de capim-tanzânia (*Panicum maximum*, cv. Tanzânia) manejado em pastejo rotacionado, Lima et al. (2001) estimaram o consumo de MS em vacas mestiças, com e sem suplementação de 3kg

de concentrado, e Zebu (Gir) sem suplementação. A IMS (% do PV) foi de 2,15%, 2,37% e 2,34% para os tratamentos citados, respectivamente. Verificou-se um efeito de substituição do consumo da pastagem pelo concentrado, pois o fornecimento de concentrado provocou redução no consumo de capim.

6 - CONSUMO DE ALIMENTOS SEGUNDO AS TABELAS DE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

As edições anteriores do NRC para bovinos de leite usaram diferentes abordagens para descrever ou estimar a IMS (IMS). No NRC (1978), a IMS foi estimada utilizando-se um conjunto de trabalhos selecionados para criar uma tabela. Os dados de PV e produção de leite corrigido para 4% de gordura foram fatores utilizados para estimar o consumo, que variava de 2 a 4% do PV. Na edição de 1989 (NRC, 1989), a IMS era estimada com base nos requisitos de energia, da seguinte forma:

$$\text{IMS (kg)} = \frac{\text{ELi requerida (Mcal)}}{\text{Concentração de ELi da dieta (Mcal/kg)'}}$$

sendo ELi = requisitos de energia líquida para manutenção, produção de leite e alteração do peso.

As correções sugeridas na IMS foram as seguintes:

- redução de 18% durante as três primeiras semanas de lactação;
- redução de 0,02kg/100kg PV para cada 1% de aumento no conteúdo de umidade da dieta acima de 50%, quando alimentos fermentados estavam sendo fornecidos.

A IMS do NRC (1989) era baseada no balanço energético. Este método foi designado para estimativas durante períodos mais longos, e não para estimativas por curto intervalo de tempo. Para isso, seriam necessárias estimativas das alterações na massa corporal e determinação correta do teor energético das dietas. Apesar de a equação levar em conta alterações no PV, ela assumia que estas eram semelhantes às alterações da massa corporal.

Diante disso, o NRC (2001) decidiu incluir uma equação empírica para estimar a IMS em curtos intervalos de tempo. No NRC (2001), a predição da IMS é baseada em dados reais, com a inclusão de fatores ligados ao animal, que poderiam ser facilmente medidos ou conhecidos. Os componentes da dieta não foram incluídos nos modelos para vacas em lactação, pelo fato de que a maior parte das formulações para bovinos leiteiros envolvem inicialmente as exigências e a estimativa de IMS, antes que os ingredientes a serem utilizados sejam considerados. Segundo essa publicação, equações contendo fatores de correção para a dieta são melhor utilizadas para avaliar o consumo após a formulação. Os dados do *Journal Dairy Science*, de 1988 a 1998, assim como os dados da Universidade do Estado de Ohio e da Universidade de

Minnesota foram usados para avaliar e desenvolver as equações para vacas Holandesas em lactação, descritas a seguir:

$$\text{IMS (kg/d)} = (0,372 \times \text{LCG} + 0,0968 \times \text{PV}^{0,75}) \times (1 - e^{(-0,192 \times \text{SEL} = 3,67)}),$$

em que:

LCG = leite corrigido para 4% de gordura (kg/d);

PV = PV em kg;

SEL = semanas em lactação.

O termo $1 - e^{(-0,192 \times \text{SEL} = 3,67)}$ ajusta para depressão na IMS no início da lactação.

A Figura 5 compara as estimativas do NRC (2001) com os dados de Kertz et al. (1991) e o consumo real.

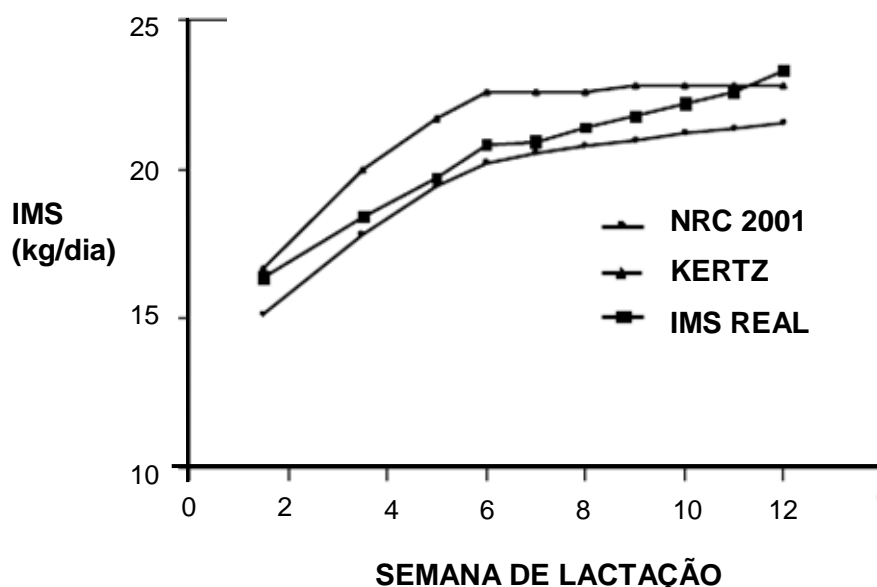


Figura 5. Predição da IMS, por vacas em início de lactação, utilizando a equação do NRC (2001) e a equação de Kertz et al. (1991).

Comparando-se com um banco de dados reais, verificou-se que o consumo durante as dez primeiras semanas foi muito próximo do consumo real. Após a 10ª semana, a equação subestimou ligeiramente o consumo. Deve-se ressaltar que essa equação foi baseada inteiramente em vacas Holandesas. Ainda não há dados publicados suficientes para desenvolver ou modificar a equação para outras raças. No caso de vacas Jersey, os autores recomendam a consulta ao trabalho de Holter et al. (1996). É interessante notar que os autores não sugerem ajuste para ordem de parto. Segundo eles, o peso corporal e a produção de leite já indiretamente informam sobre a ordem

de parto. Os dados de IMS real de animais utilizados para desenvolver e validar a equação de predição de IMS para vacas em lactação são mostrados na Figura 6.

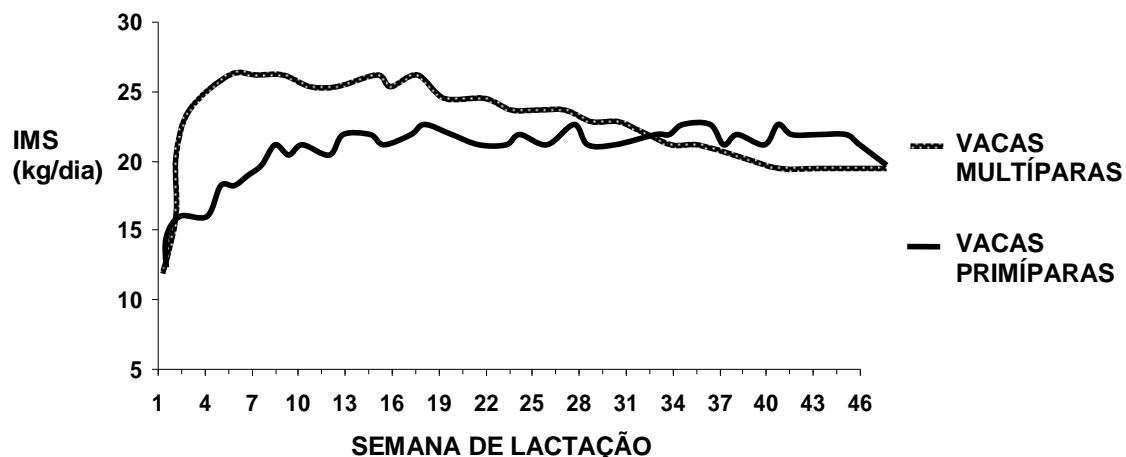


Figura 6. IMS de vacas da raça Holandesa, multíparas e primíparas, durante 48 semanas de lactação.

Fonte: NRC (2001).

O Sistema de Proteína e Energia Líquida de Cornell para bovinos - CNCPS (Fox et al., 1992) propõe fatores de correção para a IMS, conforme pode ser visto na Tabela 4 a seguir. Para animais em pastejo, o modelo ajusta a IMS em função da disponibilidade de forragem por unidade de área e da proporção de forragem disponível por animal por dia em relação ao potencial de ingestão de forragem do animal. Nessa tabela, pode-se verificar o efeito de diferentes fatores sobre o consumo, mas, ao utilizá-la, deve-se ter o cuidado de não se contraporem valores, pois muitas vezes pode-se estar diante da necessidade de várias correções. Esta é a principal crítica que o NRC (2001) faz a esta tabela. O CNCPS assume um consumo máximo de FDN ao parto de 0,8% do PV e de 1,2% do PV no período de 100 dias pós-parto a 160 dias de gestação.

Tabela 4. Fatores de ajuste para IMS em bovinos ^a.

Fator de ajuste	Multiplicador
Idade	
Iniciado na alimentação com um ano	1,10
Raça	
Holstein	1,08
Holstein x British	1,04
Gordura do corpo vazio, % ^b	
21,3	1,00
23,8	0,97
26,5	0,90
29,0	0,82
31,5	0,73
Aditivos alimentares	
Sem estimulante anabólico	0,94
Somente rumensin a 22 ppm	0,88
Somente rumensin a 33 ppm	0,84
Somente lasalocida	0,92
Somente implante estrogênico	1,00
Implantes estrogênicos + TBA	1,00
Implante anabólico e rumensin a 22 ppm	0,94
Implante anabólico e rumensin a 33 ppm	0,90
Implante anabólico e bovatec	0,98
Temperatura , °C	
> 35, sem resfriamento à noite	0,65
> 35, com resfriamento à noite	0,90
25 a 35	0,90
15 a 25	1,00
5 a 15	1,03
- 5 a 5	1,05
-15 a -5	1,07
< -15	1,16
Lama	
Suave (10 - 20 cm)	0,85
Severa (30 - 60 cm)	0,70

^a NRC (1987).

^b Corresponde aos pesos equivalentes (Kg) de ≤ 350, 400, 450 e 550, respectivamente.

Fonte: Fox et al. (1992).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento do consumo de matéria seca pelo animal é o primeiro passo para a formulação de dietas para vacas leiteiras. Diversos fatores interferem na ingestão de alimentos pelo animal, sendo que pode haver interações entre esses fatores, que estão relacionados tanto à dieta, quanto ao animal, ao ambiente e às condições de alimentação. Há carências de dados nacionais para confecção de uma tabela brasileira para estimativa do consumo voluntário em bovinos. Sendo assim, há necessidade de publicação de mais dados e a compilação destes com os já existentes para a criação de uma equação que possa ser utilizada para gerar uma tabela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AROEIRA, L.J.M.; LOPES, F.C.F.; DERESZ, F. et al. Pasture availability and dry matter intake of lactating crossbred cows grazing elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum.). *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.78, p.313-324, 1999.
- BARGO, F.; MULLER L.D.; KOLVER E.S. et al. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.1-42, 2003.
- FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3578-3596, 1992.
- GONÇALVES, L.C.; SILVA, J.F.C.; ESTEVÃO, M.M. et al. Consumo e digestibilidade da matéria seca e da energia em zebuínos e taurinos, seus mestiços e bubalinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.20, p.384-395, 1991.
- HAFEZ, E.S.E.; DYER, I.A. *Animal growth and nutrition*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1969. 402p.
- INGVARTSEN, K.L.; ANDERSEN, J.B. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1573-1597, 2000.
- LIMA, M.L.P.; BERCHIELLI, T.T.; NOGUEIRA, J.R. et al. Estimativa do consumo voluntário do capim-tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq. cv. Tanzânia) por vacas em lactação sob pastejo rotacionado. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1919-1924, 2001.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. Lavras: UFLA, 1992. p.188-219.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 8.ed. Washington, DC: National Academic Press, 2000. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 5.ed. rev. Washington DC: National Academy of Sciences, 1978. 112p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed. rev. Washington DC: National Academy Press, 1989. 235p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.
- ROSELER, D.K. Dry matter intake of dairy cattle: prediction, performance and profit. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 1998, Fort Wayne, Indiana. *Proceedings...* Fort Wayne, IN: T-SNC, 1998. p.97-121.
- SANTOS, G.T. *Ingestão de alimentos*. Maringá: UEM, 1991. 13p.
- SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. *Fundamentos de nutrição de ruminantes*. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- VAZQUEZ, O.P.; SMITH, T.R. Factors affecting pasture intake and total dry matter intake in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.2301-2309, 2000.

CAPÍTULO 2

FORMULAÇÃO DE DIETAS PARA BOVINOS LEITEIROS

*Iran Borges*¹

RESUMO

Neste capítulo, buscou-se sistematizar, de forma didática, as possibilidades para se calcular misturas nutricionais para vacas leiteiras. Foram destacados os principais pontos na escolha dos ingredientes para se formular uma dieta. Atingiu-se o objetivo final por vários caminhos matemáticos, de sorte a demonstrar a versatilidade para a realização dos cálculos, com todos seus procedimentos intermediários. Os exemplos foram expostos de forma mais direta possível, com o intuito de facilitar o acompanhamento dos raciocínios neles contidos. Ressalta-se que nem sempre a melhor opção matemática traduz-se pelo melhor desempenho animal, ficando, portanto, o juízo final por conta do técnico que elabora determinado cálculo.

1 - INTRODUÇÃO

Num processo de cálculos de rações para bovinos leiteiros, deve-se ter em mente quais métodos de determinação de exigências foram empregados e que tipo de tabela de composição de alimentos será utilizado para se atender as exigências nutricionais de determinada categoria animal, numa dada fase fisiológica, sob determinada condição ambiental (clima e manejo). Para isso, são comumente empregadas as tabelas de exigências nutricionais do National Research Council - NRC, publicações de NRC (1989 e 2001), Agricultural and Food Research Council - AFRC, publicação AFRC (1993), Institut National de la Recherche Agronomique - INRA, publicações Jarrige (1988) e INRA (2007) ou mesmo o Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation – CSIRO, com publicação CSIRO (2007), todas estrangeiras, desenvolvidas, respectivamente, nos Estados Unidos, na Grã-Bretanha, na França ou na Austrália. Tendo-se tais dados em mãos, o próximo passo é a escolha dos alimentos e dos métodos de cálculos de rações.

Para se aumentar as chances de sucesso na elaboração de dietas baseadas em cálculos matemáticos ou manuais, sejam em computadores, deve-se atentar para aspectos como os que seguem abaixo:

¹ Zootecnista, Dsc. Prof. Associado, Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. iranborges@superig.com.br

1.1 - Seleção dos alimentos

Nesse caso, devem-se escolher alimentos de todas as classes que comporão a mistura final para os animais, buscando-se sempre volumosos (aquosos ou secos), concentrados energéticos, concentrados proteicos, suplementos minerais e vitamínicos. Agindo-se dessa forma, elevam-se as possibilidades de se atingir os objetivos dos cálculos, pois têm-se alimentos que possuem concentração de nutrientes acima e abaixo das exigências nutricionais. Isso porque as características nutritivas de cada classe de alimentos são peculiares e garantem tal heterogeneidade no que se refere às exigências, notadamente quanto à proteína e à energia.

1.2 - Relação volumoso:concentrado

É bastante comum que acadêmicos e técnicos empreguem o artifício de fixar uma proporção de volumoso(s) e posteriormente calcular a mistura concentrada que lhe complemente para atender as exigências nutricionais dos bovinos. Embora seja uma forma interessante de se garantir um teor mínimo de fibras na dieta, pode-se, em várias circunstâncias, ter uma relação tal que impeça atingir-se o objetivo do cálculo. Sendo assim, tal estratégia deve ser mais amplamente empregada por pessoas que já tenham certa experiência com cálculos de rações para a espécie.

1.3 - Qual é o método mais adequado?

É muito comum haver dúvidas sobre qual método de cálculo de rações ou programa computacional é melhor. Nesse sentido, vale ressaltar que o mais importante, além de se atingir as exigências nutricionais, é fazer o acompanhamento dos resultados das dietas formuladas, verificando se o nível produtivo e/ou reprodutivo encontra-se no patamar desejado (esperado).

1.4. Quais nutrientes devem ter prioridade?

Via de regra, dá-se prioridade para a fração proteica e energética, podendo-se ainda, em alguns tipos de cálculos, considerar a matéria seca ingerida.

1.5. O uso do espaço de reserva (ER)

Para se garantir o pleno atendimento de minerais e vitaminas, emprega-se o espaço de reserva. Esse possibilita que sejam acrescentados alimentos, aditivos e outras substâncias que *a priori* não possuam energia ou proteína, mas que são importantes para se atender as exigências de minerais e vitaminas, bem como que sejam empregadas substâncias tamponantes, moduladoras de fermentação, conservantes ou antioxidantes, como ocorre com as indústrias de concentrados e outras mais.

2 - MÉTODO DO QUADRADO DUPLO DE PEARSON

A seguir, um exemplo de cálculo de ração para vacas leiteiras com peso vivo médio de 480kg, produzindo média de 25kg de leite com 4% de gordura, estando na terceira lactação e mantendo o peso.

Exigências: segundo o NRC (1989), tem-se: ingestão de MS = 16,48kg (3,43% do PV); proteína bruta = 2,715kg (16,47%); energia líquida lactação = 26,6Mcal/dia (1,614Mcal/kg); NDT = 11,67kg (70,81%); Ca = 99,7g (0,605%) e P = 63,2g (0,383%). Espaço de reserva (ER) de 3% (16480g x 0,03 = 494g).

Verifica-se que, nessa tabela, estão alimentos de todas as classes.

Com o intuito de se trabalhar com o maior número de alimentos, pode-se lançar mão de pré-misturas, as quais têm como princípio facilitar os cálculos, forçando uma solução matemática, mas que atenda aos princípios nutricionais: diluir um alimento que não pode participar com grandes quantidades na mistura final; diluir custos finais da mistura em função dos preços de ingredientes; aproveitar alimentos mais comuns em determinadas épocas; e assim por diante.

Todos os exemplos apresentados empregam a composição bromatológica e energética dos alimentos apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica e energética dos alimentos disponíveis para os cálculos.

ALIMENTO	MS (%)	PB (%)	EL (Mcal/kg)	NDT (%)	FDA (%)	FDN (%)	Ca (%)	P (%)
Silagem de milho	29,0	8,1	1,40	62,0	30,0	44,5	0,34	0,19
Braquiária (32 dias)	27,9	9,0	1,16	54,5	39,6	69,0	0,22	0,16
Milho grão	88,0	10,0	1,96	85,0	3,0	9,5	0,02	0,29
Polpa cítrica	91,0	6,7	1,77	77,0	22,0	24,2	1,84	0,12
Farelo de soja	89,0	45,0	1,90	82,0	10,0	14,9	0,30	0,68
Soja grão	92,0	42,3	2,11	91,0	10,0	19,5	0,27	0,65
Fosfato bicálcico	98,0	-	-	-	-	-	23,3	18,0
Calcário	100,0	-	-	-	-	-	38,5	-
Minerais	100,0	-	-	-	-	-	-	-
Vitaminas	100,0	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: NRC (1989).

Muito embora fosse possível trabalhar com apenas um alimento volumoso, um proteico e um energético, fez-se uma opção de se trabalhar com pré-misturas, sugerindo-se as seguintes pré-misturas:

Pré-mistura volumosa \Rightarrow 60% silagem : 40% braquiária (Pré-mistura A).

$$PB = (0,6 \times 8,1) + (0,4 \times 9,0) \Rightarrow PB = 8,46\%$$

$$EL = (0,6 \times 1,40) + (0,4 \times 1,16) \Rightarrow EL = 1,304 \text{ Mcal/kg}$$

$$NDT = (0,6 \times 62) + (0,4 \times 54,5) \Rightarrow NDT = 59\%$$

Pré-mistura energética \Rightarrow 80% milho : 20% polpa cítrica (Pré-mistura B).

$$PB = (0,8 \times 10) + (0,2 \times 6,7) \Rightarrow PB = 9,34\%$$

$$EL = (0,8 \times 1,96) + (0,2 \times 1,77) \Rightarrow EL = 1,922 \text{ Mcal/kg}$$

$$NDT = (0,8 \times 85,0) + (0,2 \times 77,0) \Rightarrow NDT = 83,5\%$$

Pré-mistura proteica \Rightarrow 70% farelo de soja : 30% soja grão (Pré-mistura C).

$$PB = (0,7 \times 45,0) + (0,3 \times 42,3) \Rightarrow PB = 44,19\%$$

$$EL = (0,7 \times 1,90) + (0,3 \times 2,11) \Rightarrow EL = 1,963 \text{ Mcal/kg}$$

$$NDT = (0,7 \times 82,0) + (0,3 \times 91,0) \Rightarrow NDT = 84,7\%$$

Os dois primeiros quadrados contemplarão a exigência proteica: o primeiro deverá possuir NDT menor que a exigência; o segundo, NDT maior que a exigência.

Uma forma prática de se obter esses pressupostos de NDT acima e abaixo das exigências no primeiro e no segundo quadrado, respectivamente, é realizar o primeiro quadrado empregando-se o alimento volumoso (ou pré-mistura) juntamente com o alimento proteico (ou pré-mistura); agindo assim, geralmente, tem-se NDT mais baixo. Já no segundo quadrado, trabalha-se com o alimento energético (ou pré-mistura) com o alimento proteico (ou pré-mistura); como a maioria dos alimentos proteicos também possui elevados teores energéticos, o resultado desse quadrado é um teor de NDT acima das exigências.

Foi exposto o NDT, mas o princípio vale para quaisquer outras medidas energéticas com que se deseja trabalhar (MJ, Mcal, Kcal, BTU etc.).

Nota sobre as exigências e o uso do quadrado de Pearson duplo: as exigências constantes no NRC (1989) são de $PB = 16,47\%$ e $NDT = 70,81\%$; como foram deixados 3% para o espaço de reserva (ER) e presumivelmente nesse ER não se tem energia ou proteína, devem-se corrigir as exigências acima para 3% a mais, pois, caso contrário, a mistura final ficará deficiente em 3% para energia e proteína.

Assim, têm-se como novas exigências, para efeitos de ajustes, os seguintes valores:
 $16,47 \times 1,03 = 16,96\%$ de proteína (é o mesmo que fazer $[(0,03 \times 16,47) + 16,47]$;
 $70,81 \times 1,03 = 72,93\%$ de NDT (é o mesmo que fazer $[(0,03 \times 70,81) + 70,81]$).

Esses valores serão usados no cálculo pelo método do quadrado duplo de Pearson. Tal estratégia de correção é feita para esse tipo de cálculo; para os demais, não é necessário, exceto quando se trabalhar com métodos das equações usando porcentagem da mistura e não a sua quantidade em peso e, mesmo assim, quando se trabalhar com energia em calorias ou joules, visto que essas entidades têm como unidades cal/kg ou J/kg.

Quadrado 1:

		<u>%</u>	<u>NDT</u>	
Volumosos 8,46	27,23	76,21	44,96	(veio de 0,7615 x 59 NDT pré-mistura)
	16,96			
Proteicos 44,19	<u>8,50</u>	<u>23,79</u>	<u>20,15</u>	(veio de 0,2385 x 84,7 NDT pré-mistura)
	35,73	100,00	65,11	% NDT

Quadrado 2:

		<u>%</u>	<u>NDT</u>	
Energéticos 9,34	27,23	78,13	65,24	
	16,96			
Proteicos 44,19	<u>7,62</u>	<u>21,87</u>	<u>18,52</u>	
	34,85	100,00	83,76	% NDT

Quadrado 3:

		<u>% -</u>	
Quadrado 1 65,11	10,83	58,07	
	72,93		
Quadrado 2 83,76	<u>7,82</u>	<u>41,93</u>	
	18,65	100,00	

Decompondo a composição da fórmula: Lembrando que há 3% de espaço de reserva e que as exigências (ao centro dos quadrados) foram ajustadas para corrigir a ausência de proteína e energia no ER, este é o momento de retornar a mistura para 97%. Portanto, os valores percentuais de participação dos quadrados 1 e 2 na mistura final (quadrado 3) devem ser multiplicados por 0,97:

$0,97 \times 58,07 = 56,33\%$ do quadrado 1 na mistura final;

$0,97 \times 41,93 = 40,67\%$ do quadrado 2 na mistura final.

Sabendo-se que o quadrado 3 refere-se à combinação dos dois anteriores, e conhecendo-se a participação das pré-misturas nos quadrados 1 e 2, faz-se, então, o desdobramento da mistura final, como se segue:

Calcula-se a quantidade de alimentos volumosos que participaram do quadrado 1:
 $56,33 \times 0,7621 = 42,93\%$ de pré-mistura de volumosos na MS da mistura.

Sabendo-se a composição da pré-mistura de volumosos, realiza-se a decomposição dessa mistura:

$42,93 \times 0,60 = 25,76\%$ de silagem na MS da mistura;

$42,93 \times 0,40 = 17,17\%$ de braquiária na MS da mistura.

Calcula-se a quantidade de alimentos proteicos que participaram do quadrado 1:
 $56,33 \times 0,2379 = 13,40\%$ pré-mistura de proteicos na MS da mistura.

Sabendo-se a composição da pré-mistura de proteicos, realiza-se a decomposição dessa mistura:

$13,40 \times 0,70 = 9,38\%$ de farelo de soja na MS da mistura;

$13,40 \times 0,30 = 4,02\%$ de soja grão na MS da mistura.

Assim, tem-se decomposta a participação dos alimentos (pré-misturas) que comporão a mistura final e que fazem parte do quadrado 1. Resta realizar os mesmos tipos de cálculos para isolarem-se os ingredientes que participarão da mistura final, do quadrado 2.

Calcula-se a quantidade de alimentos energéticos que participaram do quadrado 2:

$40,67 \times 0,7813 = 31,78\%$ de pré-mistura de energéticos na MS da mistura.

Calcula-se a quantidade de alimentos energéticos que participaram do quadrado 2:

$31,78 \times 0,80 = 25,42\%$ de milho na MS da mistura;

$31,78 \times 0,20 = 6,37\%$ de polpa cítrica na MS da mistura.

Calcula-se a quantidade de alimentos proteicos que participaram do quadrado 2.

$40,67 \times 0,2187 = 8,89\%$ de pré-mistura de proteicos na MS da mistura.

Calcula-se a quantidade de alimentos proteicos que participaram do quadrado 2:

$8,89 \times 0,70 = 6,22\%$ de farelo de soja na MS da mistura;

$8,89 \times 0,30 = 2,67\%$ de soja grão na MS da mistura.

Na Tabela 2, consta a conferência dos valores nutricionais obtidos pelo cálculo acima.

Tabela 2. Conferência dos valores de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais (NDT), expressos em porcentagem da matéria seca da dieta, quantidade de matéria seca e matéria natural de cada ingrediente da ração.

Alimento	% do alimento na MS	kg de MS do alimento na ração	%MS no alimento ¹	kg MN do alimento na ração	PB (%)	NDT (%)
Silagem	25,76	4,245 ²	÷ 0,29 =	14,670	2,09	15,97
Braquiária	17,17	2,830 ²	÷ 0,279 =	10,143	1,55	9,36
Milho	25,42	4,189 ²	÷ 0,88 =	4,760	2,54	21,61
Polpa cítrica	6,37	1,050 ²	÷ 0,91 =	1,154	0,43	4,91
Farelo de soja	15,6	2,571 ²	÷ 0,89 =	2,889	7,02	12,79
Soja grão	6,69	1,103 ²	÷ 0,92 =	1,199	2,83	6,09
ER	3,00	0,494 ³	÷ 1,00 =	0,494	-	-
TOTAL	100,00	16,482	-	35,309	16,41⁴	70,73⁴

¹ Valores apresentados na Tabela 1 (dividindo-se a quantidade de MS em kg pelo percentual de MS no alimento, obtém-se a quantidade de matéria natural - MN, em kg para cada alimento).

² Valores calculados com base em 16,48kg de MS – Ex.: $(0,2576 \times 16,48 = 4,245\text{kg de MS de silagem})$.

³ Valor exposto no início dos cálculos $(16480\text{g MS diária} \times 0,03 = 494\text{g ou } 0,494\text{kg para ER})$.

⁴ Os valores de NDT e PB não atingiram os valores predeterminados por eventuais arredondamentos nas fases intermediárias dos cálculos.

A conferência da porção fibrosa da dieta, bem como do suprimento dos minerais, será abordada no próximo exemplo, pois a forma de cálculo é a mesma, independente do método que se emprega para calcular a dieta.

3 - O MÉTODO ALGÉBRICO

A despeito dos vários métodos algébricos existentes, será focado primeiramente aquele com três equações e três incógnitas, pois esse método permite trabalhar com três classes de alimentos (volumosos, energéticos e proteicos) e fechar três tipos de exigências (geralmente a MS, proteína e energia). Há ainda a possibilidade de se trabalhar com pré-misturas.

Como sistematização geral, recomenda-se que se faça a seguinte divisão para as equações de solução do problema:

Equação I : geralmente para a MS ingerida (em kg ou %);

Equação II e III: para proteína e energia.

Para atender as exigências dos minerais e das vitaminas, serão deixados 3% de espaço de reserva (ER = 3%); calculando-se, tem-se: $0,03 \times 16,48 = 0,494\text{kg}$ de ER (494g).

Descontando-se a quantidade de MS do ER, a ração calculada deverá ter 15,986kg de MS ($16,48 - 0,495 = 15,986\text{kg}$).

Serão consideradas as mesmas pré-misturas do primeiro exemplo:

1) volumosos (silagem 60 : 40 braquiária): PB = 8,46% e $EL_{Lact} = 1,304$ Mcal/kg;

2) energéticos (milho 80 : 20 polpa cítrica): PB = 9,34% e $EL_{Lact} = 1,922$ Mcal/kg;

3) proteicos (farelo de soja 70: 30 soja grão) : PB = 44,19 e $EL_{Lact} = 1,963$ Mcal/kg.

Procedendo-se com os cálculos:

$$A + B + C = 15,986\text{kg} \text{ (equação I = MS)}$$

$$0,0846 A + 0,0934 B + 0,4419 C = 2,715 \text{ kg (equação II = PB)}$$

$$1,304 A + 1,922 B + 1,963 C = 26,6 \text{ Mcal/dia (equação III = } EL_{LACT})$$

Três equações com três incógnitas podem se resolvidas por sistema de equações, trabalhando-se com as equações duas a duas; para tal, elimina-se uma das incógnitas.

Sempre se deve usar a equação I com a II e depois a I com a III; agindo-se assim, a prática com acadêmicos de graduação e pós-graduação, e mesmo em cursos de atualização com profissionais, tem demonstrado que fica mais difícil de se cometer erros e, quando esses ocorrem, torna-se muito mais fácil identificá-los após uma breve revisão dos cálculos por parte de quem os realiza. Daí essa recomendação, meramente sob o ponto de vista acadêmico, para facilitar a execução de cálculos de rações e misturas concentradas para animais.

Passo I:

Multiplica-se a equação I por um fator da equação II: ex.: 0,4419

$$0,4419 A + 0,4419 B + 0,4419 C = 7,0642$$

$$0,0846 A - 0,0934 B - 0,4419 C = -2,7150 \text{ eq. II } \times (-1)$$

$$0,3573 A + 0,3485 B + 0 C = 4,3492 \quad (\text{equação IV})$$

Apesar de ser possível realizar tal multiplicação da equação I por quaisquer dos três coeficientes da equação II, optou-se pelos valores da incógnita C (mistura proteica) pelo simples fato de ser o maior dos coeficientes proteicos dos ingredientes participantes do cálculo. Novamente, a prática tem demonstrado que o grande costume que se tem em promover arredondamentos em cálculos pode levar a fazê-los com número de casas significativas pequeno, e, portanto, elevar a possibilidade de erros. Procedendo como no exemplo, diminui-se muito tal possibilidade.

Passo II:

Como no passo anterior, empregou-se o coeficiente de C, para multiplicar a equação I; então, multiplica-se a equação I pelo fator correspondente da equação III, que, no caso, será 1,963, obtendo-se:

$$1,963 A + 1,963 B + 1,963 C = 31,38052$$

$$-1,304 A - 1,922 B - 1,963 C = -26,60000 \text{ eq. III } \times (-1)$$

$$0,659 A + 0,041 B + 0 C = 4,78052 \quad (\text{equação V})$$

Passo III:

Tendo-se duas equações com duas incógnitas, aplica-se sistema de equações nas equações intermediárias IV e V:

$$0,3573 A + 0,3485 B = 4,3492 \quad \times (0,659)$$

$$0,659 A + 0,041 B = 4,78052 \quad \times (0,3573)$$

Foram escolhidos os coeficientes de A para multiplicar as equações de forma inversa, ou seja, coeficiente de IV multiplica equação V e vice-versa. Esse procedimento diminui as chances de erros, como também serve para eliminar uma das incógnitas. Além disso, facilita ao operador dos cálculos a identificação de eventuais erros, uma vez que este tornará tal procedimento como padrão em todos os cálculos por equações.

$$0,23546 A + 0,2296615 B = 2,866123$$

$$-0,23546 A - 0,0146493 B = -1,708079$$

$$0 A + 0,2150122 B = 1,158044$$

Com a eliminação da incógnita A, calcula-se o valor de B (pré-mistura energética), expresso em kg de matéria seca (MS) na ração final.

$$B = 1,158044 \div 0,2150122 \quad \therefore \quad \mathbf{B = 5,386 \text{ kg de MS energéticos.}}$$

Sabendo-se tratar B de uma pré-mistura, faz-se necessário verificar a quantidade de participação de cada ingrediente energético nela inserido. Assim, recupera-se a informação inicial de que a pré-mistura energética é composta por 70% de farelo de soja mais 30% de soja grão, e efetuam-se os cálculos. Decompondo a pré-mistura energética, tem-se:

$$5,386\text{kg} \times 0,80 = 4,309\text{kg de milho na MS da ração};$$

$$5,386\text{kg} \times 0,20 = 1,077\text{kg de polpa cítrica na MS da ração}.$$

Passo IV:

Obtido o valor de B, resta lembrar que, nas equações IV e V, existem apenas as incógnitas A e B, portanto, para conhecer o valor de A, basta substituir esse valor de B obtido em uma delas. No exemplo, o valor de B da equação IV é que será substituído. Tem-se, então:

$$0,3573 A + 0,3485 B + 0 C = 4,3492;$$

$$0,3573 A + (0,3485 \times 5,386) = 4,3492;$$

$$A = \frac{4,3492 - 1,877021}{0,3573} \therefore \mathbf{A = 6,919\text{kg de MS de volumosos.}}$$

Novamente, sabe-se que A é uma pré-mistura (volumosa) e tem participação de 60% de silagem de milho mais 40% de braquiária, portanto, decompondo-se a pré-mistura, tem-se:

$$6,919\text{kg} \times 0,60 = 4,151\text{kg de silagem de milho na MS da ração};$$

$$6,919\text{kg} \times 0,40 = 2,768\text{kg de braquiária na MS da ração}.$$

Passo V:

Tendo sido calculados os valores de A e B, basta simplesmente substituí-los na equação I.

$$A + B + C = 15,986\text{kg};$$

$$C = 15,986 - (6,919 + 5,386) \therefore \mathbf{C = 3,681\text{kg de proteicos.}}$$

Decompondo a pré-mistura proteica que é composta por 80% de farelo de soja mais 20% de soja grão integral, tem-se:

$$3,681\text{kg} \times 0,70 = 2,577\text{kg de farelo de soja na MS da ração};$$

$$3,681\text{kg} \times 0,30 = 1,104\text{kg de soja grão na MS da ração}.$$

Basta, então, realizar a confirmação dos resultados. Para tal, empregam-se os valores obtidos expressos em quilograma e os percentuais relativos ao teor de proteína bruta, expressos na MS, bem como o valor energético (EL_{Lact}) dos alimentos expresso em Mcal/kg de MS. Esses encontram-se na Tabela 1 desse capítulo.

Exemplo: Para a silagem de milho, foram empregados 4,151kg de MS na ração, a qual possui 8,1% de PB e EL_{Lact} de 1,40 Mcal/kg, portanto tem-se:

$0,081 \times 4,151 = 0,336$ kg de PB oriundos da silagem de milho;

$1,4 \times 4,151 = 5,811$ Mcal EL_{Lact} /kg de MS oriundos da silagem de milho.

Deve-se fazer de modo similar com os demais ingredientes até completarem-se todas as colunas da Tabela 3. Com isso, tem-se a contribuição de cada ingrediente na mistura final.

A falta de 0,494kg de matéria seca na ração é o espaço de reserva destinado a ceder lugar para os suplementos minerais, vitamínicos e moduladores ruminais. A relação volumoso concentrado na MS foi de 41,87:58,13.

Tabela 3. Contribuição nutricional de cada ingrediente na composição final da mistura com vistas a atingir as exigências nutricionais de proteína e energia.

Alimento kg de MS	MS Kg/dia	PB (kg)	EL Mcal/kg	NDT (kg)	FDA (kg)	FDN (kg)	Ca (kg)	p (kg)
Silagem de milho	4,151	0,336	5,811	2,574	1,245	1,847	0,014	0,008
Braquiária	2,768	0,249	3,210	1,508	1,096	1,909	0,006	0,004
Milho grão	4,309	0,431	8,446	3,663	0,129	0,409	0,001	0,012
Polpa cítrica	1,077	0,072	1,906	0,829	0,237	0,261	0,020	0,001
Farelo de soja	2,577	1,159	4,896	2,113	0,258	0,384	0,008	0,018
Soja grão	1,104	0,467	2,332	1,005	0,111	0,215	0,003	0,007
TOTAL	16,480	2,714	26,601	11,691	3,076	5,025	0,052	0,050
Exigências	16,480	2,71	26,600	11,67	3,461	4,614	0,0997	0,0632
Na ração	0,494	OK	OK	OK	- 0,385	0,411	-0,0477	- 0,0132

A FDA foi considerada como 21% da MS total, e a FDN como 28%.

Verifica-se que os teores de fibras mostraram que a porção de FDN foi suprida e a de FDA foi ficando deficiente, porém considerando-se apenas as fibras oriundas dos volumosos, tem-se que a FDA ficou com déficit de -1,12, e a FDN -0,858. Assim sendo, seguindo as recomendações do NRC (2001), pode-se tamponar a dieta com 0,8% de $NaHCO_3$ + 0,2% de MgO na MS total. Então, serão necessários 131,84g de $NaHCO_3$ ($16,48\text{kg} \times 0,008$) e 32,96g de MgO (132 e 33 após arredondamento) para evitar alterações comprometedoras do pH ruminal. Serão empregados 165g de substâncias tamponantes na ração.

As exigências para Ca e P não foram supridas, faltaram 13,2g de P ($0,0132 \times 1000$) e 47,7g de Ca ($0,0477 \times 1000$). Para suplementá-los, emprega-se o fosfato bicálcico e o calcário, pela ordem. O fosfato possui 18% de P e 23,3% de Ca (Tabela 1).

Fosfato P

100g → 18g

x ← 13,2g ∴ x = 73,3 g de fosfato.

Fosfato Ca

100g → 23,3g

73,3g → x ∴ x = 17,08g de Ca fornecidos pelo fosfato a incorporar para suprir o P, então deve-se calcular a nova quantidade de cálcio a suplementar com o calcário.

O déficit de Ca será de: 47,7 - 17,08 = 30,62g de cálcio.

Tendo o calcário 38,5% de Ca (Tabela 1), procede-se ao cálculo.

Calcário Ca

100g → 38,5g

y ← 30,62 ∴ y = 79,53g de CaCO₃.

Totalizando 152,83g (73,3g + 79,53g) para suprir o Ca e o P no espaço de reserva (ER), mais 165 para os tamponantes, têm-se 317,83g preenchendo o ER até o momento.

ER restante = 494 - 317,83 → 176,17g restando no ER a ser preenchido.

A necessidade de NaCl é de 0,46% (NRC, 2001) e precisará de (16480g x 0,0046) 75,81g no ER, que ficará, então, com 100,36g (176,17g - 75,81g). Sobra espaço suficiente para se colocar microminerais e vitaminas. Assim, nota-se que o ER inicialmente proposto, como 3%, foi suficiente para comportar os ingredientes destinados a suprir o macro e os microminerais, as vitaminas e os tamponantes, que comporão a mistura final.

3.1 - Fazendo os cálculos com a FDA ajustada em 21%

O cálculo a seguir serve como demonstração didática de como conjugar os métodos de formulação por tentativa e erro, quadrado de Pearson e equações algébricas, realizados conjuntamente, para satisfazer não três, mas quatro exigências nutricionais (quantidade de matéria seca, proteína bruta, energia líquida para lactação e fibra em detergente ácido).

Nesse caso, empregam-se os três métodos mais conhecidos para formular rações, ou seja, o quadrado de Pearson, uma tentativa (pois não se tem noção correta do resultado final) com emprego de equações simultâneas.

Como primeiro passo, devem-se fazer pré-misturas para ajustar a FDA. Será usado o quadrado de Pearson para tal:

Pré-mistura A

		<u>%</u>	<u>PB</u>	<u>EL</u>	<u>NDT</u>
Silagem 30	18	66,66	5,399	0,933	41,33
	21				
Milho 3	<u>9</u>	33,34	<u>3,334</u>	<u>0,653</u>	<u>28,34</u>
	27		8,733	1,586	69,67

Sendo o teor de FDA mais próximo daqueles presentes na silagem de milho, esperava-se que maior quantidade desse ingrediente seria empregada nessa primeira pré-mistura. Essa observação servirá para toda e qualquer estratégia de pré-mistura que se adota no sentido de “forçar” um dado resultado (maior participação de um referido alimento ou obtenção de um teor específico ou próximo de um nutriente). Essa colocação será muito mais claramente visualizada, não no presente exemplo, mas no próximo. Portanto, faz-se necessário atenção.

Pré-mistura B

			<u>%</u>	<u>PB</u>	<u>EL</u>	<u>NDT</u>
Polpa 22	11		91,67	6,14	1,62	70,59
	21					
Farelo de soja 10	<u>1</u>	8,33	<u>3,75</u>	<u>0,16</u>	<u>6,83</u>	
	12		9,89	1,78	77,42	

De forma muito mais significativa, o teor de FDA da polpa cítrica foi decisivo para que nessa pré-mistura B ocorresse enorme participação desse alimento.

Pré-mistura C

			<u>%</u>	<u>PB</u>	<u>EL</u>	<u>NDT</u>
Silagem 30	11		55,00	4,46	0,77	34,1
	21					
Farelo de soja 10	<u>9</u>	45,00	<u>20,25</u>	<u>0,86</u>	<u>36,9</u>	
	20		24,71	1,63	71,0	

Nota-se que a estratégia para se obter as pré-misturas seguiu uma lógica, qual seja, forçar a participação de alimentos volumosos, energéticos e proteicos, sem perder o foco dos 21% de FDA nas pré-misturas, e, portanto, na mistura final. Para tal, fez-se uma primeira mistura com silagem de milho e milho grão (forçando maior participação do volumoso). Depois, misturou-se um alimento energético (polpa cítrica), mas que tem FDA mais alta, e não possui amido, com o alimento proteico, de sorte que o alimento energético compôs a maioria dessa pré-mistura B. Por fim, realizou-se a pré-mistura do mesmo volumoso, com o mesmo alimento proteico usado em B. Isso foi puramente para ter-se o teor de FDA em 21% e também alimentos das três classes utilizadas em maior parte de rações de ruminantes.

Uma vez ajustado o teor de FDA de todas as pré-misturas, resta partir para os cálculos usando-se equações simultâneas.

Primeira tentativa para satisfazer também a FDA será empregando equação simultânea. Registra-se que, mesmo usando-se tal método, ainda é uma tentativa:

$$A + B + C = 15,986 \text{ (Equação I)}$$

$$0,08733 A + 0,0989 B + 0,2471 C = 2,715 \text{ (Equação II)}$$

$$1,586 A + 1,78 B + 1,63 C = 26,6 \text{ (Equação III)}$$

Passo I:

Para se trabalhar com duas equações e duas incógnitas e posteriormente se aplicar sistemas de equação, a equação I será multiplicada pelo coeficiente 0,2471 da incógnita C.

$$\begin{array}{r} 0,2471 A + 0,2471 B + 0,2471 C = 3,950 \\ - 0,08733 A - 0,0989 B - 0,2471 C = - 2,715 \\ \hline 0,15977 A + 0,1482 B + 0 C = 1,235 \quad (\text{Equação IV}) \end{array}$$

Passo II:

Equação I será multiplicada pelo coeficiente 1,63 da incógnita C.

$$\begin{array}{r} - 1,63 A - 1,63 B - 1,63 C = - 26,057 \\ 1,586 A + 1,78 B + 1,63 C = 26,600 \\ \hline - 0,044 A + 0,15 B + 0 C = 0,543 \quad (\text{Equação V}) \end{array}$$

Resolvendo por sistema de equações (IV e V) da mesma forma como no exemplo anterior:

É importante, nesse momento, fazer uma ressalva. Nota-se que, na equação V, há um coeficiente negativo. Valores negativos nas equações intermediárias não são indicativos de que os cálculos darão errado, porém, mais uma vez, a experiência tem demonstrado que, como na maioria das vezes, as equações intermediárias fornecem coeficientes positivos. Estudantes e mesmo técnicos acostumam-se com o fato de mudar o sinal do coeficiente ao mudá-lo para o lado da resolução do problema (após o sinal de igual), portanto, estando “condicionado” a tal procedimento, tem sido muito comum que, ao se deparar com coeficientes negativos para executar o passo IV do cálculo (assinalado no cálculo anterior e no presente), o executor menos atento mantenha o sinal negativo ao levar o resultado para o lado direito da equação e, obviamente, comete um erro que dificilmente será observado nas primeiras tentativas de encontrar onde errou. Assim, recomenda-se, que meramente para diminuir as chances de erros dessa natureza, ao realizar cálculos com equações intermediárias negativas (IV e V), utilize-se esse coeficiente para multiplicação invertida das equações. Há que ressaltar, porém, que, no presente caso, os coeficientes restantes, bem como os membros da equação após o sinal de igualdade, devem ser somados.

Passo III:

Aplicando-se esse preceito acima, multiplica-se a equação IV por 0,044 e a V por 0,15977, de forma inversa às suas equações de origem. Com tal procedimento, exclui-se a incógnita A.

$$\begin{array}{r} 0,15977 A + 0,1482 B = 1,235 \times (0,044) \\ - 0,044 A + 0,0148 B = 0,542 \times (0,15977) \\ \hline \end{array}$$

Realiza-se a soma das equações, eliminando-se o A e obtendo-se o B.

$$\begin{array}{r}
0,0070299 A + 0,006521 B = 0,05434 \\
- 0,0070299 A + 0,023646 B = 0,08659 \\
\hline
0 A + 0,030167 B = 0,14093 \\
B = 0,14093 \div 0,030167 \quad \therefore \mathbf{B = 4,672kg \text{ pré-mistura B.}}
\end{array}$$

Passo IV:

Tendo-se o valor de B, pode-se substituí-lo tanto na equação IV como na V, mas como a equação V desse cálculo possui coeficiente negativo, optou-se por substituir o B na equação IV. Tendo-se:

$$0,15977 A + (0,1482 \times 4,672) = 1,235$$

$$A = \frac{1,235 - 0,69239}{0,15977} \quad \therefore \mathbf{A = 3,396kg \text{ pré-mistura A.}}$$

Passo V:

Uma vez obtidos os valores de A e B, basta substituí-los na equação I, tendo-se:

$$\begin{array}{l}
A + B + C = 15,986 \\
3,396 + 4,672 + C = 15,986\text{kg} \\
C = 15,986 - (3,396 + 4,672) \quad \therefore \mathbf{C = 7,918kg \text{ pré-mistura C.}}
\end{array}$$

Decompondo as pré-misturas:

Pré-mistura A:

Sabendo-se que a pré-mistura A possui 66,66% de silagem de milho e 33,34% de milho na sua MS, é necessário realizar-se tal desmembramento.

$$\begin{array}{l}
3,396 \times 0,6666 = 2,264\text{kg de MS de silagem de milho na ração.} \\
3,396 \times 0,3334 = 1,132\text{kg de MS de milho na ração.}
\end{array}$$

Pré-mistura B:

Sabendo-se que a pré-mistura B possui 91,67% de polpa cítrica e 8,33% de farelo de soja na sua MS, realiza-se o desmembramento.

$$\begin{array}{l}
4,672 \times 0,9167 = 4,283\text{kg de MS de polpa cítrica na ração.} \\
4,672 \times 0,0833 = 0,389\text{kg de farelo de MS de farelo de soja na ração.}
\end{array}$$

Pré-mistura C:

Sabendo-se que a pré-mistura C possui 55,00% de silagem de milho e 45,00% de farelo de soja na sua MS, realiza-se o desmembramento.

$$\begin{array}{l}
7,918 \times 0,55 = 4,355 \text{ kg de MS de silagem de milho na ração.} \\
7,918 \times 0,45 = 3,563 \text{ kg de farelo de MS de farelo de soja na ração.}
\end{array}$$

Na Tabela 4, estão apresentados os resultados dos cálculos obtidos empregando-se a combinação dos métodos.

Tabela 4. Contribuição nutricional de cada ingrediente na composição final da mistura com vistas a atingir as exigências nutricionais de proteína e energia.

Alimento kg de MS	MS Kg/dia	PB (kg)	EL Mcal/kg	NDT (kg)	FDA (kg)	FDN (kg)	Ca (kg)	p (kg)
Silagem de milho	6,619	0,536	9,267	4,104	1,986	2,945	0,023	0,013
Milho grão	1,132	0,113	2,219	0,962	0,034	0,108	0,000	0,003
Polpa cítrica	4,283	0,287	7,581	3,298	0,943	1,036	0,079	0,005
Farelo de soja	3,952	1,778	7,510	3,241	0,395	0,589	0,012	0,027
TOTAL	15,986	2,714	26,577	11,60	3,358	4,678	0,114	0,048
Exigências	16,480	2,715	26,60	11,67	3,461	4,614	0,0997	0,0632
Na ração	0,494	OK	OK	OK	-0,103	+0,064	+0,0143	-0,0152

A FDA foi considerada como 21% da MS total, e a FDN como 28%.

O espaço de reserva de 3% (0,494kg) foi preservado. Os teores de PB, NDT e EL_{Lact} foram supridos, assim como o teor de cálcio também o foi, muito embora isso tenha ocorrido devido à quantidade de polpa cítrica utilizada, já que esta possui alto teor desse mineral.

A porção fibrosa mostrou-se deficitária quanto à FDA, apesar de se considerar a FDN advinda apenas de forragem, também a FDN ficaria abaixo dos valores preconizados pelo NRC (2001) para tais vacas, ficando num patamar de -1,669 aquém dos 28% necessários na ração. Portanto, como ocorreu no primeiro exemplo do método algébrico, adicionar-se-iam os mesmos tamponantes, em mesmas proporções e far-se-iam as devidas correções para minerais.

3.2 - Estratégia de emprego simultâneo dos métodos

Após a verificação do potencial de se empregar os métodos de cálculos de forma simultânea para se corrigir o teor de FDA na ração, será apresentada a mesma estratégia, mas com o objetivo de se reduzir a proporção de um dos ingredientes na ração, a polpa cítrica.

No caso acima, a polpa cítrica representou 25,99% na matéria seca total da dieta. Suponha-se que havia a determinação de não se ter mais que 20% de polpa cítrica na mistura. Então, para tentar ficar com o máximo de 20% de polpa na ração, adota-se outra estratégia. Note-se que não é fixar em 20%, mas o objetivo presente é não passar de 20% na mistura final.

Serão usadas as pré-misturas A e C anteriores, pois, como a polpa cítrica fez parte apenas da pré-mistura B anteriormente, é nela que se devem alterar as proporções de polpa para se ter porcentagem final desse ingrediente na mistura final inferior ou igual a 20%. Esse ensaio é meramente acadêmico, uma vez que se poderia fixar a quantidade de polpa em um primeiro passo, mas, com a atual proposta, desejam-se demonstrar outras formas de se manipular os ingredientes, de sorte a obter-se uma

mistura com características específicas, fato mencionado no item 3.1. do presente capítulo.

Cálculo da nova pré-mistura B:

Uma nova pré-mistura para se ter FDA em 20% vai ser formulada como mera sugestão, pois, assim, garante-se a participação meio a meio na mistura final, já que a polpa possui 22% de FDA.

Para tal, a pré-mistura será composta de silagem e soja grão (50:50). Emprega-se uma técnica de misturar alimentos volumosos e proteicos para ter-se um dado resultado, no caso específico, um teor de FDA de 20%. A razão de empregar-se tal proporção é fundamentalmente “forçar” a entrada dessa mistura, reduzindo a participação de polpa cítrica na ração (mistura final). Note-se que, no exercício anterior, a polpa cítrica representava 91,67% daquela pré-mistura B, e naquele momento já se chamava atenção para esse fato, pois era objetivo demonstrar como se podem manipular os dados para se obter maior ou menor quantidade de um alimento e/ou nutriente nas pré-misturas, de forma a atingir um referido resultado na ração final.

A pré-mistura (chamada de Pré-B) contendo 50% de silagem de milho e 50% de soja grão terá: FDA = 20%, PB = 25,2%, EL = 1,76% e NDT = 76,5%.

Pré-mistura B (nova pré-mistura B – Pré-B)

			<u>%</u>	<u>PB</u>	<u>EL</u>	<u>NDT</u>
Polpa	22	1	50	3,35	0,89	38,5
		21				
Pré-B	20	<u>1</u>	50	<u>12,60</u>	<u>0,88</u>	<u>38,3</u>
		2		15,95	1,77	76,8

Fica patente que tal estratégia forçou a redução da polpa cítrica de 91,67%, anteriormente, para 50%, ou seja, uma redução de 45,45%. Isso pode resultar em participação da polpa cítrica em porcentagem inferior aos 20% que se deseja nesse presente cálculo.

As pré-misturas A e C continuam como abaixo:

Pré-mistura A

			<u>%</u>	<u>PB</u>	<u>EL</u>	<u>NDT</u>
Silagem	30	18	66,66	5,399	0,933	41,33
		21				
Milho	3	<u>9</u>	33,34	<u>3,334</u>	<u>0,653</u>	<u>28,34</u>
		27		8,733	1,586	69,67

Pré-mistura C

			<u>%</u>	<u>PB</u>	<u>EL</u>	<u>NDT</u>
Silagem	30	11	55,00	4,46	0,77	34,1
		21				
Farelo de soja	10	<u>9</u>	45,00	<u>20,25</u>	<u>0,86</u>	<u>36,9</u>
		20		24,71	1,63	71,0

Emprega-se, então, o sistema de equações simultâneas com a nova pré-mistura B.

$$\begin{aligned} A + B + C &= 15,986 \quad (\text{Equação I}) \\ 0,08733 A + 0,1595 B + 0,2471 C &= 2,715 \quad (\text{Equação II}) \\ 1,586 A + 1,77 B + 1,63 C &= 26,6 \quad (\text{Equação III}) \end{aligned}$$

Passo I:

Visando eliminar uma das incógnitas, a equação I será multiplicada pelo coeficiente 0,2471 da incógnita C. Poderia ser qualquer outra, como já exposto anteriormente.

$$\begin{aligned} 0,2471 A + 0,2471 B + 0,2471 C &= 3,950 \\ - 0,08733 A - 0,1595 B - 0,2471 C &= - 2,715 \\ \hline 0,15977 A + 0,0876 B + 0 C &= 1,235 \quad (\text{Equação IV}) \end{aligned}$$

Passo II:

Visando eliminar uma das incógnitas, a equação será multiplicada pelo coeficiente 1,63 da incógnita C.

$$\begin{aligned} - 1,63 A - 1,63 B - 1,63 C &= 26,057 \\ 1,586 A + 1,77 B + 1,63 C &= 26,6 \\ \hline - 0,044 A + 0,14 B + 0 C &= 0,5428 \quad (\text{Equação V}) \end{aligned}$$

Passo III:

Para não se trabalhar com valores negativos, sugere-se multiplicar a equação IV por 0,018 e a V por 0,1589, de forma inversa às suas equações de origem. Com tal procedimento, exclui-se a incógnita A, que possui valor negativo na V. Aplicando-se sistema de equações (IV e V), tem-se:

$$\begin{aligned} 0,15977 A + 0,0876 B &= 1,235 \times (0,018) \\ - 0,044 A + 0,14 B &= 0,5428 \times (0,1589) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,00703 A + 0,00385 B &= 0,05434 \\ - 0,00703 A + 0,02237 B &= 0,08676 \\ \hline 0 A + 0,02622 B &= 0,1411 \end{aligned}$$

$$B = \frac{0,1411}{0,02622} \quad \therefore \mathbf{B = 5,381kg \text{ pré-mistura B.}}$$

Passo IV:

Tendo-se o valor de B, pode-se substituí-lo tanto na equação IV como na V, mas, como a equação V desse cálculo possui coeficiente negativo, optou-se por substituir o B na equação IV.

$$0,15977 A + 0,0876 B = 1,235$$

$$0,15977 A + (0,0876 \times 5,381) = 1,235$$

$$A = \frac{1,235 - 0,4714}{0,15977} \quad \therefore \mathbf{A = 4,779kg \text{ pré-mistura A.}}$$

Passo V:

Uma vez obtidos os valores de A e B, basta substituí-los na equação I. Substituindo A e B na equação I, tem-se:

$$A + B + C = 15,986$$

$$4,779 + 5,381 + C = 15,986$$

$$C = 15,986 - (4,779 + 5,381) \quad \therefore \mathbf{C = 5,826kg \text{ pré-mistura C.}}$$

Decompondo as pré-misturas:

Pré-mistura A:

Do exemplo anterior, sabe-se que 66,66% é silagem de milho e 33,34% é composta por milho, então:

$$4,779 \times 0,6666 = 3,186\text{kg de MS de silagem de milho na ração.}$$

$$4,779 \times 0,3334 = 1,593\text{kg de MS de milho na ração.}$$

Pré-mistura B:

Essa foi a pré-mistura que se alterou do exemplo anterior para diminuir-se o percentual final de polpa cítrica na ração, buscando ficar abaixo de 20%.

Sabendo-se que essa pré-mistura B possui 50% de polpa cítrica e 50% de soja grão na sua MS, realiza-se o desmembramento.

$$5,381 \times 0,50 = 2,691\text{kg de MS de polpa cítrica na ração.}$$

$$5,381 \times 0,50 = 2,690\text{kg de MS da Pré-B na ração (ajustada antes do cálculo algébrico).}$$

Essa mistura Pré-B é composta por 50% de silagem de milho e 50% de soja grão, então:

$$2,690 \times 0,50 = 1,345\text{kg de MS de silagem de milho na MS da ração.}$$

$$2,690 \times 0,50 = 1,345\text{kg de MS de soja grão na MS da ração.}$$

Pré-mistura C:

Sabendo-se que a pré-mistura C possui 55,00% de silagem de milho e 45,00% de farelo de soja na sua MS, realiza-se o desmembramento.

$$5,826 \times 0,55 = 3,204\text{kg de MS de silagem de milho na ração.}$$

$$5,826 \times 0,45 = 2,622\text{kg de farelo soja de MS de farelo de soja na ração.}$$

Na Tabela 5, verifica-se a conferência dos resultados obtidos após execução dos cálculos empregando-se novamente a combinação dos métodos, porém com a estratégia de se “forçar” a diminuição da polpa cítrica para que sua participação na mistura final ficasse abaixo de 20% da matéria seca da ração.

Tabela 5. Contribuição nutricional de cada ingrediente na composição final da mistura com vistas a atingir as exigências nutricionais de proteína e energia.

Alimento kg de MS	MS Kg/dia	PB (kg)	EL Mcal/kg	FDA (kg)	FDN (kg)	Ca (kg)	p (kg)
Silagem de milho	7,735	0,627	10,829	2,321	3,442	0,0263	0,0150
Milho grão	1,593	0,159	3,122	0,048	0,151	0,0003	0,0046
Polpa cítrica	2,691	0,180	4,763	0,592	0,651	0,0495	0,0032
Farelo de soja	2,622	1,180	4,982	0,262	0,391	0,0079	0,0179
Soja grão	1,345	0,569	2,838	0,135	0,262	0,0036	0,0087
TOTAL	15,986	2,715	26,534	3,358	4,897	0,0876	0,0494
Exigências	16,480	2,715	26,600	3,461	4,614	0,0997	0,0632
Na ração	0,494	OK	OK	-0,103	+0,283	-0,0121	-0,0138

A FDA foi considerada como 21% da MS total, e a FDN como 28%.

A relação volumoso:concentrado é de 46,94 : 53,06. O teor de FDA ficou em 20,38% da MS da ração, e a FDN em 29,71%, não demonstrando necessidade de tamponar a dieta, exceto por extrema cautela. O teor de polpa cítrica manteve-se em 16,33%, ou seja, ficou abaixo dos 20% aqui pretendidos.

Tal como nos exemplos anteriores, devem-se corrigir os níveis de fósforo e cálcio, bem como suplementar macro e microminerais que se fizerem necessários. Quando o espaço de reserva não for preenchido, deixando quantidade significativa de matéria seca a ser completada, a sugestão mais prática é completar a quantidade que falta com a fração volumosa da dieta.

Via de regra, considerando-se que o volumoso possui sobras oscilando entre 15 a 35%, a depender da sua qualidade, é importante realizar constante supervisão das sobras nos cochos, para monitorar a ingestão de volumosos em relação ao concentrado, pois uma situação é ter-se uma relação adequada na ração oferecida, e outra é tê-la na ração ingerida (ingerido = oferecido - sobras).

4 - AVALIANDO A RAÇÃO PELO NRC (2001)

A nova versão do NRC (2001) possibilita a avaliação das rações formuladas, seja por métodos manuais, seja com uso de computadores. O próprio programa de determinação de exigências e avaliação de dietas permite realizar os cálculos a partir de uma simulação, em que basta ao técnico mais experiente ir colocando a quantidade de matéria seca de cada ingrediente na dieta, de modo que o programa, ao final, gera o relatório de avaliação dessa dieta.

Porém, a recomendação é que se realizem os cálculos de forma separada, e somente depois seja conduzida a avaliação pelo NRC (2001). O programa pode e deve ser utilizado para ter-se as exigências nutricionais mais atuais para vacas leiteiras, mas, como tem sido observado, há, por parte de estudantes de graduação e pós-graduação, e mesmo de técnicos que atuam no campo, certa dificuldade em se obter as exigências pelo NRC (2001), por isso, nos exemplos de cálculos acima, foi feita a opção pelo NRC (1989), pois, no caso do presente capítulo, o que mais importa é passar a estudantes e técnicos da área algumas estratégias para formular rações manualmente.

A seguir, serão comentados os aspectos de avaliação da dieta acima empregando-se o NRC (2001). O possuidor do programa pode realizar o procedimento seguindo os passos enumerados abaixo.

Antes de abrir o programa *Nutrient requirement of dairy cattle - Seventh Revised Edition (2001)*, deve-se configurar o computador para idioma em inglês (opção EUA); abrir o programa, aceitar os termos de uso e ir para a página inicial.

Com o comando *inputs* já ativado, devem-se preencher os dados relativos a unidades de cálculo (métrico ou inglesa), bem como a prioridade para a expressão dos dados (em matéria seca ou matéria natural), formatar a página para gerar relatórios, designar as respostas fisiológicas ou bioquímicas desejadas. Passar para os dados relativos aos animais, preenchê-los como no enunciado do primeiro exemplo tratado nesse capítulo. Usar idade de 53 meses, peso vivo 480kg, lactação com 120 dias, condição corporal de 3,0 e estando na terceira lactação.

O passo seguinte, ainda no *inputs*, refere-se aos dados produtivos: 25kg de leite com 4% de gordura. Na parte de manejo/ambiente, usar 30°C e estando os animais confinados.

Logo após, ativar o botão virtual de alimentos (*feeds*). Ao adicionar alimentos à ração (*Ad feeds to ration*), surge a lista de alimentos. Selecioná-los conforme empregados no cálculo acima.

O próximo passo diz respeito à avaliação da presente dieta. Deve-se selecionar o botão virtual ração (*ration*), em seguida, fornecer ao programa as quantidades de alimentos que foram determinadas no cálculo manual acima. Expressá-las em MS se a opção no início do programa foi essa. Observar que, ao ir completando os valores de quantidades de MS de alimentos, o total de ração oferecida (*total intake*) irá aparecer. Num quadro ao lado direito, surgem os resultados da ração (*ration results*), que já fornecem uma avaliação prévia da mistura calculada. Ao preencher totalmente todos os alimentos usados na dieta, deve-se ativar o botão virtual suspenso de resultados (*reports*), também na linha superior da tela. Selecionar o tipo de impressão que se deseja: Resumo (*Summary report*), suprimento de energia e proteína (*Energy and protein supply*), suprimento de aminoácidos no intestino - proteína sobrepassante (*Duodenal amino acid supply*), ingestão de matéria seca (*Dry matter intake*), exigências de manutenção (*Maintenance requirements*), exigências para crescimento

(*Growth requirements*), ganho de peso desejado ou ganho de peso médio por dia (*Target weights and ADG*), exigências para gestação (*Pregnancy requirements*), exigências para lactação (*Lactation requirements*), exigências para formação de tecidos de reserva (*Reserves requirements*) e, por fim, as exigências minerais (*Mineral requirements*).

Após escolher as informações desejadas, basta solicitar para ver os resultados (*View report*). Devem-se ler todas as páginas do relatório e, caso desejar imprimi-las, ativar botão para impressão desses resultados (*Print report*).

Para gravar essa simulação/avaliação, basta ir à barra superior e clicar em arquivo (*file*); ao abrir o menu suspenso, escolher salvar como (*Save simulation as...*).

5 - EMPREGO DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS NOS CÁLCULOS DE DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS

São inúmeros os programas computacionais para execução de cálculos de rações e/ou concentrados para o gado leiteiro, sejam nacionais ou estrangeiros. Usando métodos de programação linear e, portanto, determinísticos, geralmente se minimizam custos de produção da ração, ou, ainda, métodos estocásticos, que vislumbram mais a resposta fisiológica e bioquímica dos animais dos rebanhos.

Seja qual for o programa ou o método de programação que ele abarca, é importante ressaltar que, por mais apurado que seja o cálculo realizado, este não torna dispensável o pleno e completo conhecimento de nutrição de ruminantes para operá-los, com ênfase especial em nutrição do gado leiteiro. Em suma, o acompanhamento e a supervisão do rebanho são fatores que podem aumentar, em muito, as chances de sucesso na elaboração, execução e supervisão de programas nutricionais na bovinocultura leiteira.

É sempre muito conveniente ressaltar que obter o menor custo da ração não necessariamente traduz-se em melhor relação custo-benefício, como também não é porque uma determinada ração ou programa nutricional de um rebanho foram obtidos por sofisticado e caro programa computacional que seus dados serão mais acurados que aquelas rações calculadas por programas mais modestos. O importante é que o operador do computador saiba, de forma consistente e inequívoca, explorar ao máximo todas as possibilidades que o *software* oferece.

Geralmente, programas sem muitos recursos, quando bem trabalhados pelo técnico em nutrição de ruminantes, podem fornecer inúmeras possibilidades de misturas, limitações ou combinações teóricas, bem mais que programas mais sofisticados.

Portanto, ao se escolher um programa para executar cálculos de rações para bovinos leiteiros, deve-se pensar, inicialmente, em sua funcionalidade e em sua operacionalidade e capacidade de gerar rações condizentes com o sistema produtivo

em que será utilizado. Por vezes, tem-se verificado que empresários rurais, de grande ou pequeno porte, no afã de resolver os problemas nutricionais nos rebanhos, adquirem programas deveras muito sofisticados, no entanto muito caros e com pouca parte operacional sendo usada na empresa rural. Muitas vezes ficarão com o *software* e até mesmo com o computador ocioso.

Por fim, o que se reveste de grande importância ao se adquirir um programa computacional para execução de cálculos de ração reside em pontos como:

- a matriz de ingredientes (alimentos) presente no programa, como também a facilidade em alimentá-la;
- as exigências nutricionais, quando presentes no próprio programa, devem deixar margem para que o técnico opte por maior ou menor margem de atendimento das exigências nutricionais como um todo. É sabido que efeitos ambientais (climáticos, hierárquicos, sociais, dentre outros) podem impor maior ou menor alteração em dadas exigências nutricionais de ruminantes;
- a possibilidade de importação e/ou exportação de matrizes, seja de tabelas de composição de alimentos ou de exigências nutricionais, é sempre uma grande ferramenta e, sem dúvida, tanto o nutricionista quanto o empresário rural podem ter nesse ponto a sua base para tomada de decisão. Programas que exportam relatório em arquivos do tipo *.doc*, *.pdf*, *.txt* têm sempre grande mobilidade de informação, o mesmo se dá com bancos de dados (*.doc*, *.txt*, *.xls etc.*);
- sempre verificar a existência de *upgrade* dos programas e, obviamente, as condições para renovação das licenças de seu uso.

Uma vez escolhido o programa, após uma boa pesquisa de mercado, basta ao usuário mantê-lo atualizado, conferindo sempre os resultados no campo de todas as dietas formuladas a partir de um computador ou terminal remoto.

É sempre bom lembrar normas básicas ao se empregar *softwares* de cálculos de ração para mínimo custo baseados em programação linear:

- quando se colocar a exigência de um nutriente, qualquer que seja, deve-se conter o alimento na matriz. Por mais básica que pareça tal observação, tem sido comum observar que operadores desses programas, quando com menor experiência, esquecem-se de colocar alguns alimentos. Isso é muito comum com minerais, destacando-se o cálcio e o fósforo;
- ainda quanto aos minerais, a recíproca também ocorre com boa intensidade. Trata-se de, ao se colocar o sal branco (NaCl) na lista de alimentos de uma ração a se elaborar, não se colocar as exigências de Na e Cl. Nesse caso, como o ingrediente somente possui esses nutrientes, não fará parte da ração, exceto se o operador impor sua inclusão (por exemplo, no mínimo 0,50% da MS da ração). Por outro lado, o programa pode colocar o sal, ou mesmo qualquer outro ingrediente, mais simples em termos de composição bromatológica e preço, somente para “tampar” vazios na fórmula. Nesse caso, a

solução é colocar na matriz de alimentos o inerte, cujo peso e teor de MS são 100%, e com preço zero;

- quando o calcário estiver em quantidades muito acima do necessário para satisfazer as exigências de cálcio na ração, pode ser um típico evento de necessidade de se colocar um alimento inerte.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Qualquer método de cálculo de ração está sujeito a críticas e falhas, como também é possível de ser empregado na condução de sistemas de produção de leite bovino.

O técnico responsável pela alimentação e nutrição de rebanhos leiteiros deve supervisionar todo o processo de elaboração das rações, desde a obtenção da quantidade dos ingredientes na mistura final, passando pela realização da mistura, e, por fim, pela determinação do número e forma de distribuição das refeições, observando e quantificando a presença de sobras.

Nem sempre é possível obter misturas homogêneas quando se empregam alguns tipos de alimentos, portanto o perfeito acompanhamento de todo o processo de mistura pode ser um ponto que merece maiores cuidados, uma vez que misturas muito heterogêneas comprometem todas as premissas iniciais dos cálculos.

Sempre que necessário, devem-se realizar ajustes necessários para garantir o consumo conforme a meta proposta inicialmente nos cálculos.

Outro aspecto muito importante é a avaliação, na prática, das respostas dos animais, seja no que se refere à produção e/ou composição do leite, condição de escore corporal das vacas e novilhas, seja nos aspectos reprodutivos que possam ter ligação direta com o sistema de nutrição/alimentação do rebanho.

É válido lembrar que a ração de mínimo custo, obtida pela maioria dos programas computacionais para cálculos de rações, nem sempre se traduz em melhor resposta animal ou mesmo em melhor resposta custo-benefício, fato que reforça ainda mais as cautelas apontadas acima para o melhor acompanhamento das normas e padrões de alimentação do gado leiteiro.

Não menos importante é lembrar sempre que a execução de cálculos, sejam manuais, ou nos computadores, proporcionará ao técnico maior capacidade de resolver problemas quanto mais exercícios forem realizados. Portanto, treino e exercícios constantes aumentam consideravelmente as possibilidades de sucesso na elaboração de dietas para quaisquer espécies animais.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford, UK: CABI International. 1993. 159p.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Collingwood, VC: CSIRO Publishing. 2007. 270p.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. *Alimentación des bovins, ovins et caprins. Beoins des animaux. Valeurs des aliments*. Versailles: INRA, 2007. 307p.

JARRIGE, R. *Alimentación des bovins, ovins et caprins*. Paris: INRA, 1988. 471p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed. rev. Washington, DC: National Academic Press, 1989. 235p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, DC: National Academic Press, 2001. 260p.

CAPÍTULO 3

ALIMENTAÇÃO DE BEZERRAS LEITEIRAS

*Sandra Gesteira Coelho*¹, *Lúcio Carlos Gonçalves*², *Tatiana Coutinho da Costa*
*³ Cibele Santos Ferreira*³

RESUMO

Este capítulo visa discutir a nutrição de bezerros do nascimento aos 12 meses, de idade, com ênfase no volume de leite fornecido e no desenvolvimento do retículo-rúmen. Após o nascimento, os bezerros passam por várias mudanças fisiológicas para adaptação à vida extrauterina e necessitam da ingestão imediata do colostro para aquisição de imunidade passiva e fornecimento de nutrientes. Após os primeiros três dias de vida recebendo o leite de transição, deve-se iniciar o fornecimento de dieta líquida, procedimento que pode ser feito tanto pelo aleitamento natural como pelo aleitamento artificial em mamadeiras e baldes. Para promover o desenvolvimento do retículo-rúmen e permitir o desaleitamento precoce, é essencial o consumo precoce de dieta que estimule o desenvolvimento do epitélio e o aumento da área de absorção e da motilidade. Para tanto, algumas condições são necessárias: o estabelecimento da microbiota, a presença de líquido no retículo-rúmen, a presença de substrato, a movimentação para mistura dos alimentos e a capacidade de absorção do epitélio. O desaleitamento geralmente é realizado com base na idade do animal (mais comum aos 60 dias), ou quando o bezerro está ingerindo, por três dias consecutivos, 700g de concentrado, ou quando atinge 90 a 100kg de peso vivo. As instalações para bezerros devem ser econômicas, ter boa ventilação, boa insolação e proporcionar conforto aos animais.

INTRODUÇÃO

A criação de bezerros, principalmente do nascimento ao desaleitamento, exige boas práticas de manejo e muita atenção a detalhes. A saúde e o crescimento dos bezerros dependem de fatores que interferem antes, durante e no período imediatamente após o parto. Um dos aspectos críticos na nutrição dos bezerros é o fornecimento da dieta líquida e o desenvolvimento do rúmen. A alimentação representa de 50 a 60% dos custos de produção das diferentes espécies de ruminantes criadas com finalidade econômica. Dessa forma, principalmente quando se prioriza eficiência, a nutrição assume importância fundamental.

¹ Médica Veterinária, DSc., Profª Associado, Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. sandra@vet.ufmg.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Doutorandas em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG.

1 - CUIDADOS COM A ALIMENTAÇÃO DE NOVILHAS E VACAS GESTANTES

Devem ser fornecidas aos animais dietas bem equilibradas para garantia de bom desenvolvimento fetal, adequada formação de colostro e boa lactação, durante toda a gestação e no período de transição. Deficiências de energia, vitaminas, minerais, proteínas podem comprometer o desenvolvimento fetal e aumentar a morbidade e mortalidade de bezerros (Davis e Drackley, 1998).

A demanda de nutrientes para o feto torna-se particularmente importante durante o último trimestre da gestação, observando-se que 60% do ganho de peso fetal ocorre durante os dois últimos meses da gestação. Desta forma, mesmo nesta fase, quando as exigências nutricionais da vaca são menores, ainda é necessária atenção à dieta dos animais (National Research Council - NRC, 2001). Próximo ao parto, os animais devem ser levados ao piquete maternidade (\pm 21 dias antes da data prevista) para o início da dieta de transição (preparar a vaca para a nova lactação) e o acompanhamento do parto. Esses locais devem ter boas condições de higiene e estar localizados próximo às outras instalações para permitir boa alimentação e observações frequentes.

2 - ADAPTAÇÕES APÓS O NASCIMENTO

Após o nascimento, os bezerros passam por várias mudanças fisiológicas para adaptação à vida extrauterina. A primeira e mais imediata é a de iniciar os movimentos respiratórios. O controle do balanço ácido-básico precisa ser iniciado o mais breve possível, e todo o metabolismo precisa estar funcionando para que o organismo possa iniciar o catabolismo de carboidratos, gordura e aminoácidos a fim de fornecer energia para as funções corporais (Davis e Drackley, 1998). A fonte de nutrientes energéticos, que era primariamente baseada em carboidrato (glicose) durante a vida fetal, muda para alta gordura e baixo carboidrato no colostro (Blum e Hammon, 2000). Outra adaptação necessária é a regulação da temperatura corporal. Para isso, os bezerros precisam rapidamente ativar os mecanismos termogênicos, como o tremor e o metabolismo da gordura marrom. Iniciado este processo, e somando-se a ele a ingestão do colostro e secagem dos pelos, a produção de calor corporal aumenta e a temperatura corporal se estabiliza dentro dos limites fisiológicos, em torno de 48 a 72 horas de vida (Davis e Drackley, 1998).

3 - FORNECIMENTO DO COLOSTRO

Além de conferir imunidade aos bezerros, o colostro é a primeira fonte de nutrientes. Como pode ser observado na Tabela 1, o colostro possui duas vezes mais sólidos totais que o leite. As porcentagens de proteína e gordura são altas, e a de lactose é menor que no leite integral. As concentrações de minerais e vitaminas também são maiores no colostro para garantia de estoques adequados até que o consumo de alimentos sólidos aumente. A lactose e a gordura presentes no colostro são fontes de energia para os bezerros.

O corpo do animal recém-nascido possui poucas reservas de gordura, e a maior parte dos lipídeos é de origem estrutural e não pode ser mobilizada. As reservas de gordura corporal e glicogênio que podem ser mobilizadas se esgotam em 18 horas após o nascimento se os animais não forem alimentados, o que demonstra a importância da administração imediata de colostro aos animais (Okamoto et al., 1986).

A quantidade de colostro oferecida depende do peso corporal, devendo ser administrado o volume de 10% do peso corporal. Nos primeiros três a cinco dias de vida, o bezerro deve receber o leite de transição da mãe. Durante muito tempo, foi também recomendado o uso de uma mistura de colostro excedente e leite de transição de outros animais que tenham parido nestes dias. No entanto, esta recomendação hoje deve ser reavaliada, já que o colostro e o leite de transição podem ser fonte de contaminação de doenças, como a leucose de vacas infectadas para bezerros não infectados (Maunsell e Donovan, 2008).

Tabela 1. Composição do colostro e do leite de animais da raça Holandesa.

Constituinte	Colostro (ordenha pós-parto)				Leite integral
	1ª	2ª	3ª	4ª	
Sólidos totais (%)	23,9	17,9	14,1	13,9	12,9
Gordura (%)	6,7	5,4	3,9	4,4	4,0
Proteínas (%)	14,0	8,4	5,1	4,2	3,1
Caseína (%)	4,8	4,3	3,8	3,2	2,5
Albumina (%)	0,9	1,1	0,9	0,7	0,5
Imunoglobulinas (%)	6,0	4,2	2,4	-	0,09
Lactose (%)	2,7	3,9	4,4	4,6	5,0
Cinzas (%)	1,11	0,95	0,87	0,82	0,74
Ca (%)	0,26	0,15	0,15	0,15	0,13
P (%)			0,24		0,11
Mg (%)			0,04		0,01
Fe (mg/100g)			0,20		0,01-0,07
Vit. A (ug/100mL)	295	190	113	76	34
Vit. D (U.l/g gordura)		0,89 – 1,81			0,41
Vit. E (ug/g gordura)	84	76	56	44	15
Vit. B12 (ug/100mL)	4,9	-	2,5	-	0,6

Adaptado de Roy (1970) e Foley e Otterby (1978).

4 - DIETA LÍQUIDA APÓS O FORNECIMENTO DO COLOSTRO

Antes do desenvolvimento do retículo-rúmen, o bezerro é funcionalmente não ruminante, e o abomaso é o compartimento funcional dos estômagos do bezerro, o que o torna dependente de enzimas digestivas. Nesta fase, o animal tem alta eficiência para digestão de proteínas do leite, lactose e triacilglicerol, mas é menos capaz de digerir proteínas que não sejam do leite ou polissacarídeos como amido, o que limita os ingredientes que podem ser utilizados nos sucedâneos de leite sem comprometimento do crescimento e da saúde dos bezerros (Drackley, 2008). A partir de reflexo condicionado, ocorre a contração de uma dobra de tecido da base do esôfago ao orifício retículo-omasal e forma-se um tubo denominado goteira

esofagiana. O leite ingerido flui, então, diretamente da base do esôfago (cárdia) ao orifício retículo-omasal e ao abomaso (Church, 1998).

No abomaso, o forte ambiente ácido resultante da secreção de ácido clorídrico das células parietais da mucosa do abomaso ($\text{pH} \pm 2,0$) converte a enzima inativa prorenina em renina, que quebra uma ligação peptídica específica na κ -caseína e que, em presença de íons cálcio, causa coagulação das caseínas, formando o coágulo (onde fica retida a gordura) e o soro (composto por água, minerais, lactose e outras proteínas, incluindo as imunoglobulinas). O ácido clorídrico tem papel importante na digestão de proteínas no abomaso. A taxa de secreção do ácido clorídrico pelas células parietais é baixa ao nascimento, mas aumenta em 50% durante as quatro primeiras semanas de vida (Church, 1998; Davis e Drackley, 1998).

A caseína é parcialmente digerida pela pepsina abomasal secretada na forma inativa de pepsinogênio, que também é ativada pelo ambiente ácido do abomaso. Os polipeptídeos liberados da caseína entram no intestino para posterior absorção. No intestino, tanto os fragmentos da caseína quanto as proteínas do soro são digeridos pelas enzimas pancreáticas tripsina, quimotripsina, carboxipeptidase e elastase. As peptidases da borda em escova do epitélio intestinal completam a hidrólise dos peptídeos, e uma mistura de aminoácidos livres, dipeptídeos e tripeptídeos é absorvida por transporte específico (Drackley, 2008).

A digestão da gordura do leite inicia-se na boca pela ação da lipase pré-gástrica, e os produtos de sua ação são diacilglicerol e ácidos graxos livres. Os ácidos graxos de cadeia curta liberados são absorvidos no intestino delgado e oxidados a fim de gerar energia para o fígado. Os ácidos graxos de cadeia média possuem potente atividade antimicrobiana, e sua liberação no abomaso juntamente com as condições ácidas aí presentes vão prevenir a entrada de bactérias no intestino (Davis e Drackley, 1998; Drackley, 2008).

A lipase pancreática na presença de colipase e sais biliares hidrolisa os diacilgliceróis e triacilgliceróis a 2 monoacilglicerol e ácidos graxos livres, e estes são absorvidos pelas células epiteliais, onde são reconvertidos a triacilglicerol e acondicionados nos quilomícrons, sendo secretados das células para o espaço extracelular, atingindo os vasos linfáticos e a veia cava, sendo, então, distribuídos aos músculos esqueléticos, ao coração e ao tecido adiposo (Cunningham, 2004; Drackley, 2008).

À exceção da lactase enzima presente na borda em escova do epitélio intestinal, todas as outras enzimas que quebram os carboidratos são encontradas com atividade relativamente baixa no intestino dos bezerros. Faltam aos bezerros sacarase e amilase salivar. A maltase intestinal e a amilase pancreática são encontradas em limitadas quantidades ao nascimento, mas aumentam sua atividade com a idade (especialmente a amilase). Dessa forma, o uso de algum dissacarídeo ou polissacarídeo que não seja a lactose é severamente limitado nas primeiras três semanas de vida do bezerro. Após as três semanas de idade, ocorre aumento na capacidade de digestão do amido, intensificando a atividade enzimática e a habilidade de digestão de proteínas de origem vegetal (Church, 1998; Davis e Drackley, 1998).

O perfil enzimático indica que os bezerros estão preparados para a digestão do leite e que, até três semanas de vida, são especialmente suscetíveis à baixa qualidade dos ingredientes dos sucedâneos de leite, em virtude da pequena maturação dos tecidos intestinais e da reduzida secreção de enzimas digestivas. Portanto, o leite é a melhor dieta líquida para bezerros de até três semanas de idade.

Várias teorias têm sido propostas para explicar a ativação do reflexo da goteira esofágica, um processo controlado por estimulação neural. A mais aceita é a de que o condicionamento do animal é o principal fator a desencadear esse reflexo; a repetição dos mesmos hábitos e a utilização dos mesmos utensílios no momento do aleitamento fazem com que os bezerros ativem esse reflexo (Orskov, 1972). A ativação do reflexo da goteira esofágica é importante para evitar a entrada e a fermentação do leite no rúmen. A falha desse reflexo e a entrada de leite no rúmen ocasionam fermentação dos carboidratos com produção das formas D e L de ácido láctico. Altas quantidades destes isômeros podem acumular no rúmen e serem absorvidas, podendo levar a quadros de acidose metabólica (Gentile et al., 2004; Lorenz, 2004).

Após os primeiros três a cinco dias de vida (recebendo colostro e leite de transição), deve-se iniciar o fornecimento de dieta líquida aos animais, um procedimento que pode ser feito tanto pelo aleitamento natural (bezerro mamando na vaca) como pelo aleitamento artificial (mamadeiras e baldes).

Tabela 2. Atividade das enzimas digestivas em função da idade dos bezerros.

Enzimas	Idade (em dias)	
	19	119
	Atividade relativa por kg de peso vivo em comparação aos valores aos dois dias de idade	
Carboidrases		
Lactase	0,23	0,12
Maltase	0,83	2,86
Isomaltase	0,44	0,91
Amilase	24,00	47,00
Proteases		
Quimosina	0,65	0,22
Pepsina	1,21	0,63
Tripsina	2,48	1,28
Quimotripsina	2,44	3,07
Elastase	2,43	2,53
Carboxipeptidase A	2,31	2,13
Carboxipeptidase B	2,38	2,27
Aminopectidase A	0,34	0,47
Aminopectidase B	0,21	0,31
Lipases		
Lipase pancreática	2,15	3,50
Colipase	1,61	1,04
Fosfolipase A2	1,46	1,68

Fonte: Davis e Drackey (1998).

O aleitamento natural é utilizado quando a produção de leite total/animal é igual ou inferior a 8kg de leite/dia e quando as vacas não descem o leite sem a presença do bezerro. No aleitamento natural, durante o primeiro e o segundo mês de vida, deve-se deixar um teto para o bezerro na ordenha da manhã e outro na ordenha da tarde (o bezerro deve ingerir no mínimo quatro litros de leite/dia). Nos meses seguintes, a ordenha é realizada nos quatro tetos, e o bezerro ingere o leite residual, devendo receber também concentrado a partir do terceiro dia de vida.

O aleitamento artificial é realizado quando a vaca desce o leite sem a presença do bezerro. Essa prática permite a racionalização do manejo, mais higiene na ordenha e controle da quantidade de leite ingerida pelo bezerro. O aleitamento artificial consiste no fornecimento de quantidade fixa de leite ou sucedâneo, em torno de 8 a 10% do peso vivo (Roy, 1970; Davis e Drackley, 1998).

A quantidade comumente oferecida é de 4kg de leite/dia, oferecida uma ou duas vezes ao dia. Esta restrição no volume oferecido não permite altas taxas de ganho de peso, mas estimula o consumo de alimentos sólidos necessários ao desenvolvimento do rúmen. O ganho de peso esperado com este consumo é de 200 a 400g/dia em condições termoneutras (15 a 25°C), pois, em condições ambientais adversas, as exigências de manutenção aumentam para manter a termogênese, podendo provocar redução do ganho de peso ou perda de peso (Drackley, 2008).

Pesquisas recentes têm apontado consideráveis resultados no crescimento e na eficiência alimentar dos bezerros, por meio do fornecimento de maiores quantidades de leite ou sucedâneos. Estima-se que, para atender o sistema imune, o animal apresente aumento de exigência nutricional de 20 a 40% da manutenção, e que, na ausência de quantidades adequadas de energia e proteína, a imunidade celular, a produção de citocinas, o sistema complemento, a função fagocitária e as concentrações de anticorpos são diminuídos (Woodward, 1998; Jaster e Weary, 2002).

Assim como os outros animais, os bezerros necessitam de nutrientes para manutenção e crescimento. O gasto de energia para manutenção envolve as funções básicas necessárias para manter o animal vivo, a temperatura corporal em climas frios ou quentes, a resposta imune aos agentes infecciosos e a acomodação a agentes estressores. O crescimento é o acúmulo de novos tecidos corporais e, antes do desaleitamento, ocorre principalmente nos sistemas esquelético e muscular, sendo necessária a deposição de proteína nos ossos e músculos, com correspondente mineralização da matriz óssea proteica. Alguns lipídios (principalmente os fosfolipídios) são depositados nos tecidos e servem como energia adicional na forma de triacilglicerol (Drackley, 2008).

O NRC (2001) estabeleceu o requerimento de energia para bezerros com até 100kg de peso vivo (PV) em unidade de energia metabolizável, sendo a energia metabolizável determinada pela subtração da perda de energia pelas fezes, de gases digestivos (metano) e urina em relação ao total de energia consumida. A perda de energia na forma de metano é pequena e por isso foi ignorada.

A exigência de energia metabolizável (EM) para manutenção sob condições termoneutras é de aproximadamente 1,75Mcal/dia em um animal com 45kg de PV. O leite integral contém aproximadamente 5,37Mcal/kg de sólidos, o que significa que o bezerro requer em torno de 325g de sólidos do leite, ou 2,6kg de leite (2,5 litros) somente para manutenção. Com o uso de sucedâneos, a quantidade de EM/unidade de sólidos está entre 4,6 - 4,7Mcal/kg, já que os sucedâneos apresentam menores conteúdos de energia que o leite. Consequentemente, um animal com 45kg de PV requer em torno de 380g de sucedâneo (3,0 litros) para atender suas exigências nutricionais de manutenção. Parte da quantidade de sólidos consumida pelo animal pode ser utilizada também para o crescimento (Drackley, 2008).

A definição das exigências nutricionais de proteína dos bezerros lactantes visa assegurar o suprimento adequado de aminoácidos para o rápido crescimento estrutural e a deposição de tecido magro (muscular), enquanto minimiza os custos e excessos da excreção de nitrogênio. As exigências de proteína para manutenção são pequenas (em torno de 30g/d em bezerros com 45kg/PV) e não parecem ser substancialmente alteradas pelo estresse, pelo frio ou calor. A exigência de proteína é, na maioria das vezes, determinada pela taxa de crescimento. Em média, 188g de proteína são depositadas para cada kg de ganho de PV em bezerros, que requerem de 250 a 280g de proteína bruta (PB) ingerida a partir do sucedâneo. Esta recomendação está baseada no princípio de que a deposição de proteína corporal em bezerros em crescimento é essencialmente linear em função da ingestão de proteína da dieta (Davis e Drackley, 1998; Diaz et al., 2001).

O aumento da ingestão de proteína em dietas à base de leite pode aumentar a deposição de tecido magro e reduzir a deposição de gordura; a elevação do teor de proteína bruta (PB) dos sucedâneos de 16 para 26% e a relação PB:Energia aumentam de forma linear a taxa de crescimento de bezerros, com elevação do ganho de peso médio diário e de deposição de tecido magro (Diaz et al., 2001; Blome et al., 2003). Desta forma, a restrição de dieta líquida resulta em considerável redução da eficiência de conversão alimentar em bezerros lactantes quando comparada com práticas de alimentação em outras espécies domésticas, como ovelhas (0,69-0,73) e suínos (0,66-0,73). Bezerros alimentados com leite de forma *ad libitum* apresentam eficiência alimentar de 0,75-0,80 (Khoury e Pickering, 1968; Diaz et al., 2001).

A ingestão de concentrados é fator importante para o desenvolvimento do rúmen, e o aumento do fornecimento de dieta líquida pode reduzir o consumo de concentrados pelos bezerros. No entanto, animais saudáveis possuem bom apetite e, em fase de crescimento, ingerem quantidades suficientes da dieta sólida que permitem o desenvolvimento ruminal (Drackley, 2005). O fornecimento de maiores volumes de leite ou sucedâneos não causa diarreia; a ocorrência desta está relacionada com a baixa qualidade sanitária do leite, a baixa qualidade nutricional do sucedâneo e a presença de microrganismos no ambiente dos bezerros (Davis e Drackley, 1998; Diaz et al., 2001).

Após 14 dias de idade, os bezerros já são capazes de ingerir alimentos sólidos, mas, somente após o primeiro mês de vida, são capazes de ingerir quantidades suficientes de concentrados que irão começar a contribuir com apreciável quantidade de energia metabólica. A nutrição na fase inicial da vida dos bezerros pode trazer efeitos a longo prazo na vida do animal, como melhora do desenvolvimento e funcionamento do sistema imunológico, aumento precoce do desenvolvimento mamário, alteração do funcionamento e desenvolvimento endócrino, maior deposição de tecidos magros e maior produção futura de leite (Van Amburgh, 2003).

Desta forma, agora tem sido preconizado oferecer aos bezerros o volume de seis litros de leite/dia até 30 dias de idade, ou o fornecimento de seis litros/dia até os 60 dias de idade (Drackley, 2008).

Se forem utilizados quatro litros de leite/dia, o fornecimento pode ser realizado uma ou duas vezes ao dia, sendo que a alimentação uma vez ao dia deve ser iniciada na segunda semana de vida. Uma das vantagens desse sistema de alimentação é que a ingestão de alimentos sólidos pelo bezerro é iniciada mais cedo, reduzindo os custos com mão de obra. Se forem utilizados seis litros de leite/dia, o fornecimento deve ser realizado duas vezes ao dia.

5 - SUBSTITUTOS DO LEITE

Os substitutos do leite mais utilizados são: colostro, leite de transição, leite de descarte e sucedâneos do leite. A utilização do colostro e do leite de transição tem vantagens econômicas (produto sem valor comercial) e nutricionais (alto valor proteico e vitamínico), aumenta as defesas contra infecções no trato digestivo, reduz a morbidade e melhora o desempenho dos animais. O colostro excedente deve ser fornecido nas seguintes diluições: duas partes de colostro e uma de água, ou uma parte de colostro e uma de água.

O leite de descarte é o leite de vacas em tratamento com fármacos antimicrobianos. Este produto representa economia para as fazendas (é considerado uma fonte de alimento sem custo, pois não pode ser comercializado) e reduz impactos sobre o ambiente, todavia são necessários alguns cuidados na sua administração: quando o leite é descartado pela ocorrência de mastite, além de resíduo de antimicrobianos, pode conter grande número de patógenos e, portanto, sua utilização deve ser evitada; quando o leite não tem aparência normal, sua utilização também deve ser evitada nos primeiros dias de vida dos bezerros e em ocasiões em que os animais estejam em situações de estresse (Davis e Drackley, 1998). A variação nutricional diária do leite de descarte pode também reduzir as taxas de ganho de peso.

Atualmente, o uso de leite de vacas em tratamento com fármacos antimicrobianos tem sido desencorajado nos EUA, Canadá e Europa, devido ao risco de ingestão de patógenos. A utilização de pasteurizadores nas grandes fazendas bem como de sucedâneos de leite tem sido recomendada como forma de reduzir a exposição dos bezerros a riscos sanitários.

Os sucedâneos do leite são uma combinação de produtos de origem vegetal e animal, destinados a substituir completamente o leite. Um bom sucedâneo deve ser de fácil preparo e administração, ser palatável, não sedimentar, ser nutricionalmente adequado, pobre em fibra (máximo de 3%), rico em proteína (20% ou mais) e energia 95%NDT, enriquecido com minerais e vitaminas e não provocar diarreias. Deve ainda ter composição sugerida pelo NRC (2001) (Tabela 3). Os sucedâneos apresentam a vantagem de composição constante, o que minimiza mudanças bruscas no trato digestivo, facilidade de estocagem e possibilidade de controle de doenças que são transmitidas pelo leite.

Os bezerros possuem enzimas digestivas para digestão de proteínas do leite. Desta forma, a digestão de proteínas que não sejam do leite é limitada no início da vida do bezerro. Devido ao custo das proteínas lácteas, elas têm sido substituídas pelas proteínas do soro do leite, que não coagulam no abomaso, mas têm alta digestibilidade (94 a 97%). Proteínas vegetais também são utilizadas nos sucedâneos, sendo as mais utilizadas a proteína da soja (concentrado proteico) e proteína do trigo modificada. A soja possui fatores antinutricionais, tais como: oligossacarídeos indigestíveis, proteínas antigênicas, inibidores de tripsina, e deve ser processada termicamente para eliminação destes fatores antinutricionais.

Sob condições normais, níveis de 10 a 25% de gordura parecem ser suficientes para suprir os ácidos graxos essenciais para bezerros leiteiros jovens. A quantidade de gordura utilizada no sucedâneo depende da digestibilidade, da taxa de crescimento desejada, das condições ambientais e do custo da gordura e proteína substitutivas do leite. O fornecimento de altos níveis de gordura nos sucedâneos promove fonte segura de energia e induz à deposição de gordura na carcaça, mas não parece prover o animal de uma fonte de energia prontamente disponível para a deposição de ossos e músculos (Jaster et al., 1992; NRC, 1989). O aumento da quantidade de gordura no sucedâneo aumenta o ganho de peso, mas pode reduzir o consumo de concentrados. A lactose é mais eficientemente usada como combustível oxidável para síntese de proteínas. Sob condições termoneutras, menor conteúdo de gordura favorece o crescimento tecidual e o consumo de concentrado (Davis e Drackley, 1998; Drackley, 2008).

Formulações de sucedâneos com alta densidade energética são empregadas em regiões de clima frio para suporte das perdas calóricas, uma vez que as exigências de energia para manutenção (mas não as de proteína) são aumentadas em situações de estresse pelo frio, enquanto regiões quentes comportam bem a utilização de sucedâneos com menores níveis. Baixas temperaturas e altas precipitações pluviométricas, somadas ao estresse, podem reduzir fortemente as taxas de crescimento desses animais. Estes fatores aumentam a necessidade de energia para manutenção da temperatura corporal, disponibilizando menos energia para o crescimento ou para o sistema imune (Quigley e Drewry, 1998).

Existem várias opções para aumentar o nível de gordura no sucedâneo lácteo, incluindo o sebo, uma gordura relativamente pouco aproveitada pelo animal, em razão

da presença dos ácidos graxos saturados esteárico e palmítico, de menor digestibilidade. Para melhorar sua digestibilidade, recomenda-se a inclusão de lecitina de soja (1 a 6% na matéria seca) e sua homogeneização. A lecitina de soja atua como emulsificante e fonte de fosfolípidos. O óleo de coco também pode ser utilizado para melhorar a digestibilidade do sebo, pois fornece ácido graxo de cadeia curta (Roy, 1972). Outra alternativa seria o uso da gordura suína, que apresenta em sua composição os ácidos graxos oleico (42%), palmítico (28%), esteárico (15%), linoleico (9%), palmitoleico (3%), linolênico (2%) e mirístico (1%) (Byers e Schelling, 1993).

Tabela 3. Concentração de nutrientes recomendada nos sucedâneos de leite

Nutriente	Concentração
Energia metabolizável (mcal/kg)	4,47 a 4,95
NDT (%) da matéria seca	95,0
Proteína bruta (%)	18,0 a 22,0
Extrato etéreo (lipídios) mínimo (%)	10,0 a 20,0
Cálcio (%)	1,00
Fósforo (%)	0,70
Magnésio (%)	0,07
Potássio (%)	0,65
Sódio (%)	0,40
Cloro (%)	0,25
Enxofre (%)	0,29
Ferro (PPM) (ou mg/kg)	100,0
Cobalto (PPM)	0,11
Cobre (PPM)	10,0
Manganês (PPM)	40,0
Zinco (PPM)	40,0
Iodo (PPM)	0,50
Selênio (PPM)	0,30
Vitamina A (UI/kg)	9,000
Vitamina D (UI/kg)	600,0
Vitamina E (UI/kg)	50,0

Fonte: NRC (2001).

A incorporação de gordura ao sucedâneo do leite deve ser feita de modo que as partículas de gordura não ultrapassem 3 a 4 μ de diâmetro no sucedâneo reconstituído, sob pena de provocar distúrbios digestivos (diarreias) e alopecia durante as primeiras três semanas de vida. A alopecia, caracterizada pela queda de pelos nas orelhas e no pescoço e, posteriormente, na perna e nas extremidades posteriores, pode ocorrer quando a dieta contém gordura mal-homogeneizada ou óleos de algodão, de soja ou de milho (Roy, 1972).

O sucedâneo do leite pode ser incorporado à dieta de bezerros a partir de quatro dias de idade, desde que seja composto por fonte proteica de excelente qualidade. A recomendação mais comum, no entanto, é que se forneçam quantidades gradualmente maiores a partir do oitavo dia de vida, numa proporção de 10 a 14% do seu peso ao nascimento.

6 - DESENVOLVIMENTO DO RÚMEN

Ao nascimento, o estômago dos bezerros contém os mesmos compartimentos de um animal adulto, no entanto o retículo e o rúmen não estão física e metabolicamente completamente desenvolvidos. No neonato, o rúmen não apresenta o alto grau de queratinização, como nos animais adultos, e o abomaso constitui o compartimento funcional ativamente envolvido na digestão. Com o início do consumo de alimentos sólidos, e conseqüente estabelecimento da fermentação, o rúmen desenvolve-se física e metabolicamente e passa a ter função importante para o animal (Brownlee, 1956; Anderson et al., 1987a; Coelho, 1999; Baldwin et al., 2004).

Os compartimentos do estômago crescem proporcionalmente ao crescimento do animal. Até duas semanas de idade, os bezerros se comportam como animais monogástricos, com estômago simples. O abomaso possui 60% da capacidade do estômago, o retículo e o rúmen 30% e o omaso 10%. Por volta da quarta semana de vida, o retículo e o rúmen representam 58%, o omaso 12% e o abomaso 30% da capacidade estomacal. Na 12^a semana de idade, o retículo-rúmen possui mais de 2/3 da capacidade dos estômagos, o omaso 10% e o abomaso somente 20%. À medida que os estômagos se desenvolvem, o bezerro torna-se ruminante (Church, 1998).

Durante muito tempo, pensou-se que, para desenvolver o retículo-rúmen, era necessário o fornecimento de alimentos que provocassem atrito no retículo-rúmen. No entanto, o estímulo primário para o desenvolvimento do epitélio é químico, observando-se que os ácidos graxos voláteis (AGV), particularmente o ácido butírico e o propiônico, são responsáveis pelo desenvolvimento epitelial (papilas). As papilas são projeções do epitélio que aumentam a superfície do rúmen e a área de absorção de nutrientes. Os AGV são produtos da fermentação, pela microbiota do rúmen, de carboidratos e de frações de proteínas das dietas, e seu efeito sobre o desenvolvimento do epitélio é, em parte, atribuído à intensa metabolização durante a absorção, fornecendo energia para o crescimento do tecido epitelial e para a contração muscular (Coelho, 1999; Baldwin et al., 2004)

Bezerros neonatos alimentados apenas com leite durante os primeiros meses de vida apresentam limitado desenvolvimento do epitélio do rúmen (papilas), do tamanho e do desenvolvimento muscular. A ausência de substrato para fermentação no rúmen dificulta o estabelecimento da população microbiana e atrasa o desenvolvimento do rúmen (Tamate et al., 1962).

Desta forma, para promover o desenvolvimento do retículo-rúmen e permitir o desaleitamento precoce, é essencial o consumo precoce de dieta que estimule o desenvolvimento do epitélio (aumento da área de absorção) e da motilidade.

A movimentação do rúmen provoca a inoculação da digesta com microrganismos, o contato dos AGV e da amônia com o epitélio, para absorção, a ruminação, a salivação, a eructação, a passagem da digesta a outros compartimentos do estômago, o desenvolvimento da musculatura e do tamanho do rúmen e a manutenção da saúde do tecido epitelial.

O estímulo mecânico sobre as paredes do retículo-rúmen (efeito físico) é necessário para promover a movimentação do rúmen, o desenvolvimento das camadas musculares, o aumento do volume do rúmen e a manutenção da saúde do epitélio. Desse modo, para o perfeito equilíbrio e desenvolvimento do retículo-rúmen, é necessária uma dieta que forneça substrato para produção de AGV (efeito químico, principalmente produção de butirato e propionato) e mantenha a movimentação (efeito físico) do retículo-rúmen (Anderson et al., 1987a; Coelho, 1999; Coverdale et al., 2004.; Lesmeister e Heinrichs, 2004).

Para fermentar os substratos (grãos e volumosos), a microbiota precisa permanecer em um ambiente aquoso, pois, sem água suficiente, os microrganismos não crescem e o desenvolvimento ruminal é atrasado. Grande parte da água que entra no rúmen é proveniente da água ingerida. Desta forma, para o desenvolvimento precoce do retículo-rúmen, os bezerros devem ter acesso à água limpa e fresca desde o nascimento, pois o consumo de água aumenta o consumo de matéria seca e o ganho de peso, ocorrendo diminuição de 31% no consumo de matéria seca e de 38% no ganho de peso quando água não é oferecida aos bezerros (Anderson et al., 1987b; Kertz et al., 1984).

Assim, para o desenvolvimento do retículo-rúmen, algumas condições são necessárias: o estabelecimento da microbiota, a presença de líquido no retículo-rúmen, a presença de substrato, a movimentação para mistura do conteúdo destes órgãos e a capacidade de absorção pelos tecidos (desenvolvimento do epitélio).

Dos 30 aos 60 dias de idade, os bezerros passam por um grande desafio, que é a manutenção de um pH adequado no rúmen. A ingestão de alimentos sólidos, principalmente concentrados (os bezerros têm grande preferência por estes alimentos, em detrimento dos volumosos), atinge quantidades significativas entre a quarta e a oitava semana de vida (Tabela 4). A intensa fermentação e a produção de AGV resultam em redução do pH ruminal. Além disso, os concentrados normalmente utilizados para bezerros são fornecidos na forma farelada, que não provoca estímulo físico sobre o retículo-rúmen para a movimentação e a ruminação (salivação, tamponamento), ou na forma peletizada, que não proporciona estímulos físicos, pois os alimentos são facilmente quebrados na boca do animal (Anderson et al., 1987a; Coelho, 1999; Lesmeister e Heinrichs, 2004).

A redução dos estímulos de movimentação do retículo-rúmen provoca diminuição na taxa de absorção dos AGV, como resultado da redução na concentração de AGV próximos às papilas ruminais, causada pelo acúmulo de concentrados entre as papilas e/ou pela menor exposição do conteúdo do rúmen às papilas e, ainda, pela menor saída da digesta e dos AGV do rúmen para absorção no omaso e no abomaso. Esses fatores aumentam a susceptibilidade do animal à acidose, provocando também redução na disponibilidade de nutrientes para o animal (Anderson et al., 1987a; Coelho, 1999).

A intensa produção de ácidos pela fermentação e a ausência de estímulos físicos para a movimentação do retículo-rúmen e a ruminação promovem ambiente favorável à acidose ruminal. As variações diárias no consumo de matéria seca observadas nesta fase estão relacionadas aos efeitos da dieta na fermentação ruminal especialmente sobre o pH do conteúdo ruminal. O controle da taxa de fermentação e da capacidade de tamponamento, por meio da manipulação da dieta, é necessário para a saúde do rúmen e a obtenção de altos e uniformes consumos de alimentos sólidos (Anderson et al., 1987a; Coelho, 1999).

A forma física da dieta, em particular o tamanho das partículas, influencia o consumo de alimentos, o ganho de peso e a saúde dos bezerros (Tabela 5). Quando se trata da saúde do rúmen de bezerros até a oitava semana de idade, o tamanho das partículas é mais importante que o teor de fibra da dieta.

Assim, o concentrado oferecido aos bezerros precisa ter alta granulometria ou textura grosseira para provocar a movimentação do retículo-rúmen, a ruminação, a salivação e a manutenção de pH adequado.

Tabela 4. Médias do consumo semanal de matéria seca do concentrado e feno, consumo de água, ganho de peso diário e erro-padrão, de bezerros desaleitados aos 30 dias de idade e alimentados com concentrado e feno.

Semanas	Consumo			Ganho de peso (kg)
	Concentrado (kg)	Feno (kg)	Água (litros)	
1	0,447±0,64	0,043±0,09	6,502±3,01	0,299±0,15
2	0,334±0,38	0,121±0,05	6,374±1,67	0,211±0,05
3	0,723±0,38	0,198±0,05	8,000±1,61	0,210±0,05
4	1,558±0,38	0,271±0,05	9,203±1,61	0,235±0,05
5	3,129±0,38	0,236±0,05	12,784±1,61	0,334±0,06
6	6,548±0,48	0,245±0,06	19,666±2,05	0,564±0,06
7	7,237±0,48	0,190±0,06	22,501±2,52	0,823±0,06
8	8,897±0,48	0,316±0,06	24,755±2,52	0,821±0,06
9	8,497±0,48	0,424±0,06	18,864±2,52	0,807±0,06
10	11,819±0,69	0,336±0,09	28,463±2,93	0,847±0,09
11	13,583±0,69	0,470±0,09	41,379±2,93	1,023±0,09
12	16,077±0,69	0,669±0,09	52,464±2,93	1,029±0,09b
13	14,517±0,69	0,607±0,09	44,789±2,93	0,842±0,09

Fonte: Adaptado de Coelho (1999).

Um bom concentrado para bezerros deve ser palatável; deve ter níveis adequados de proteína 18% (sem ureia); nível de energia de 80% de NDT; valores de FDA <6% e >20% devem ser evitados; valores de FDN utilizados de 15 a 25% (valores maiores podem ser utilizados quando a fonte de FDN vem de casca de soja, polpa de beterraba, caroço de algodão ou aveia); deve ser constituído de alimentos de boa qualidade, como milho, farelo de soja, farelo de algodão, leite em pó etc.; deve ter textura grosseira e deve ainda apresentar níveis de vitaminas e minerais recomendados pelo NRC (2001).

7 - DESALEITAMENTO

Os custos de criação diminuem significativamente quando se faz o desaleitamento do bezerro. O leite ou o sucedâneo são frequentemente mais caros que o concentrado ou o feno, e os gastos com mão de obra também são maiores quando os bezerros recebem dieta líquida. O desaleitamento geralmente é realizado com base na idade do animal (mais comum aos 60 dias), quando o bezerro está ingerindo, por três dias consecutivos, 700g de concentrado ou quando atinge 90 a 100kg de peso vivo.

Tabela 5. Efeito da forma física da dieta sobre o consumo de alimentos, o ganho de peso até a oitava semana de vida (kg/dia) e a idade de início da ruminação (semanas) de bezerros desaleitados aos 28 dias de idade.

Propriedades físico-químicas da dieta	Forma física da dieta	
	Finamente moída	Grosseira
FDN (%)	23,60	23,00
FDA (%)	12,10	11,10
Tamanho de partícula (% >1190 μ m)	25,30	86,60
Bezerros		
Consumo (kg)	0,85	1,09
Ganho de peso (kg)	0,32	0,41
Início da ruminação (dias)	6,00	3,70

Adaptado de Davis e Drackley (1998).

Entretanto, deve-se ressaltar que o desaleitamento causa redução no consumo de matéria seca e estresse. O déficit de energia e proteína pode causar balanço energético negativo se o consumo de concentrado não aumentar rapidamente. Além disso, a dieta líquida é uma experiência prazerosa para o bezerro, e o fim desta experiência ocasiona estresse no bezerro. A passagem do tratamento individual para o manejo em grupo e as mudanças na dieta (oferecimento de outro concentrado e/ou feno) também provocam estresse nos bezerros. Desta forma, deve-se sempre, ao desaleitar os bezerros, criar boas condições sanitárias e aumentar a observação dos bezerros para minimizar o surgimento de doenças e/ou detectar precocemente as doenças.

Após o desaleitamento, os bezerros devem ser mantidos onde estavam sendo criados por pelo menos 10 dias, para minimizar o estresse provocado pelo desaleitamento e pelo aumento do consumo de alimentos sólidos. Para reduzir o estresse ocasionado pela mudança da vida individualizada para a coletiva, os animais devem sempre ser desaleitados em grupo e introduzidos juntos em um novo lote.

7.1 - Alimentação após o desaleitamento

Primeiro lote coletivo (transição) — o período após o desaleitamento é o mais estressante para os bezerros, pois nele ocorre a segunda maior incidência de doenças, sendo necessário grande cuidado nutricional e sanitário. O número de

bezerros neste lote não deve exceder a oito. O tempo de permanência dos animais neste lote deve ser de 30 a 60 dias. Na alimentação, inicia-se o uso de volumosos, incluindo feno de alta qualidade, gramíneas verdes com alto teor de proteína e energia, silagem de milho ou sorgo e cana-de-açúcar (esta última deve ser dada no menor tamanho possível). O concentrado deve ser o mesmo fornecido no bezerreiro (avaliar a necessidade de utilizar concentrados com coccidiostáticos). Os animais devem ter livre acesso ao concentrado, ao sal mineralizado e à água limpa e fresca. O espaço de cocho deve ser de 30cm/animal, e a área de sombra de 1m²/animal.

Nas fazendas onde os bezerros vão receber dieta total, é necessário fazer a adaptação dos animais a esta nova forma de oferecimento dos alimentos. Na primeira semana de adaptação, recomenda-se colocar dieta total à vontade na metade do cocho e concentrado à vontade na outra metade do cocho. Na segunda semana: dieta total à vontade na metade do cocho e 3kg de concentrado na outra metade do cocho. A partir daí, a cada semana, a quantidade de concentrado deve ser reduzida em 1kg de concentrado/semana, e a dieta total deve continuar à vontade. Na quinta semana, deve ser oferecida apenas dieta total.

Segundo lote coletivo – o concentrado oferecido aos bezerros começa agora a mudar. Deve-se oferecer 1kg do concentrado oferecido na fase anterior e 1kg de concentrado para novilhas. Neste lote, o número de bezerros deve ser de, no máximo, 15 animais. Os animais devem ter livre acesso ao volumoso, ao sal mineralizado e à água limpa e fresca. Nesse lote, o tempo de permanência é de 60 dias. O espaço de cocho deve ser de 30 cm/animal, e a área de sombra de 1m²/animal (Donovan, 1992).

Terceiro lote coletivo – manter o uso de concentrado para novilhas, pelo menos 2kg/animal/dia e de volumosos de alta qualidade. Se possível, deve ser mantido o mesmo número de animais do lote anterior. Os animais devem ter livre acesso ao volumoso, ao sal mineralizado e à água limpa e fresca. Nesse lote, o tempo de permanência pode ser maior que 60 dias. O espaço de cocho deve ser de 40cm/animal, e a área de sombra de 1,5m²/animal (Donovan, 1992).

8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A saúde, o crescimento e a produtividade dependem das práticas de nutrição e manejo. Cada bezerra que nasce representa uma oportunidade de melhoramento genético e expansão do rebanho. Desta forma, o crescimento deve ser otimizado, e os problemas de saúde minimizados para que estes objetivos sejam alcançados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, K.L.; NAGARAJA, T.G.; MORRIL, J.L. Ruminant metabolic development in calves weaned conventionally or early. *J. Dairy Sci.*; v.70, 1000-1005, 1987a.

- ANDERSON, K.L.; NAGARAJA, T.G.; MORRIL, J.L. et al. Ruminant microbial development in conventionally or early weaned calves. *J. Dairy Sci.*, v.64, p.1215-1226, 1987b.
- BALDWIN, R.L.; McLEOD, K.R.; KLOTZ, J.L. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *J. Dairy Sci.*, v.87, suppl E, p.E55-E65, 2004.
- BLOME, R.M.; DRACKLEY, J.K.; McKEITH, F.K. et al. Growth, nutrient, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein. *J. Anim. Sci.*; v.81, p.1641-1655, 2003.
- BLUM, J.W.; HAMMON, H. Colostrum effects on the gastrointestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. *Livest. Prod. Sci.*, v.66, p.151-159, 2000.
- BROWNLEE, A. The development of rumen papillae in cattle fed on different diets. *Br. Vet. J.*, v.112, p.369-375, 1956.
- BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. Los lipidos en la nutrición de los rumiantes. In: CHURCH, D.C. (Ed.). *El ruminante fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza: Acribia, 1993. p.339-356.
- CHURCH, D.C. *The ruminant: animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1998. 564p.
- COELHO, S.G. *Ganho de peso e desenvolvimento do estômago de bezerros desaleitados aos trinta dias de idade e alimentados com concentrado e com ou sem feno*. 1999. 123f. Tese (Doutorado em Nutrição Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.
- COVERDALE, J.A.; TYLER, H.D.; QUIGLEY, J.D. III et al. Effect of various levels of forage and form of diet on rumen development and growth in calves. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.2554-2562, 2004.
- CUNNINGHAM, J.G. *Tratado de fisiología veterinária*. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 579p.
- DAVIS, C.L.; DRACKLEY, J.K. *The development, nutrition, and management of young calf*. Ames, IA: Iowa State University, 1998. 339p.
- DIAZ, M.C.; VAN AMBURGH, M.E.; SMITH, J.M. et al., Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105 kilogram body weight. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.830-842, 2001.

DONOVAN, G.A. Management of cow and newborn calf at calving. In: VAN HORN, H.H.; AND WILCOX, C.J. (Ed.). *Large dairy herd management*. Champaign, IL: American Dairy Science Association, 1992. p.393-400.

DRACKLEY, J.K. Calf nutrition from birth to breeding. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim.*, v.24, p.55-86, 2008.

DRACKLEY, J.K. Does early growth affect subsequent health and performance of heifers? *Adv. Dairy Technol.*, v.17, p.189-205, 2005.

FOLEY, J.A.; OTTERBY, D.E. Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum: A review. *J. Dairy Sci.*, v.61, p.1033-1060, 1978.

GENTILE, A.; SCONZA, S.; LORENZ, I. et al. D-lactic acidosis in calves as a consequence of experimentally induced ruminal acidosis. *J. Vet. Med.*, v.51, 64-70, 2004.

JASPER, J.; WEARY, D.M. Effects of ad libitum intake on dairy calves. *J. Dairy Sci.*, v. 85, p.3054-3058, 2002.

JASTER, E.H.; MCCOY, G.C.; SPANSKI, N. Effect of extra energy as fat or milk replacer solids in diets of young dairy calves on growth during cold weather. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.2524-2531, 1992.

KERTZ, A.F.; REUTZEL, L.F.; MOHONEY, J.H. Ad libitum water intake by neonatal calves and its relationship with calf starter intake, weight gain, feces score an season. *J. Dairy Sci.*, v.67, p.2964-2969, 1984.

KHOURI, R.H.; PICKERING, F.S. Nutrition of the milk fed calf I. Performance of calves on different levels of whole milk relative to body weight. *N. Z. J. Agric. Res.*, v.11, p.227-236, 1968.

LESMEISTER, L.E.; HEINRICHS, A.J. Effects of corn processing on growth characteristics, rumen development, and rumen parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.3439-3450, 2004.

LORENZ, I. Influence of D- lactate on metabolic acidosis and on prognosis in neonatal calves with diarrhea. *J. Vet. Med. A.*, v.51, p.425-428, 2004.

MAUNSELL, F.; DONOVAN, A.G. Biosecurity and risk Management for dairy replacements. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim Pract.*, v.24, 155-190, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 1989. 157p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

OKAMOTO, M.; ROBINSON, J.B.; CHRISTOPHERSON, R.J. et al. Summit metabolism of newborn calves with and without colostrum feeding. *Can. J. Anim. Sci.*, v.66, p.937-944, 1986.

ORSKOV, E.R. Reflex closure of the oesophageal groove and its potential application in ruminant nutrition. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, v.2, p.169-176, 1972.

QUIGLEY, J.D. III; DREWRY, J.J. Symposium: Practical considerations of transition cow and calf management. Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre-and postcalving. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2779-2790, 1998.

ROY, J.H.B. *El ternero nutricion y patologia*. Zaragoza: Acribia, 1972. v.2.

ROY, J.H.B. *The calf*. 3 ed. London: Life Boods, 1970. v.1.

TAMATE, H.; MCGILLIARD, A.D.; JACOBSON, N.L. et al. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J. Dairy Sci.*, v.45, p.408-420, 1962.

VAN AMBURGH, M.E. Calf growth and development: New requirements and implications for future performance. In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGE. CONFERENCE, 2003, Tucson. *Proceedings...* Tucson, AZ: The University of Arizona, 2003. p.1-13.

WOODWARD, D.B. Protein, calories, and immune defenses. *Nutr. Rev.*, v.56, p.84-92, 1998

CAPÍTULO 4

ALIMENTAÇÃO DA NOVILHA LEITEIRA

*Breno Mourão de Sousa*¹

RESUMO

Este capítulo discutirá as necessidades nutricionais de bovinos leiteiros em crescimento, para fins de reposição de plantéis de vacas adultas. Serão abordados elementos e conceitos nutricionais específicos para essa categoria animal, com ênfase em técnicas práticas e teóricas de balanceamento de dietas para novilhas em diferentes fases de criação. Ao mesmo tempo, ferramentas para diagnosticar o desempenho animal serão apresentadas, a fim de subsidiar rápida e segura intervenção para resolver problemas nutricionais dessa categoria animal.

INTRODUÇÃO

Quando a bezerra leiteira é desaleitada, a maioria dos problemas sanitários termina. A partir de então, é necessário decidir a taxa de crescimento ideal (intensidade do ganho: gramas de peso vivo diário, altura etc.) e a melhor e mais econômica fonte alimentar de energia, proteína, minerais e vitaminas para satisfazer a categoria animal que se segue, as novilhas de reposição.

A eficiência econômica na atividade leiteira está se tornando a maior preocupação de empresários rurais, e gastos com a recria de novilhas podem ser reduzidos com sucesso. De acordo com dados italianos (Pirlo et al., 1997), a criação desta categoria animal representa 20% dos gastos totais com a produção de leite. A principal estratégia para baixar estes custos é reduzir o período de criação (idade ao primeiro parto entre 22,5 e 23,5 meses), mas sem deixar de levar em consideração o potencial genético desses animais, visando amortizar o investimento em pelo menos duas ou até três lactações. A criação econômica de um grande número de novilhas de reposição, em rebanhos que tenham uma boa eficiência reprodutiva, permite ao produtor (Wattiaux, 1996): maximizar o ganho genético dentro do rebanho; substituir vacas de baixa produção; expandir o rebanho sem necessidade de compra de outros animais; vender as novilhas excedentes.

¹ Médico Veterinário, DSc., Prof. Adjunto FEAD, Rua Cláudio Manoel, 1162, CEP 30140-100, Belo Horizonte, MG. sousabm@yahoo.com.br

Comparadas com bezerras e vacas de alta produção, novilhas são relativamente fáceis de serem alimentadas. Talvez este seja o motivo pelo qual essa categoria animal tenha práticas de manejo alimentar tão negligenciadas. Embora as exigências nutricionais de novilhas sejam menores, o total de alimentos exigidos representa substancial porcentagem do total de alimentos da fazenda. Além do mais, os custos para recria de novilhas leiteiras não são calculados exclusivamente sobre os gastos com alimentação e com mão de obra. Outros pontos importantes para serem computados nesses custos são: preço dos alimentos (volumoso, concentrado e suplemento); qualidade dos alimentos volumosos; idade ao primeiro parto; taxa de mortalidade na categoria (0 a 1, 1 a 2 e 2 a 3 anos) e taxa ou percentual de seleção.

Apesar de toda essa facilidade de alimentar novilhas leiteiras, profissionais das áreas agrárias devem traçar metas claras e definidas, juntamente com seus clientes, a fim de estabelecer programa alimentar compatível com o ganho de peso esperado das novilhas em recria. Evidente que o programa passa pelo maior ganho de peso possível, ao mesmo tempo que pelo menor custo, mas há formas simples e eficientes de acessar o sucesso de um programa de recria. Uma delas se baseia no custo por ganho de peso expresso em quilograma (R\$/kg/ganho), ou seja, calcula-se o custo diário da novilha (R\$/dia) e divide-se pelo ganho diário de peso em quilograma (kg/dia). Trata-se de uma forma simples e fácil para estabelecer relação de comparação entre empresas rurais produtoras de leite.

1 - NUTRIÇÃO APLICADA À RECRIA DE NOVILHAS

Práticas alimentares de animais leiteiros são dependentes da satisfação das exigências nutricionais para funções produtivas e otimização da lucratividade. Isso requer informações de exigências específicas para cada função produtiva, consumo de alimentos e a contribuição de cada alimento em satisfazer essas necessidades nutricionais. Por definição, exigências nutricionais constituem a concentração mínima de nutrientes necessários para se evitar sintomas clássicos de deficiência (Noller e Moe, 1995). Segundo McBride et al. (1998), a exigência do corpo animal representaria a soma dos nutrientes utilizados por tecido.

1.1 - Introdução sobre as exigências nutricionais

A primeira consideração em qualquer programa de alimentação de bovinos de leite é determinar as necessidades corporais de manutenção, crescimento, gestação ou reprodução e produção de leite (Ensminger e Olentine, 1978). Para novilhas em recria, as exigências diárias em energia, proteína e minerais/vitaminas são baseadas nas determinações de manutenção e ganho de peso. Para esse fim, vários conceitos importantes em nutrição de animais ruminantes, com foco em novilhas em crescimento, serão abordados a seguir.

1.1.1 - Composição corporal de bovinos

Partindo de uma abordagem essencialmente teórica, Araújo et al. (1998a) mencionaram que a estimativa da composição corporal é necessária para se determinar o conteúdo de energia do corpo vazio (corpo desprovido de conteúdo gastrointestinal) de bovinos em crescimento, sendo adotada para estas estimativas a técnica de abate comparativo (mais recentemente, os métodos respirométricos – câmaras metabólicas). Em um ensaio com bezerros mestiços abatidos entre 60 a 300kg de peso vivo (PV), em dietas com diferentes concentrações de volumosos (10, 25, 40, 55 e 90% da dieta total), os autores verificaram que a quantidade de gordura no ganho de peso aumentou à proporção que se elevou o peso vivo do animal, para todas as concentrações de volumoso.

À medida que o peso vivo do animal se eleva, ocorrem mudanças nas composições corporais de proteína, gordura e minerais (Fontes, 1995). Este autor, em experimentos conduzidos com machos castrados e não castrados, verificou que o aumento do peso vivo de bovinos foi acompanhado de decréscimo do conteúdo corporal de proteína e de alguns elementos minerais por unidade de peso corporal vazio (kg/kg PCVZ) e por unidade de ganho de peso corporal vazio (GPCVZ). Por outro lado, houve um aumento na concentração de gordura e de energia no PCVZ e no GPCVZ. Para o autor, essas observações ocorreram em consequência da desaceleração do crescimento muscular, que pode ser constatada pelo menor ganho de proteína por ganho de peso corporal vazio à medida que o peso do animal se eleva, concomitantemente com o maior desenvolvimento do tecido adiposo, que também provocou redução da proporção de ossos na carcaça, com conseqüente redução nas concentrações de minerais na carcaça. Tais achados para proteína e gordura (conteúdo e conteúdo do ganho no PCVZ) já eram citados pelo Agricultural Research Council - ARC (1980).

O ARC (1980) acredita que esses conteúdos sejam influenciados pelo tamanho das raças bovinas (Figura 1). Raças de pequeno porte têm menos proteína e mais gordura/energia por unidade de PCVZ, enquanto raças de grande porte apresentariam mais proteína e menos gordura/energia por unidade de PCVZ.

Todos esses conceitos iniciais são importantes para saber como proceder, nutricionalmente, durante o balanceamento de dietas para novilhas leiteiras, uma vez que, em função da idade e do peso vivo do animal, a relação entre proteína/energia na dieta pode assumir diferentes valores.

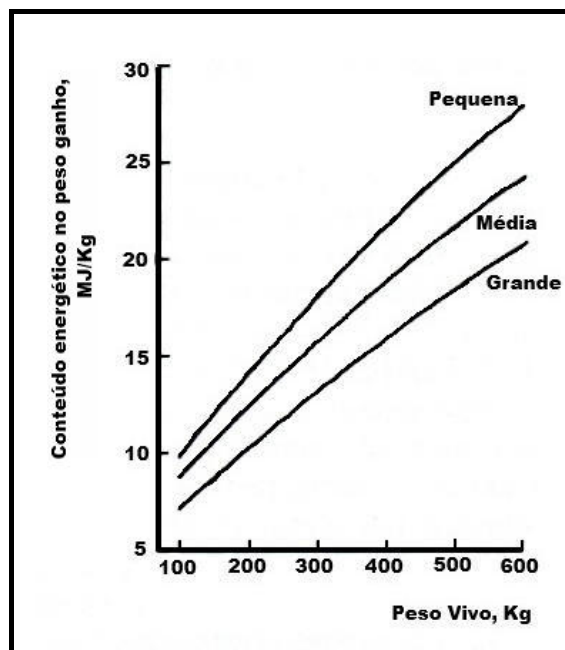


Figura 1. Efeito do peso vivo e da raça sobre o conteúdo energético do ganho de peso em bovinos.

Fonte: Adaptado de McDonald et al. (1993).

1.1.2 – Energia

Segundo o ARC (1980), os componentes do total de energia exigida por um animal são: perdas de energia pelo corpo durante o jejum (compreendendo o calor produzido e a energia perdida na urina durante este jejum); energia gasta no trabalho muscular; energia requerida para a formação de tecidos para o crescimento, a engorda e a gestação; energia perdida pelo corpo nas secreções, como o leite. Noller e Moe (1995) mencionaram que as exigências de energia são afetadas pelo genótipo, velocidade de crescimento, ambiente, saúde e outros fatores fisiológicos.

A energia dos alimentos é responsável por satisfazer a energia despendida pelos animais e promover a síntese de constituintes corporais orgânicos e secreções (ARC, 1980) e das reações fisiológicas e bioquímicas (Miller, 1979). Em animais jovens, insuficiente suprimento de energia provoca retardo no crescimento e, porque a puberdade depende do peso vivo, atraso no início dessa fase (National Research Council - NRC, 1989). Araújo et al. (1998a) mencionaram que este retardo no crescimento animal afeta principalmente a taxa de desenvolvimento dos tecidos gordurosos e da deposição de gordura.

Como visto, a composição corporal varia em função do peso vivo ou do peso corporal vazio (PCVZ) do animal e, conseqüentemente, das exigências energéticas para o ganho (Miller, 1979; ARC, 1980; Fontes, 1995). Para animais com ganho líquido de tecido, o ARC (1980) preocupou-se em separar a energia gasta para a síntese de proteína daquela para a síntese de gordura, principais nutrientes do tecido ganho.

Estudos a esse respeito mostraram que, em ruminantes jovens, a deposição de gordura teve eficiência da ordem de 0,70, enquanto a eficiência para a deposição de proteína foi de 0,40. O sistema revelou que a alta eficiência na deposição de gordura está de acordo com cálculos bioquímicos, uma vez que a taxa de reciclagem de gordura é bem menor que a de proteína. Em outras palavras, a eficiência com que o animal utiliza a energia dietética é maior para a deposição de gordura que para a deposição de proteína, sendo, na prática, um conceito fácil de ser entendido: é mais fácil, energeticamente, engordar uma novilha que a fazer crescer.

Para o NRC (1989), a utilização da energia por bovinos leiteiros se apoia na extensão da fermentação dos alimentos pela microbiota retículo-ruminal. A extensão e o tipo de fermentação determinam a natureza e a quantidade dos vários metabólitos que são absorvidos no trato gastrointestinal (TGI). No entanto, nem toda energia contida no alimento é totalmente aproveitada pelo ruminante. Segundo Nunes (1995), a quantidade de energia do alimento disponível para o animal pode ser estimada pelo diagrama da Figura 2, que ilustra a partição da energia no organismo do animal ruminante.

Seguindo este modelo de partição de energia no organismo animal, os sistemas de predição das exigências energéticas para ruminantes adotaram diferentes modelos para expressar tanto as exigências nutricionais quanto a concentração energética dos alimentos, os chamados sistemas energéticos dos alimentos (Vermorel e Coulon, 1998).

O ARC (1980) utilizou, para expressar as exigências energéticas de ruminantes, o termo energia metabolizável (EM) com unidade em megajoules/dia (MJ/d). O termo joule (J) pode ser convertido para calorias (cal) mediante a aplicação das expressões:

$$\begin{aligned}1 \text{ cal} &= 4,184 \text{ J} \\1 \text{ Kcal} &= 4,184 \text{ KJ} \text{ (K = quilo)} \\1 \text{ Mcal} &= 4,184 \text{ MJ} \text{ (M = mega)}\end{aligned}$$

O ARC (1980) e o AFRC (1993) utilizaram alguns termos para melhor predizer as exigências de EM para ruminantes. A metabolizabilidade da EB de um alimento à manutenção (q_m ou M/D) é definida como a proporção de EM na EB do alimento. Portanto, quanto maior for a proporção de EM na dieta sobre o valor da EB, menores serão as perdas energéticas desta mesma dieta pelas fezes, urina e gases (Agricultural and Food Research Council - AFRC, 1993). A q_m é importante para os cálculos dos valores de eficiência de utilização da EM, representada pela letra k. Segundo o ARC (1980), k é definido como o aumento na energia de retenção que ocorre por unidade de aumento na EM suprida, ou seja:

$$\text{Eficiência} = \Delta \text{Retenção de energia} / \Delta \text{EM},$$

sendo Δ a variação da energia.

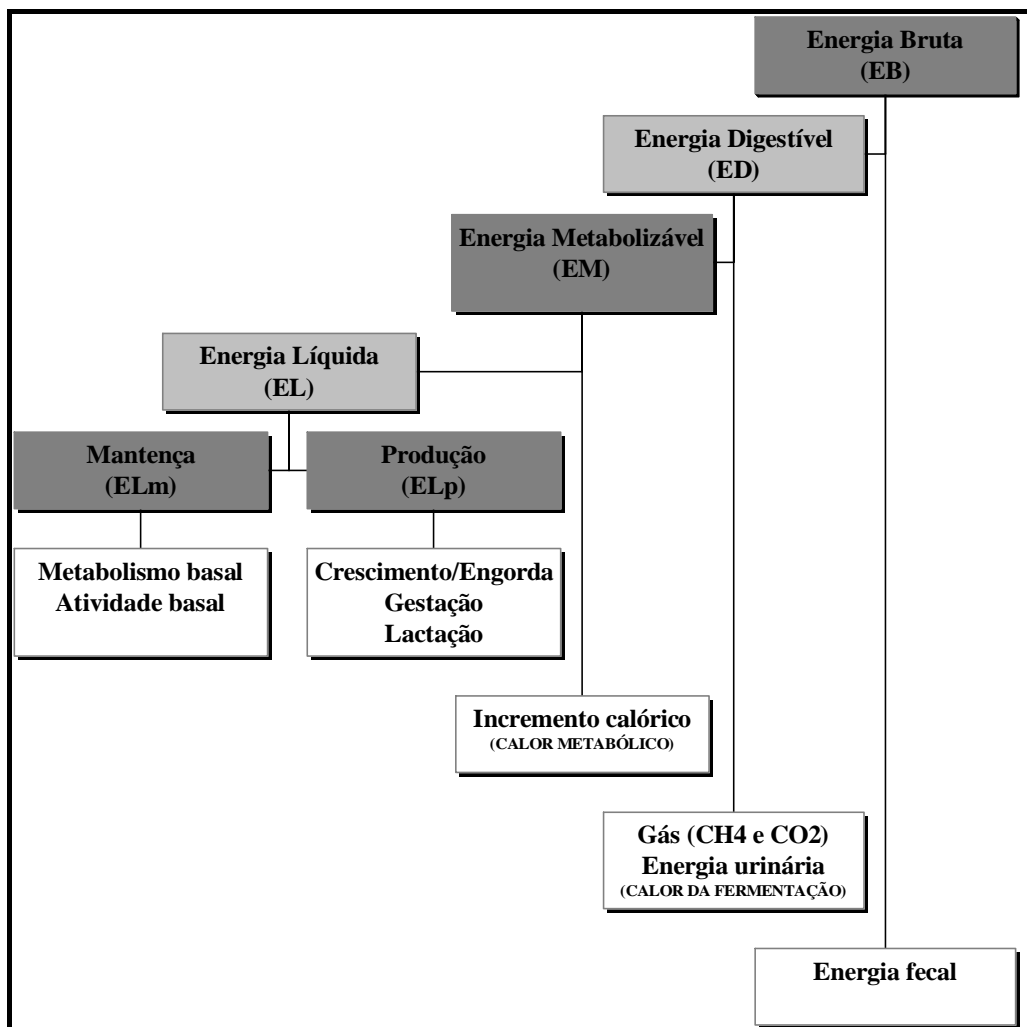


Figura 2. Partição da energia no organismo animal.

Fonte: Adaptado de ARC (1980).

Já os NRCs (1989; 2001) têm como principal unidade de expressão energética a energia líquida (EL), cuja unidade é o quilo ou megacalorias/dia (Kcal/dia ou Mcal/dia). O sistema fez citações para o uso de outras unidades de energia, tais como a energia digestível (ED, em Mcal/dia) e a energia metabolizável (EM, em Mcal/dia). No entanto, os nutrientes digestíveis totais (NDT, como % da MS) ainda são muito utilizados para descrever tanto a concentração quanto a exigência em energia pelo animal.

1.1.3 – Proteína

As proteínas constituem mais da metade do peso seco de muitos organismos, podendo assumir diversas funções no corpo do animal: hormonal, enzimática, transferência de informações genéticas, transporte de substâncias no sangue, contração muscular, estrutural, defesa, entre outras. Aparentemente, não é possível o armazenamento da proteína excedente da dieta como forma de satisfazer futuras exigências. Ao serem atendidas as necessidades de proteína para manutenção e

crescimento, o excesso dela é utilizado como fonte de energia (Araújo et al., 1998a). Portanto, deve-se chamar atenção para as concentrações dietéticas de proteína na alimentação de novilhas, uma vez que o excedente proteico causa engorda excessiva e perdas econômicas desnecessárias.

A absorção de aminoácidos essenciais provenientes da digestão de proteínas é vital para a manutenção, a reprodução, o crescimento e a lactação (NRC, 1989). Esses aminoácidos essenciais são originados ou da proteína dietética que escapa da fermentação ruminal (proteína não degradada no rúmen – PNDR) ou da proteína microbiana produzida durante esse mesmo processo (proteína degradada no rúmen – PDR) (Van Soest, 1994; NRC, 2001). A proteína dietética é atacada pelos microrganismos retículo-ruminais, e os produtos nitrogenados dessa degradação incluem peptídeos, aminoácidos e finalmente amônia (NH_3), sendo essa última utilizada para a síntese de proteína microbiana. A quantidade de proteína microbiana sintetizada é dependente da quantidade e da velocidade de disponibilidade de energia no retículo-rúmen (quantidade e qualidade do alimento oferecido), desde que as exigências de enxofre (S), de fósforo (P) e de outros micronutrientes (magnésio – Mg^{++} , cobre – Cu^{++} e cálcio – Ca^{++}) sejam atendidos (ARC, 1980; Vázquez-Añón, 1997).

Segundo Vázquez-Añón (1997), a proteína microbiana é uma fonte proteica de alta qualidade, por sua elevada digestibilidade (80%) e por ser uma fonte relativamente bem balanceada em aminoácidos essenciais. Portanto, a microbiota retículo-ruminal é uma excelente fonte de proteína de alta qualidade relativa à maioria dos outros alimentos. Em complemento, a variação no perfil de aminoácidos de uma mistura de proteína microbiana que deixa o rúmen é consideravelmente menor.

Para expressar as exigências nutricionais em proteína pelo animal, foi criado o termo proteína metabolizável ou PM (g/dia ou g/kg de MS) (AFRC, 1993; NRC, 2001) para o total de proteína verdadeiramente digestível (aminoácidos), disponível para o metabolismo do animal hospedeiro depois da digestão e absorção dos alimentos no trato digestório. A PM suprida por diferentes dietas é estimada tomando-se a soma da quantidade de proteína que escapa da degradação no retículo-rúmen, bem como a soma da proteína sintetizada pela microbiota retículo-ruminal e pela digestibilidade destes componentes no intestino delgado (ARC, 1980).

1.1.4 – Minerais

Segundo Miller (1979), a distribuição dos elementos minerais pelo corpo animal é muito variada e característica de cada elemento. Em geral, de 80 a 85% do total da matéria mineral está nos tecidos esqueléticos. De acordo com Nunes (1995), os minerais encontram-se nos organismos animais nas seguintes formas: 1) sais cristalinos (solúveis ou não); 2) ionizados (Na^+ , Cl^- , PO_4^{--}); 3) não ionizados. Alguns outros podem ser encontrados em combinação com a matéria orgânica. Neste último caso, o mineral perde suas características de matéria mineral.

Para o NRC (2001), os elementos minerais são divididos em dois grupos: *macrominerais ou minerais principais*, aqueles exigidos em grandes quantidades (g/dia) e presentes no tecido animal em altas concentrações. Incluem cálcio, fósforo, sódio, cloro, potássio, magnésio e enxofre; *microminerais ou minerais traços*, aqueles exigidos em pequenas quantidades (mg/dia) e, geralmente, presentes no tecido animal em concentrações menores. Incluem cobalto, cobre, iodo, ferro, manganês, molibdênio, selênio e zinco.

Segundo Araújo et al. (1998b), as exigências de cálcio parecem ser superiores às de fósforo em animais jovens, tornando-se equilibradas em animais adultos. O magnésio está estreitamente associado ao cálcio e ao fósforo, tanto em sua distribuição (70% dele se encontram no esqueleto) como em seu metabolismo. Diferentes destes minerais, o sódio e o potássio aparecem nos fluidos e nos tecidos moles.

O ARC (1980) mencionou que, sob condições práticas, as exigências de sódio e cloro são totalmente suplantadas pela provisão de uma suplementação de sal comum. As ingestões de potássio são inevitavelmente excessivas. Muitos alimentos para ruminantes requerem suplementação de cálcio e fósforo, mas, devido às excessivas reservas esqueléticas, os animais normalmente se ajustam temporariamente a esses possíveis desbalanços minerais.

A influência da nutrição em aumentar a defesa de animais ruminantes jovens e em crescimento contra infecções tem sido uma área de recentes estudos. O estado nutricional do animal está diretamente relacionado com sua saúde, e a correta nutrição tem sido associada com a habilidade do animal em combater as doenças. Os estudos dos efeitos de nutrientes específicos são complicados pela diversidade de funções e complexas interações com outros nutrientes. Devido à variedade destas substâncias e suas diferenças, estudos têm demonstrado que elas produzem profundo efeito no sistema imune de muitos animais. A nutrição adequada tem recebido muita atenção, já que tem elementos essenciais na prevenção e no controle de doenças. Muitas das informações disponíveis de micronutrientes e suas propriedades imunomoduladoras são relacionadas com selênio, vitamina E, vitamina A, β -caroteno, cromo, cobre e zinco.

1.1.5 – Vitaminas

Bovinos de leite, em qualquer estágio etário e/ou fisiológico, exigem vitaminas. Felizmente, sob condições normais, os alimentos naturais fornecem a maioria das vitaminas ou de seus precursores em quantidades satisfatórias (Ensminger e Olentine, 1978). No entanto, vale ressaltar que animais de grande desempenho (ganhos de pesos maiores que 800 g/dia) necessitam suplementação.

Segundo o NRC (1989), as vitaminas são classificadas como lipossolúveis ou hidrossolúveis. *Vitaminas lipossolúveis*: bovinos leiteiros de todas as idades requerem fontes dietéticas de vitaminas A e E. Vitamina D necessita ser sintetizada pela pele dos animais (por meio de radiação ultravioleta) ou ser incluída na dieta. A microbiota

retículo-ruminal sintetiza adequadamente a vitamina K para satisfazer as necessidades da maioria dos bovinos leiteiros, com exceção de bezerras (os) jovens; *vitaminas hidrossolúveis*: acreditava-se que a microbiota retículo-ruminal fosse capaz de satisfazer as necessidades dos bovinos leiteiros de vitaminas do complexo B. Evidências recentes sugerem necessidade de suplementação de niacina e biotina sob certas condições e, possivelmente, também de colina e tiamina, em caso de bovinos leiteiros cujas necessidades não estão sendo supridas pelo alimento ou pela microbiota.

Das vitaminas conhecidas, somente as vitaminas A, D e E precisam ser suplementadas. As do complexo B e vitaminas K são sintetizadas no retículo-rúmen, enquanto a vitamina C é sintetizada nos tecidos (Ensminger e Olentine, 1978). No entanto, segundo o ARC (1980), o ruminante jovem depende da sua dieta para suprir suas necessidades de vitaminas do complexo B, visto que animais mais velhos, com o pleno funcionamento do retículo-rúmen, frequentemente recebem suprimento adequado destas vitaminas, como resultado da síntese microbiana no rúmen.

2 - EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ACORDO COM O ESTADO FISIOLÓGICO

2.1 - Exigências para manutenção

Os animais se encontram em condição de manutenção quando a composição corporal permanece constante, não havendo ganho de peso ou produção de leite (McDonald et al., 1988).

McDowell (1985), Araújo et al. (1998a) e Fox e Tylutki (1998) relataram que as exigências para manutenção podem ser definidas como a combinação dos nutrientes necessários ao animal para o seu sustento e funcionamento do corpo, sem ganho ou perda de peso ou alguma atividade produtiva. Portanto, as necessidades de manutenção correspondem às quantidades mínimas de nutrientes, determinando um balanço zero (McDonald et al., 1993).

2.1.1 - Exigências em energia

Segundo Araújo et al. (1998a), um animal adulto deve ter: calor para manter a temperatura do corpo; energia suficiente para manter em funcionamento os processos vitais do seu corpo; energia mínima para movimentação; nutrientes necessários para renovação das células e dos tecidos. Logo, para esses autores, a energia é o nutriente mais importante e necessário para a manutenção do animal.

A energia empregada pelos animais para manutenção se converte em calor e abandona o organismo animal desta mesma forma. A quantidade de calor produzido deste modo denomina-se *metabolismo basal* do animal. A produção de calor pode aumentar se o animal estiver em ambientes frios. No entanto, em virtude das dificuldades de se determinar o metabolismo basal dos ruminantes, as exigências energéticas para

manutenção passam a ser previstas a partir da determinação do *metabolismo de jejum*. Como é de se esperar, o metabolismo de jejum apresenta valores maiores para animais de maior peso vivo em relação àqueles de menor peso. Por outro lado, o metabolismo de jejum, quando considerado por unidade de peso vivo, passa a ser maior para animais de menor peso vivo. Seguindo esta teoria, o metabolismo de jejum também é maior em animais mais jovens (McDonald et al., 1993; Davis e Drackley, 1998).

Para o ARC (1980), a equação que definiria a produção de calor no metabolismo de jejum é: $J \text{ (MJ/dia)} = 0,53PV^{0,67}$, em que J corresponde ao metabolismo de jejum, em megajoule por dia, e PV ao peso vivo.

Araújo et al. (1998a) mencionaram que a exigência energética para manutenção é o metabolismo de jejum, corrigido por um fator de eficiência de utilização de energia alimentar para manutenção, acrescido de quantidade adicional de energia para o trabalho muscular (quando conveniente). O metabolismo de jejum é expresso em calorias por unidade de tamanho metabólico ($\text{Kcal/kg}^{0,75}$). De acordo com o ARC (1980), a energia metabolizável (EM) requerida para manter o equilíbrio energético em animais estabulados é simplesmente a soma do calor produzido durante o jejum e da energia da urina perdida, dividida pela eficiência de utilização da EM para manutenção (k_m). Conforme Davis e Drackley (1998), é a partir do metabolismo de jejum que se chega às exigências energéticas para manutenção de bovinos leiteiros jovens (Figura 3).

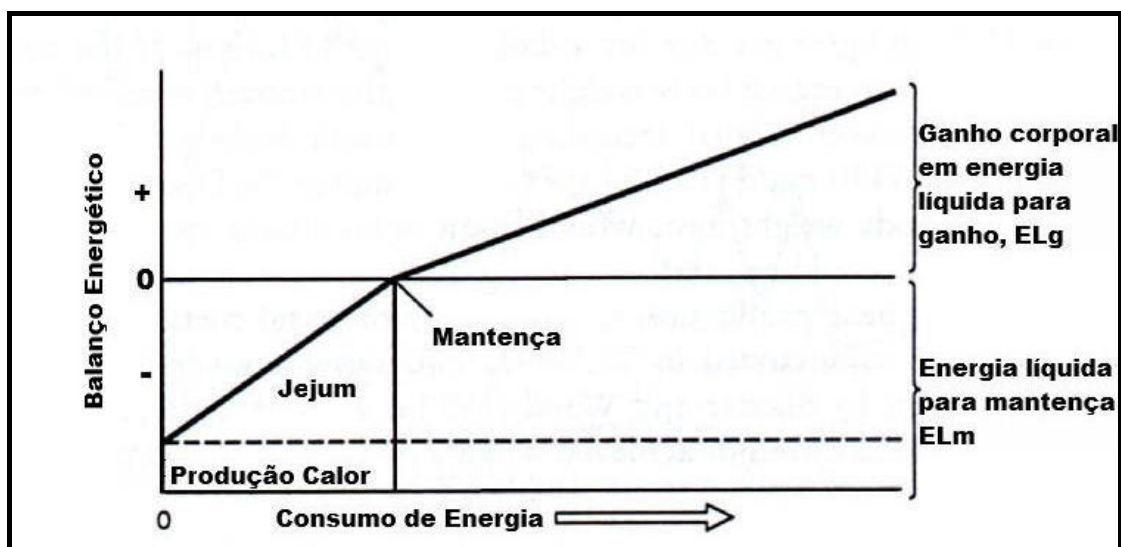


Figura 3. Ilustração do efeito do consumo de energia sobre o balanço energético.
Fonte: Davis e Drackley (1998).

Segundo Araújo et al. (1998a), os principais fatores que influenciam as exigências de manutenção são: exercício, ambiente, estresse, temperatura, saúde, tamanho do corpo,

alimentação, variação individual e nível de produção e lactação. Para o ARC (1980), os gastos de energia para manutenção tornam-se maiores com o aumento da produção do animal, sendo que, para novilhas, o ganho de peso é o fator mais importante.

De acordo com Fox e Barry (1995), as exigências energéticas para manutenção são determinadas pelo tamanho e pela taxa do metabolismo corpóreo, com ajustes para o tipo de raça, o estado fisiológico, o tratamento nutricional prévio, a atividade, o ambiente (temperatura, umidade, lama, velocidade do vento, superfície animal e insolação) e o calor ganho ou perdido para manutenção da temperatura corporal.

Segundo McDonald et al. (1993), os animais mantidos em planos nutricionais elevados (alto consumo de energia) tendem a apresentar necessidades de manutenção mais elevadas que aqueles mantidos em planos mais baixos. Isso pode ser comprovado submetendo-se os animais mantidos em planos nutricionais mais altos ou mais baixos a um jejum repentino, sendo que os primeiros tendem a apresentar produção de calor de jejum 20% maior que estes últimos. Os animais mantidos em planos de nutrição mais elevados têm maiores órgãos internos (intestinos e fígado) e, uma vez que estes órgãos são metabolicamente muito ativos, seu maior tamanho leva ao aumento das exigências para a manutenção desses animais.

Conforme o NRC (1989), as exigências de energia líquida para manutenção são de 73 Kcal/kg^{0,75}. No entanto, há recomendação de acréscimo de 10% nessas exigências para compensar o efeito da atividade física (caminhadas ou serviços), o que eleva esse valor para cerca de 80Kcal/kg^{0,75}. Em complementação, acrescentam-se outros 10% sobre a manutenção para bovinos que consomem pastos de boa qualidade, ou 20% quando o pasto for de pior qualidade.

2.1.2 - Exigências em proteína

De acordo com Armstrong (1995), as exigências de manutenção para um animal em particular são calculadas, primeiramente, como a proteína (nitrogênio) líquida requerida para manutenção e as perdas dérmicas como descamações e pelo. McDonald et al. (1993) já acrescentavam as perdas, via fezes (nitrogênio presente nas enzimas, debris celulares e microrganismo) e urina (por meio do catabolismo dos aminoácidos, feito pelo fígado ou nas reservas funcionais), no cálculo das exigências para manutenção. Estas considerações sobre a perda de nitrogênio (N) urinário fizeram com que os autores classificassem tais perdas em dois tipos: *perda de N endógeno urinário*: consiste nas perdas mínimas de N compatíveis com a vida do animal. Estas perdas existem quando ocorre escassez de proteínas de reserva, como consequência da interrupção do fornecimento de proteína dietética para o animal. Após algum tempo, a excreção de N pela urina apresentaria um valor constante; *perda de N exógeno urinário*: quando do retorno do fornecimento de dietas proteicas, as quantidades de N excretado na urina aumentariam como consequência das perdas de aminoácidos procedentes dos alimentos que não são utilizados.

De forma mais simples e resumida, o NRC (1989) estabeleceu que as exigências de N para a manutenção dos animais é a soma das perdas via nitrogênio fecal metabólico (N_{fm}) e nitrogênio endógeno urinário (NUE) e das pequenas perdas de N pelas descamações, pelos e suor. Fox e Barry (1995) complementaram essas informações mencionando que as exigências de aminoácidos para manutenção dependem da predição da proteína perdida e das perdas líquidas da reciclagem pelos tecidos.

2.2 - Exigências para crescimento

Segundo McDonald et al. (1993), durante o período fetal e desde o nascimento até aproximadamente a puberdade, o ritmo de crescimento do corpo do animal acelera. Depois da puberdade, o ritmo fica cada vez mais lento até chegar ao peso adulto (Figura 4). Para os autores, por desenvolvimento, entende-se a fase em que distintas partes do corpo do animal experimentam ritmos de crescimento diferentes, de modo que as proporções destes se modificam à medida que se aproximam da maturidade. À proporção que o peso vivo da novilha avança, pode ser verificada redução nas velocidades e/ou nas taxas de crescimento de alguns componentes corporais (proteína, água) e um aumento em outros (gordura, energia), conforme pode ser visualizado na Figura 5 (modelo ovino), ou representado matematicamente pela equação:

$$\log y = \log b + a \log x;$$

em que y seria o peso da parte do corpo que se quer determinar; x o peso total do corpo; a seria o coeficiente de crescimento; b seria uma constante.

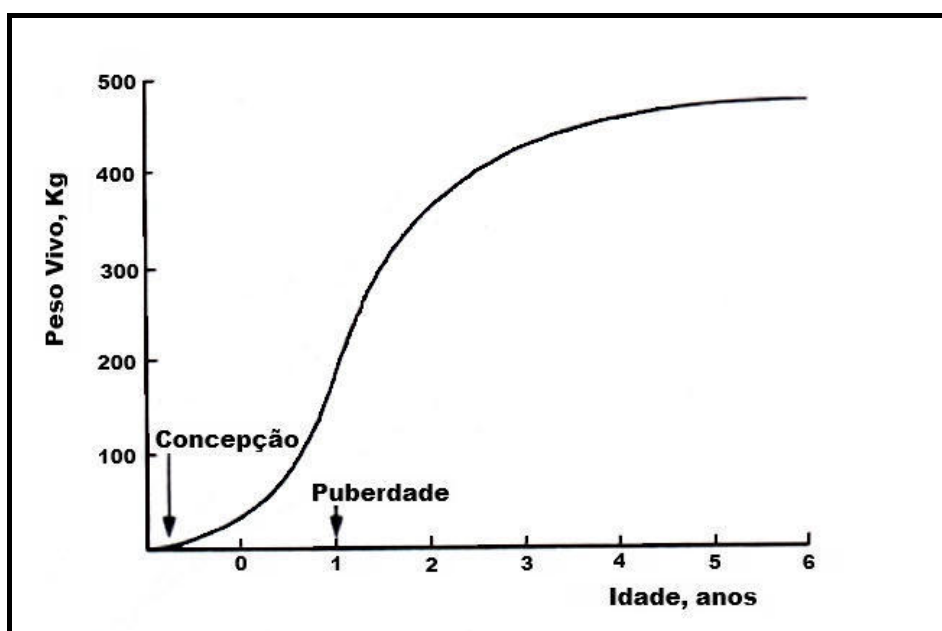


Figura 4. Típica curva sigmoide de crescimento de bovinos leiteiros.
Fonte: McDonald et al. (1993).

2.2.1 - Exigências de energia

Para Miller (1979), animais em crescimento necessitam de grande quantidade de energia para atender não somente manutenção como ganho de peso/síntese de tecidos. De acordo com o ARC (1980), os componentes do total de energia exigida por novilhas em crescimento são: 1) perdas de energia pelo corpo durante o jejum, compreendendo o calor produzido e a energia perdida na urina durante este jejum; 2) energia despendida no trabalho muscular; 3) energia requerida para a formação de tecidos para o crescimento e a engorda.

Para o NRC (1989), a quantidade de energia líquida necessária para o ganho corresponde ao total de energia no tecido ganho. Em outras palavras, corresponde à quantidade total de tecido ganho e à quantidade de energia nele depositada. A concentração de energia depositada no tecido é influenciada pela velocidade de ganho de peso e seu estágio de crescimento ou peso vivo. A energia que está disponível para o crescimento varia em função da interação temperatura ambiental/vento com a produção ou perda de calor pelo animal, dependendo do consumo de matéria seca, do incremento calórico e da insolação do animal (Fox e Tylutkin, 1998).

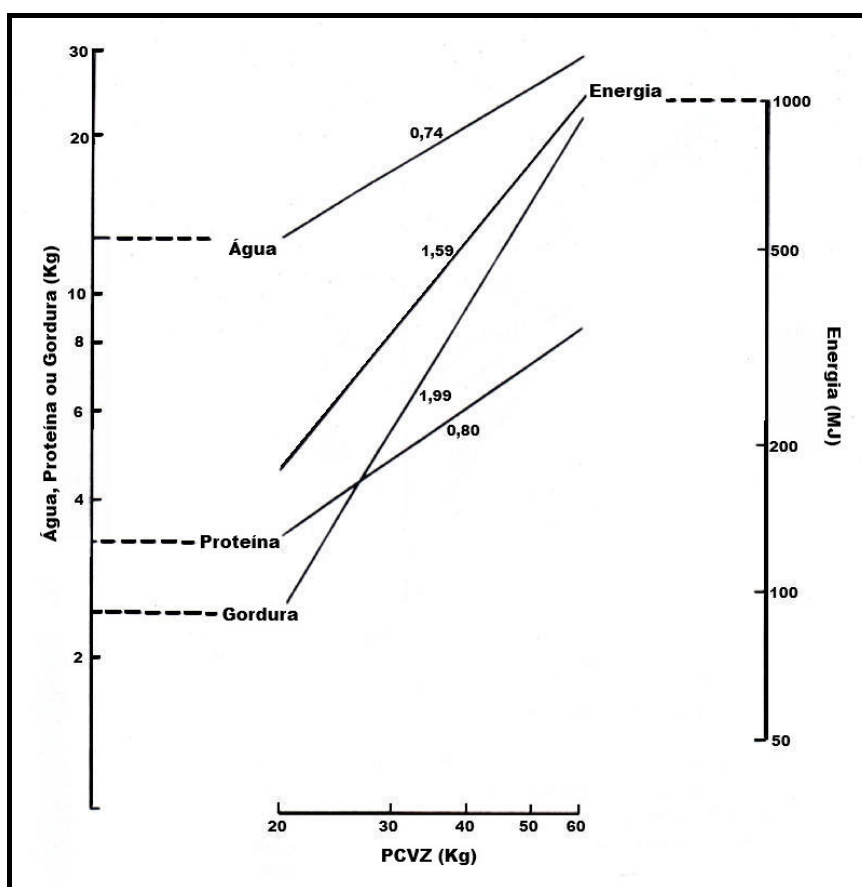


Figura 5. Coeficiente de crescimento para a água, a proteína, a gordura e a energia, no peso corporal vazio (PCVZ) de ovinos.

Fonte: McDonald et al. (1993).

Miller (1979) mencionou que, em bovinos jovens, o aumento de uma unidade de peso ganho contém mais proteína, água e minerais e relativamente menos gordura. Em animais mais velhos e, portanto, mais pesados, a unidade de peso ganho tem maior porcentagem de gordura, com menos água, proteína e minerais. A energia requerida para o ganho de uma unidade de gordura é bem maior que aquela requerida para os outros constituintes. O autor concluiu que à medida que os animais tornam-se maiores, as exigências de energia para o ganho de uma unidade de peso corporal também aumentam, enquanto as exigências de proteína diminuem.

2.2.2 - Exigências de proteína

De acordo com ARC (1980), as exigências diárias de PM (g/dia) para novilhas leiteiras em crescimento são idênticas às quantidades de proteína depositadas no tecido ganho. Na determinação das exigências de proteína para bovinos em crescimento, o NRC (1989) mencionou a importância de proteínas que escapam da fermentação retículo-ruminal para bovinos com rápido crescimento inicial, uma vez que são animais com alta exigência proteica. Essa exigência, na maioria das novilhas de alto desempenho, não é atendida somente com o fluxo de proteína microbiana para o trato digestório posterior, justificando a necessidade de suplementos proteicos ricos em PNDR.

As variações individuais nas exigências de proteínas para bovinos em crescimento podem ser explicadas pelo experimento conduzido por Fontes (1995), em que foi verificado decréscimo do conteúdo corporal de proteína por unidade de peso (kg/kg PCVZ) com a elevação do peso corporal. Isto se deveu à desaceleração do crescimento muscular, que pode ser constatada pelo menor ganho de proteína por kg de ganho PCVZ à medida que o peso do animal se elevou, concomitantemente com o maior desenvolvimento do tecido adiposo. É de se esperar, então, que, à medida que o peso corporal dos animais se elevasse, haveria menor exigência diária de proteína por unidade de ganho de peso corporal, devido àquela diminuição da relação de proteína muscular e gordura corporal (Miller, 1979; ARC, 1980).

2.2.3 - Exigências de minerais

Em um ensaio conduzido por Araújo et al. (1998b) com bezerros mestiços, cujos pesos vivos variavam entre 60 a 300kg, alimentados com diferentes concentrações de volumosos, os autores obtiveram as exigências líquidas e dietéticas para os macrominerais (Tabela 1).

Fontes (1995) conduziu experimento avaliando a composição corporal de cálcio, fósforo, magnésio, potássio e sódio na carcaça de bovinos. A análise conjunta dos dados mostrou um decréscimo nas concentrações dos cinco macrominerais no corpo vazio e no ganho de peso, com a elevação do peso corporal dos animais, bem como das exigências líquidas desses minerais para o ganho de peso corporal vazio. Especificamente para o cálcio e o fósforo, o autor explicou que havia redução acentuada da proporção dos ossos na carcaça com a elevação do PCVZ, com o

aumento concomitante da gordura corporal. Isto explica a redução nas concentrações desses minerais, uma vez que os ossos contêm 99% do cálcio e 80% do fósforo corporal, enquanto os depósitos gordurosos (ricos em triglicérides) não contêm cálcio e fósforo. De forma semelhante, as concentrações de magnésio, potássio e sódio no corpo vazio decresceram com a elevação do peso corporal vazio, bem como suas exigências líquidas.

Tabela 1. Exigências líquidas e dietéticas (g/dia) de cálcio (Ca), de fósforo (P), de magnésio (Mg), de sódio (Na) e de potássio (K), para bovinos leiteiros entre 60 a 300 kg de peso vivo.

	Quantidades diárias (g)				
	Ca	P	Mg	Na	K
Exigências líquidas	16,85-15,72	8,51-8,56	0,27-0,34	0,89-1,24	1,87-2,08
Exigências dietéticas	32,06-29,91	16,50-16,59	0,59-0,74	0,95-1,32	2,27-2,55

Fonte: Araújo et al. (1998b).

As necessidades líquidas de cálcio e de fósforo, em relação à de outros nutrientes, tendem a reduzir à medida que aumenta a idade dos animais e se reduz o crescimento dos ossos (McDonald et al., 1993). É válido e prudente lembrar que, apesar da redução de suas necessidades de minerais, isso não quer dizer que a novilha em crescimento não irá precisar desses nutrientes. Suas necessidades de crescimento ósseo a tornam muito suscetível à não suplementação durante o rápido ritmo de crescimento ósseo e muscular. A não suplementação ou suplementação deficiente será respondida com menores ganhos de peso e animais com estatura inferiores.

2.2.4 - Exigências nutricionais diárias

As tabelas seguintes (Tabelas 2, 3 e 4) mostram as exigências nutricionais diárias para novilhas em crescimento de raças de grande porte (Holandês Preto e Branco), sob diferentes estádios fisiológicos e diferentes ganhos de peso. Para cálculos dessas exigências, foram computadas as exigências para manutenção e ganho de peso (valores referência expressos nas tabelas).

Os conceitos aplicados ao longo dos itens anteriores podem ser muito bem observados aqui, notadamente nas Tabelas 3 e 4. Nota-se que: 1) para o mesmo peso vivo, mas para ganhos de peso crescentes, observa-se aumento linear nas exigências diárias para NDT, PB, Ca e P (gramas/dia); 2) para ganho de peso igual, mas para peso vivo crescente, observa-se que as exigências de NDT são mantidas, enquanto as de PB decrescem linearmente (gramas/dia); 3) para ganho de peso igual, mas para peso vivo crescente, observa-se que as exigências de Ca e P aumentam linearmente (gramas/dia).

Tabela 2. Concentrações dietéticas e consumos diários dos principais nutrientes para novilhas leiteiras em crescimento da raça Holandesa, para um ganho de peso padrão de cerca de 800g/dia e peso vivo adulto de 680kg.

Nutrientes*	Estado fisiológico*		
	6 meses (200kg PV)	12 meses (300kg PV)	18 meses (450kg PV)
Consumo MS (kg)	5,2	7,1	11,3
Consumo (% PV)	2,6	2,4	2,5
Energia metabolizável (EM)			
EM (Mcal/dia)	10,6	16,2	20,3
EM (Mcal/kg MS)	2,04	2,28	1,79
NDT (%)	56,5	63,0	50,0
Proteína			
Proteína metabolizável (%)	8,0	7,7	5,6
PDR (%PB)	9,3	9,4	8,6
PNDR (%PB)	3,4	2,9	0,8
PB (%)	12,7	12,3	9,4
Carboidratos dietéticos			
FDN (%)	30-33	30-33	30-33
FDA (%)	20-21	20-21	20-21
CNF (%)	34-38	34-38	34-38
Minerais			
Ca (%)	0,41	0,41	0,37
P (%)	0,28	0,23	0,18
Mg (%)	0,11	0,11	0,11
Cl (%)	0,11	0,12	0,10
K (%)	0,47	0,48	0,46
Na (%)	0,08	0,08	0,07
S (%)	0,20	0,20	0,20
Co (ppm)	0,11	0,11	0,11
Cu (ppm)	10	10	9
I (ppm)	0,27	0,30	0,30
Fe (ppm)	43	31	13
Mn (ppm)	22	20	14
Se (ppm)	0,30	0,30	0,30
Zn (ppm)	32	27	18
Vitaminas			
A (UI/kg)	3076	3380	3185
D (UI/kg)	1154	1268	1195
E (UI/kg)	31	34	32

*PV: peso vivo; Mcal: megacalorias; NDT: nutrientes digestíveis totais; PDR: proteína degradada no rúmen; PNDR: proteína não degradada no rúmen; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidrato não fibroso; Ca: cálcio; P: fósforo; Mg: magnésio; Cl: cloro; K: potássio; Na: sódio; S: enxofre; ppm: parte por milhão (mg/kg); Co: cobalto; Cu: cobre; I: iodo; Fe: ferro; Mn: manganês; Se: selênio; Zn: zinco; UI: unidades internacionais.

Fonte: Adaptado do NRC (2001).

Tabela 3. Exigências nutricionais diárias (base da MS) para novilhas de raças de grande porte (peso vivo adulto = 650kg), não gestantes* .

PV (kg)	GPMD (g/dia)	CVMS (kg/dia)	NDT (%)	NDT (kg/dia)	PB (%)	PB (g/dia)	Ca (g/d)	P (g/d)
150	0,5	4,10	58,40	2,39	13,00	533,0	23	11
150	0,7	4,20	61,70	2,59	14,90	625,8	30	13
150	1,1	4,20	69,20	2,91	18,90	793,8	43	18
200	0,5	5,10	58,40	2,98	11,90	606,9	24	12
200	0,7	5,20	61,70	3,21	13,40	696,8	30	14
200	1,1	5,20	69,20	3,60	16,60	863,2	43	19
250	0,5	6,00	58,40	3,50	11,10	666,0	25	13
250	0,7	6,10	61,70	3,76	12,40	756,4	31	15
250	1,1	6,20	69,20	4,29	15,10	936,2	43	19
300	0,5	6,90	58,40	4,03	10,60	731,4	27	14
300	0,7	7,00	61,70	4,32	11,70	819,0	33	16
300	1,1	7,10	69,20	4,91	14,10	1001,1	44	20
350	0,5	7,70	58,40	4,50	10,20	785,4	28	15
350	0,7	7,90	61,70	4,87	11,20	884,8	34	17
350	1,1	8,00	69,20	5,54	13,30	1064,0	45	21
400	0,5	8,50	58,40	4,96	9,90	841,5	30	16
400	0,7	8,70	61,70	5,37	10,90	948,3	35	18
400	1,1	8,80	69,20	6,09	12,80	1126,4	46	22

*PV: peso vivo; GPMD: ganho de peso médio diário; CVMS: consumo voluntário de matéria seca; NDT: nutrientes digestíveis totais; PB: proteína bruta; Ca: cálcio; P: fósforo.

Fonte: NRC (2001)

Tabela 4. Exigências nutricionais diárias (base da MS) para novilhas de raças de grande porte (peso vivo adulto = 650 kg), gestantes.

PV (kg)	GPMD (g/dia)	CVMS (kg/dia)	NDT (%)	NDT (kg/dia)	PB (%)	PB (g/dia)	Ca (g/d)	P (g/d)
450	0,5	10,50	59,30	6,23	12,90	1354,5	47	25
450	0,7	10,50	62,90	6,60	13,70	1438,5	53	26
450	1,1	10,30	71,20	7,33	15,60	1606,8	63	30
500	0,5	11,30	59,00	6,67	12,50	1412,5	49	26
500	0,7	11,40	62,60	7,14	13,30	1516,2	54	27
500	1,1	11,10	70,80	7,86	15,00	1665,0	65	31
550	0,5	12,20	58,80	7,17	12,10	1476,2	51	27
550	0,7	12,20	62,30	7,60	12,90	1573,8	56	29
550	1,1	12,00	70,50	8,46	14,50	1740,0	66	32

*PV: peso vivo; GPMD: ganho de peso médio diário; CVMS: consumo voluntário de matéria seca; NDT: nutrientes digestíveis totais; PB: proteína bruta; Ca: cálcio; P: fósforo.

Fonte: NRC (2001).

3 - MANEJO ALIMENTAR DE NOVILHAS PARA REPOSIÇÃO

A alimentação de novilhas leiteiras representa a maior parte dos custos. Logo, para entender melhor o programa nutricional para essa categoria, devem-se dividir os procedimentos de recria em duas fases distintas: 1) novilhas do quarto mês até o primeiro serviço; 2) novilhas do primeiro serviço até o primeiro parto. A maioria das informações seguintes pode ser recuperada nos trabalhos de Wattiaux (1996) e Wattiaux (2009).

3.1 - Programa nutricional de novilhas do quarto mês até o primeiro serviço

Neste momento, é interessante ressaltar que a idade ideal ao primeiro serviço (monta natural ou inseminação artificial) é de 15-16 meses ou 340-400kg de peso vivo, para novilhas da raça Holandesa. Para novilhas de raças de pequeno porte (Jersey), a idade ao primeiro serviço é de 15 meses ou 280kg de peso vivo.

Novilhas com menos de um ano de idade têm alta exigência nutricional (energia, proteína, minerais e vitaminas), mas menor capacidade retículo-ruminal. Logo, taxas de crescimento podem permanecer baixas caso quantidade substancial de forragem seja ofertada para essa fase da recria. Sendo assim, grãos ou alimentos concentrados (de qualidade) devem ser incluídos na dieta de novilhas jovens para maiores taxas de crescimento.

De maneira geral, novilhas jovens são alimentadas com dietas contendo de 40 a 80% de alimento volumoso. À medida que o animal cresce, a concentração energética e proteica da dieta diminui, enquanto a concentração da fração fibrosa (FDN e FDA) aumenta.

Alimento volumoso de baixa qualidade deve ser evitado nas dietas de novilhas entre três a seis meses de idade. Para novilhas além de seis meses e até a cobertura (primeiro serviço), forragens de pior qualidade podem ser utilizadas, mas devem ser suplementadas com alimento concentrado e fontes minerais.

Os animais dessa fase devem ter acesso irrestrito à água. Vinte a trinta por cento do total de proteína bruta fornecida pela dieta pode ser provida por fontes de nitrogênio não proteico (NNP), como a ureia. No entanto, não se recomenda fornecimento de ureia antes dos quatro meses de idade. A quantidade de fibra (FDN e FDA) deve ser mínima, apenas o suficiente para o funcionamento apropriado dos movimentos retículo-ruminiais.

3.2 - Programa nutricional de novilhas do primeiro serviço até o primeiro parto

Novilhas com mais de 13 meses de idade já possuem suficiente capacidade retículo-ruminal para adequada taxa de crescimento quando alimentadas com alimentos volumosos de qualidade, mesmo quando exclusivos na dieta. Alimentos volumosos de qualidade e com alto teor de energia, como silagem de milho, podem ser ofertados para novilhas dessa fase, mas em quantidades limitadas, caso contrário o consumo será alto e os animais ficarão supercondicionados, ou seja, obesos.

A associação de silagem de milho, ou com silagem de leguminosa ou com a de gramíneas bem fertilizadas, fornecerá satisfatório fluxo de nutrientes (energia e proteína) para elevados ganhos de peso (taxa de crescimento). Alimento concentrado poderá ser utilizado no momento que se trabalhar com dietas cujo alimento volumoso é de baixa qualidade.

Com a proximidade do parto, mudanças gerais nos procedimentos da recria de novilhas são exigidas, tais como: 1) de um a dois meses antes do parto, o programa de alimentação deverá ser modificado para preparar a novilha para o parto e a primeira lactação. Alimento volumoso de qualidade e quantidades crescentes de concentrado são necessários para assegurar suave e tranquila transição (gestação-parto) e encorajar as novilhas para altos consumos de matéria seca o mais breve possível depois do parto; 2) evitar supercondicionamento, ou seja, elevado escore da condição corporal (maior que 3,5) ao parto. Novilhas ao parto magras ou obesas podem desencadear problemas produtivos, reprodutivos e de ordem metabólica após o parto; 3) o terço final da gestação é período para minimizar o estresse do animal, não para ajustes nutricionais. Em outras palavras, deve-se mudar a novilha gestante para a maternidade (piquete ou pasto) em grupos, entre três a dois meses antes de parir. Isso condiciona o animal aos procedimentos operacionais da propriedade leiteira, adaptando-o precocemente e facilitando o trabalho no pós-parto.

3.3 - Balanceamento de dietas

Em função do exposto nos itens anteriores e nas Tabelas 2, 3 e 4, podem-se tirar algumas conclusões a respeito do balanceamento de dietas para novilhas leiteiras em crescimento: 1) novilhas na primeira fase (até o primeiro serviço): alimentos de qualidade, quer volumoso ou concentrado; dietas com maior participação de alimento concentrado que volumoso, com base na matéria seca; dietas menos fibrosas; dietas ricas em energia e proteína; 2) novilhas na segunda fase (do primeiro serviço ao parto): alimentos de qualidade, quer volumoso ou concentrado; dietas com maior participação de alimento volumoso que concentrado, com base na matéria seca; dietas mais fibrosas; dietas menos proteicas e mais energéticas.

As Figuras 6 e 7 relacionam a exigência diária de proteína com aquela de energia, em função do peso vivo animal.

À medida que o peso vivo da novilha aumenta (para igual ganho de peso: 700 g/dia), a necessidade de proteína em relação à energia dietética diminui. Isso é facilmente explicado pelo exposto anteriormente (ARC, 1980; AFRC, 1993; Fontes, 1995; Noller e Moe, 1995; NRC, 2001). À proporção que o animal cresce, a sua composição de PCVZ altera, desfavorecendo deposição de tecidos que exigem maior quantidade de proteína (tecido muscular e esquelético) e favorecendo aqueles que exigem maior quantidade de energia (tecido adiposo). Logo, dietas para novilhas mais jovens necessitam de alta proteína e alta energia, enquanto dietas para novilhas mais velhas necessitam de menos proteína e, proporcionalmente, mais energia (Tabelas 3 e 4).

Por outro lado, independente do peso vivo da novilha (Figura 7), aumentando-se o ganho de peso do animal, há necessidade de se aumentar a relação da proteína e energia dietética. De forma mais simples, ganhos de peso maiores necessitam de concentrações dietéticas de proteínas maiores, a fim de satisfazer as necessidades de deposição extra de tecido, principalmente ósseo e muscular.

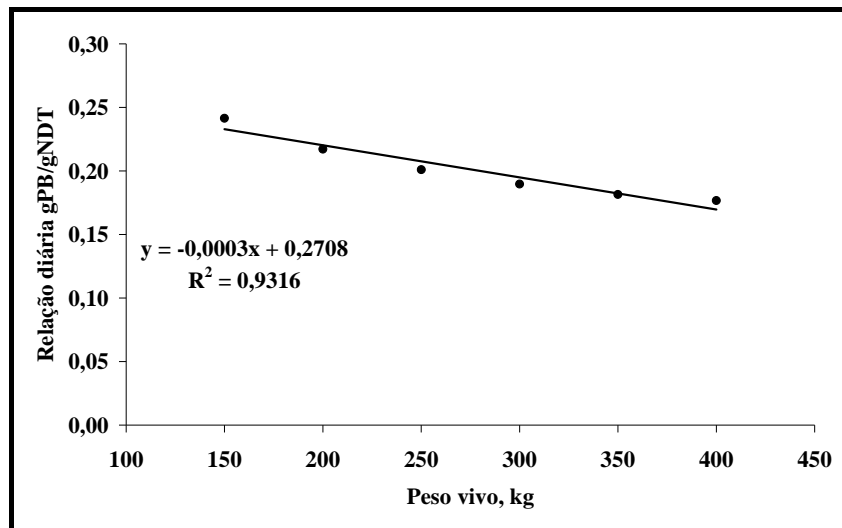


Figura 6. Relação entre as exigências diárias de PB (g/dia) e de NDT (g/dia) para novilhas de raças de grande porte (Holandesa), com peso vivo adulto de 650kg e ganho de peso esperado de 700g/dia.

Fonte: Adaptado do NRC (2001).

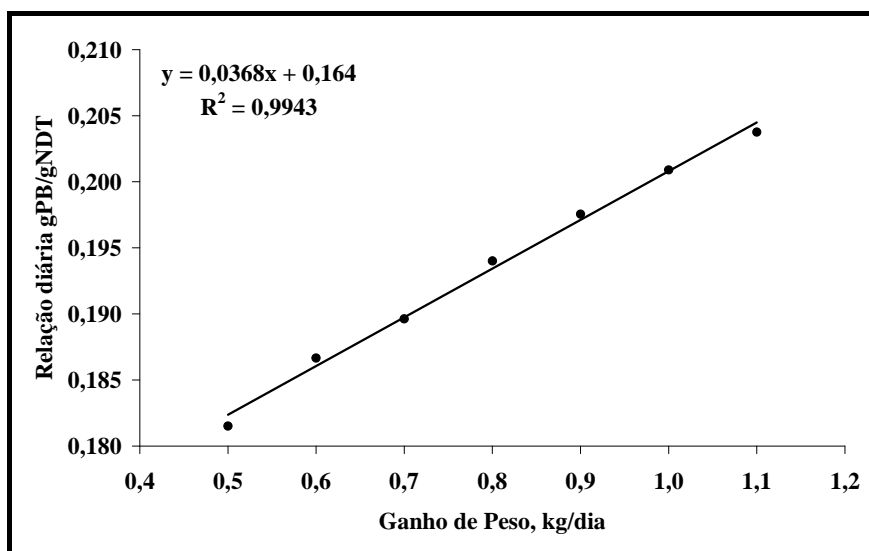


Figura 7. Relação entre as exigências diárias de PB (g/dia) e de NDT (g/dia) para novilhas de raças de grande porte (Holandesa) e peso vivo de 300kg, com ganho de peso crescente.

Fonte: Adaptado do NRC (2001).

3.4 – Agrupamento

Após o desaleitamento e a finalização da cria de bezerras leiteiras, a nova categoria (novilhas) necessita ser agrupada. Diferenças nas exigências de nutrientes e no consumo de alimento em função do estágio de desenvolvimento são algumas razões para dividir os animais de recria em grupos ou lotes.

Os animais devem ser divididos em lotes, em função do peso vivo e do tamanho, de até 10 a 16 animais, mas o número final de animais em cada lote irá variar em função de: tamanho do rebanho; número de animais em recria; disponibilidade de área/instalações. Lotes de tamanho reduzido (menor ou igual a 16 novilhas) permitem: *facilidade de observação* → menor quantidade de animais permite a visualização de todos aqueles que estão presentes dentro do lote; *intensidade de observação* → permite fazer comparações entre os animais do mesmo lote para determinar se algum animal está fora dos padrões, merecendo cuidados especiais ou troca de lote; *melhor monitoramento do desempenho animal* → permite comparar e acompanhar a taxa de crescimento do lote em relação ao regime alimentar e selecionar possíveis animais para a mudança progressiva de lote.

O agrupamento de novilhas pode ser feito em função de: *idade* → cuidado com animais de mesma idade, mas de peso vivo diferente; *peso vivo* → cuidado com animais com peso vivo igual, mas com estaturas diferentes; *raça* → somente para rebanhos em que há grande número de animais de diferentes raças; *exigência nutricional* → excelente forma de agrupamento; *altura ou estatura* → excelente forma de agrupamento, mas cuidado com animais de maior vigor dentro do lote (dominantes); *mistas* → peso e idade; altura e peso; altura e exigência etc.

4 - TAXA DE CRESCIMENTO ANIMAL

O crescimento animal envolve uma série de transformações em tamanho e estrutura. O animal cresce pelo estímulo da herança genética, sendo este estímulo proporcionado pela ação de hormônios (GH, fatores de crescimento) e pelas condições ambientais, particularmente fatores nutricionais e sanitários. A curva de crescimento apresenta uma fase de aceleração que vai da fecundação à puberdade e uma desaceleração que vai da puberdade à maturidade (Figura 4).

O corpo do animal não cresce como uma unidade, existindo diferenças de crescimento entre órgãos e tecidos. Desta forma, a nutrição tem de satisfazer as exigências orgânicas com prioridade para a formação de tecido nervoso, tecido ósseo, tecido muscular e tecido adiposo, sendo essa mesma ordem a prioridade fisiológica (da primeira para a última).

O principal objetivo de um programa nutricional e de boas práticas de manejo de animais para reposição é a produção de vacas superiores. Portanto, o sucesso deste programa não pode ser medido em termos de ganho de peso médio diário

ou da eficiência alimentar, mas na forma de produção potencial de leite da novilha quando vaca.

A taxa de crescimento de novilhas leiteiras é um dos principais indicadores da eficiência do programa nutricional. Mudanças no programa nutricional, nas instalações e nos procedimentos operacionais gerais são ditadas pelo tamanho e pelo desenvolvimento da novilha. A taxa de crescimento de novilhas deve ser monitorada pelas seguintes razões:

- 1) evitar atrasos na idade à puberdade e, conseqüentemente, na idade ao primeiro parto;
- 2) determinar se as novilhas estão sub ou supercondicionadas;
- 3) obter o chamado “peso ideal” ao primeiro parto, minimizando problemas ao parto.

4.1 - Taxa de crescimento ideal e idade ao primeiro parto

A velocidade ou taxa de crescimento determina o tempo requerido para a recria de uma novilha e, então, sua idade ao primeiro parto. Desconsiderando a idade, novilhas devem crescer para alcançar entre 80 a 85% do peso vivo adulto ao primeiro parto. A idade ao primeiro parto depende da taxa de crescimento da novilha, ou seja, do seu ganho de peso médio diário. Taxas de crescimentos desejáveis variam de acordo com a raça (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito da raça leiteira sobre o peso vivo corporal nos vários estádios de desenvolvimento e nos padrões ideais de taxa de crescimento de novilhas.

Raças	Peso ao nascer (kg)	Serviço		Parto		GPMD (kg/dia)	Peso adulto (kg)
		Peso (kg)	Idade (meses)	Peso (kg)	Idade (meses)		
Grandes	40-45	360-400	14-16	544-620	23-25	0,74	650-725
Médias	35-40	275-310	13-15	450-500	22-24	0,60	525-580
Pequenas	25-30	225-260	13-15	360-425	22-24	0,50	425-500

Fonte: Adaptado de Wattiaux (1996).

Segundo Wattiaux (1996), a maturidade sexual de novilhas apoia-se mais no peso corporal que na idade e pode ser manipulada pelo programa nutricional. Logo, diferentes taxas de crescimento influenciarão a idade à puberdade e, portanto, a idade ao primeiro parto. A puberdade é obtida por novilhas que alcançam de 40 a 50% do peso vivo adulto, desconsiderando a idade. Seguindo esse princípio, o primeiro serviço (inseminação artificial ou monta natural) é feito quando a novilha alcança de 50 a 60% do peso adulto, enquanto o parto ocorre com 80 a 85% desse peso. Altas taxas de crescimento corporal (maiores que 0,95kg ganho/dia) anteciparão as idades à puberdade, o serviço e o parto. Por sua vez, taxas menores (0,35kg ganho/dia) retardarão essas mesmas idades, independente do peso vivo animal.

As principais vantagens para acelerar a taxa de crescimento e a idade ao primeiro parto (de 36 para 24 meses) são: rápido retorno do capital investido; redução dos

custos variáveis (alimentação e mão de obra); redução no número de novilhas necessárias para manter o tamanho do rebanho (quando estabilizado); aumento da produção por vida útil (Tabela 6); rápido ganho genético no rebanho; maior poder de seleção ou melhoramento genético para o rebanho.

Tabela 6. Idade ao primeiro parto, produção de leite em 305 dias de lactação em animais da raça Holandesa.

Idade ao parto (meses)	Produção de leite na primeira lactação (kg)	Aumento na produção (kg)
20	4.434	-
21	4.615	181
22	4.780	175
23	4.930	150
24	5.012	82
25	5.073	61
26	5.116	43
27	5.139	23
28	5.160	21
29	5.180	20
30	5.198	18
31	5.216	18
32	5.234	40
33	5.252	18

Fonte: Autor desconhecido.

Os dados da Tabela 6 demonstram que o ganho adicional em leite por atraso da idade ao primeiro parto só é interessante até os 24 meses, sendo que, a partir daí, o ganho em produção não mais compensa o que se está perdendo em produção e crias.

Por outro lado, as desvantagens de se reduzir o primeiro parto para menos de 20 a 24 meses de idade, ao acelerar ainda mais a taxa de crescimento, são: necessidade absoluta de alimento volumoso de alta qualidade, onerando os custos de criação de novilhas; necessidade de mão de obra hábil e muito bem treinada; maiores dificuldades ao parto quando da impossibilidade de monitoramento adequado do crescimento das novilhas; grande risco de o excesso de energia consumida durante o crescimento prejudicar a produção subsequente de leite (efeito na glândula mamária).

4.2 - Peso corporal ao parto

Problemas ou distúrbios ao parto são mais comuns no primeiro que nos partos subsequentes. *Novilhas de primeira cria ou vacas primíparas* podem apresentar dificuldades ao parto por várias razões: o neonato (bezerro/a) é grande, devido a

causas genéticas ou de excesso de mobilização das reservas para o concepto; subdesenvolvimento da novilha reduz a relação área pélvica:peso do bezerro, ou seja, menor desenvolvimento também do canal do parto (altura, largura e comprimento do canal pélvico); supercondicionamento da novilha aumenta a deposição de tecido adiposo no canal do parto e dificulta a passagem do feto.

Para minimizar essas dificuldades ao primeiro parto, recomenda-se: 1) escolha de touros com menores dificuldades de parto (menor que 9% nos catálogos norte-americanos, e maiores que 100% nos catálogos canadenses); 2) ajuste da taxa de crescimento da novilha para que ela chegue ao parto com 80 a 85% do peso vivo adulto e 3) ajuste do programa nutricional para evitar novilhas magras ou obesas ao parto.

Há forte correlação entre peso vivo ao primeiro parto e produção de leite à primeira lactação.

Isso não significa, necessariamente, que o desejável são novilhas o mais pesadas possível ao primeiro parto, mas novilhas suficientemente desenvolvidas naquele momento.

4.3 - Ganho compensatório

Bovinos que passaram longos períodos consumindo pouco alimento apresentam redução na concentração de gordura e energia no corpo, concomitante ao aumento na proporção de proteína e água. Mas, ao serem realimentados, ocorre aumento na concentração de energia no ganho de peso, ou seja, para cada unidade de ganho corporal, há muito mais gordura (energia) do que um bovino alimentado sob condições normais (ARC, 1980). Park et al. (1987) procuraram explicar esse fenômeno de ganho compensatório (Figura 8) dizendo que novilhas alimentadas alternadamente (momentos de manutenção e outros de realimentação) apresentaram menores exigências energéticas. Logo, durante a realimentação, houve uma fração de energia líquida excedente da dieta disponível para processos produtivos, como a deposição de tecido, gordura (principalmente).

Em um experimento conduzido por Park et al. (1987), ficou demonstrado que novilhas submetidas a períodos alternados de manutenção e ganho compensatório tiveram maior eficiência de conversão alimentar, ou seja, maior eficiência em crescimento e conversão da energia e proteína dietética em tecido corporal. No mesmo experimento, as novilhas submetidas ao ganho compensatório produziram mais leite por lactação (305 dias) do que as novilhas-controle (23,4kg/d e 21,3kg/d, respectivamente, $P < 0,042$).

Choi et al. (1997) mencionaram que o ganho compensatório varia em função da natureza da dieta restrita, da severidade e duração da subalimentação, do estágio de

desenvolvimento da novilha no início da subalimentação, do relativo peso corporal do animal adulto e do padrão de realimentação. Para os autores, durante o período de ganho compensatório, os animais mostram maior ganho de peso corporal, aumento da eficiência de utilização energética, redução nas exigências de manutenção devido à depressão da taxa metabólica básica, aumento do apetite e capacidade de consumo de alimentos, mudanças do *status* endócrino e alteração da composição do tecido corporal comparados com animais alimentados convencionalmente. Para Wattiaux (1996), o ganho compensatório pode ser de grande valia na criação de novilhas em período pré-púbere, já que essa estratégia pode imprimir um grande ganho de peso sem torná-las obesas por período de poucos meses.

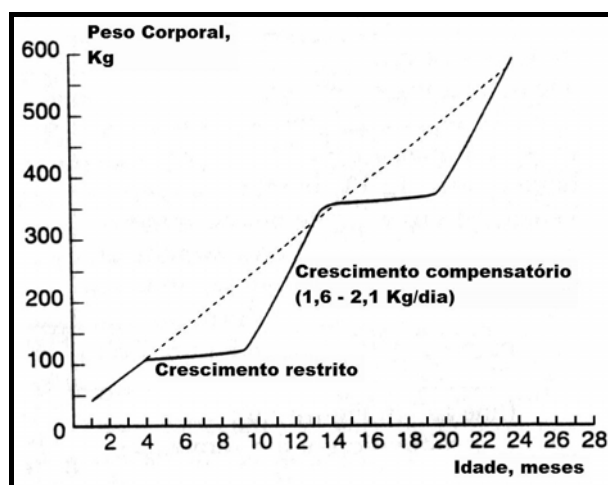


Figura 8. Ganho compensatório em novilhas.

Fonte: Wattiaux (1996).

4.4 - Desenvolvimento da glândula mamária no período pré-púbere

Ao nascimento, apenas estão formadas as tetas, as cisternas da teta e da glândula e o canal da teta, além de poucos ductos maiores. A maior parte do crescimento da glândula mamária é devido ao aumento dos tecidos conjuntivo e adiposo. Mas há alongamento desses ductos e, posteriormente, sua extensiva ramificação. Em novilhas, os ductos estão sempre envolvidos por tecidos conjuntivo e adiposo, e não há formação de alvéolos mamários, ainda (Capuco et al., 1995; Wattiaux, 1996; Sejrsen e Purup, 1997).

Segundo Wattiaux (1996), o número de células mamárias começa a aumentar entre dois a três meses da vida da bezerra, ou seja, bem antes da puberdade. A maior parte do crescimento mamário puberal é completada antes dos nove meses de idade, mas o ritmo ou a taxa de desenvolvimento desse tecido ductular mamário (Figura 9) não é constante ao longo da vida extrauterina da fêmea bovina.

Baseados em conhecimentos anteriores, muitos pesquisadores citaram a existência de duas fases no desenvolvimento mamário durante a pré-puberdade: *fase de*

crescimento isométrico, quando o tecido mamário desenvolveu-se 1,5 vez mais rápido que a velocidade do desenvolvimento do corpo do animal; *fase de crescimento alométrico*, quando o tecido mamário desenvolveu-se 3,5 vezes mais rápido que a velocidade do desenvolvimento do corpo do animal.

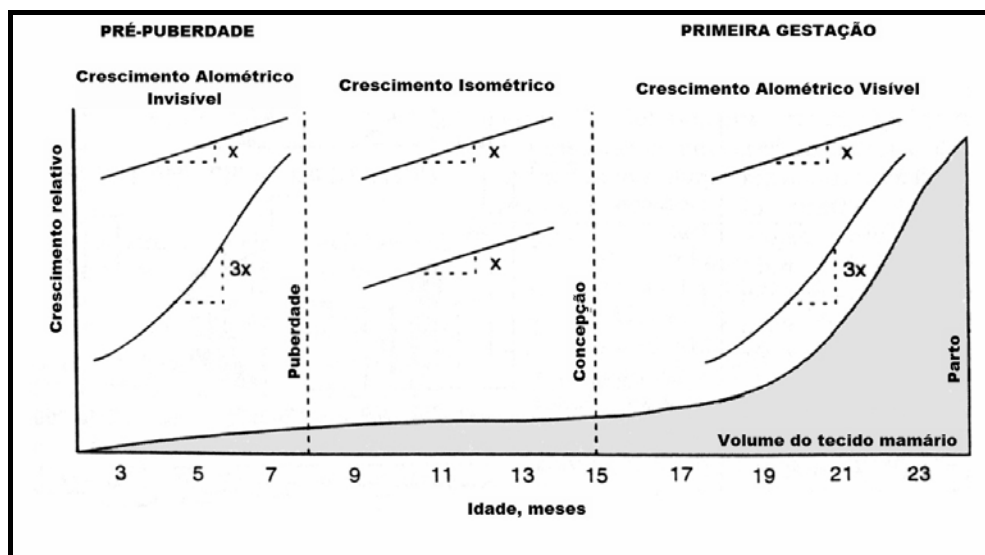


Figura 9. Desenvolvimento da glândula mamária em novilhas leiteiras durante a pré-puberdade e a primeira prenhez.

Fonte: Wattiaux (1996).

Apesar de essas fases serem reconhecidas pelos pesquisadores, os limites de cada uma delas são ainda pouco definidos. A primeira fase alométrica (externamente invisível) estende-se dos três – quatro meses de idade, ou 90 – 100kg de peso corporal, até o início da atividade cíclica ovariana ou puberdade, quando a novilha leiteira tiver nove – 12 meses, ou 270 – 300kg. Uma segunda fase alométrica (visível externamente) existe durante o terceiro trimestre da gestação nas novilhas. A primeira fase de crescimento isométrico ocorre imediatamente após o nascimento da fêmea bovina, chegando até os três – quatro meses, a partir do qual há o início da primeira fase de crescimento alométrico da glândula. O fim desta última fase é marcado pela secreção não sincronizada entre o estrogênio e a progesterona, formando o sinal para o início da puberdade. Com base em recentes observações, pesquisadores sugerem que o sinal para o fim da primeira fase de crescimento alométrico é independente de secreções ovarianas ou ocorreria antes do início da puberdade (Sejrsen e Purup, 1997).

A excessiva alimentação de novilhas leiteiras pode comprometer a lactação futura. Pesquisadores (Swanson, 1967) trabalharam com novilhas gêmeas idênticas das raças Jersey e Holandesa e submeteram-nas a duas dietas, baseando-se nas exigências da raça para os respectivos pesos corporais: normal (100% NRC) e superalimentada (140% NRC). Os pesquisadores concluíram que novilhas

superalimentadas produziram cerca de 85% do total daquelas normalmente alimentadas. Outros pesquisadores (Sejrsen e Purup, 1997) mencionaram o efeito deletério do rápido crescimento pré-púbere sobre o desenvolvimento da glândula mamária. Alguns dados de suas revisões encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7. Efeito do ganho de peso diário (GPD) no período pré-puberal sobre a idade ao primeiro parto e na produção de leite em diferentes raças.

Raça	N**	GPD g/d	Ao parto		LCG* (250 dias)	
			Idade (m)	Peso vivo (kg)	Kg	Relação
Jersey	41	362	29	341	5125	100
	44	487	26	353	4750	93
	44	557	23	329	4125	80
Danish Red	52	549	29	530	5675	100
	52	718	26	525	4900	86
	51	845	23	490	4700	82
	53	579	29	313	5425	100
Friesian	53	731	26	500	5400	100
	53	858	23	498	4900	90

*LCG: leite corrigido para 4% de gordura; **N: número de observações.

Fonte: Sejrsen e Purup (1997).

Com base em todos os dados de pesquisa levantados, vários pesquisadores mencionaram valores para ganho de peso diário para novilhas leiteiras, considerados ideais para o período pré-púbere. Para novilhas da raça Holandesa, o ganho seria de 600-700g/dia, enquanto para Jersey, em torno de 400g/dia.

No entanto, Van Amburgh et al. (1998) comprovaram meios para contornar esse problema, utilizando métodos nutricionais mais simples. Os autores aumentaram o consumo de proteína dietética das novilhas experimentais acima dos valores recomendados. Consequentemente, o ganho ainda foi mantido alto, mas não foi observada diferença para produção de leite em novilhas ao primeiro parto.

4.5 - Monitorando a taxa de crescimento

O monitoramento do crescimento é uma útil ferramenta para comparar a altura e o peso de novilhas leiteiras de uma propriedade com uma curva padrão da raça, ou mesmo comparar animais dentro de um mesmo rebanho, buscando animais superiores para reposição.

Por meio dessa comparação, determina-se se as práticas de manejo e o programa nutricional estão satisfatórios, ou necessitam ser ajustados e/ou em que momento tal ajuste deve ser feito. As principais formas de acessar a taxa de crescimento, além do ganho de peso diário, são: peso vivo; altura; escore da condição corporal; circunferência torácica, entre outros. Esses parâmetros não devem ser avaliados separadamente, mas associados com a idade de recria do animal (Tabela 8; Figura 10).

Tabela 8. Padrões da raça Holandesa para peso vivo e altura, de acordo com a idade.

Idade (meses)	Altura (cm)	Peso (kg)
Nascimento	78	34
01	84	64
02	89	94
03	94	119
04	98	144
05	104	169
06	107	194
07	110	219
08	113	241
09	116	261
10	119	281
11	122	301
12	124	321
13	126	344
14	128	367
15	130	389
16	132	411
17	134	433
18	136	451
19	137	469
20	138	487
21	139	505
22	140	532
23	141	538
24	142	553

Fonte: Associação Brasileira dos Criadores de Gado Holandês (2009).

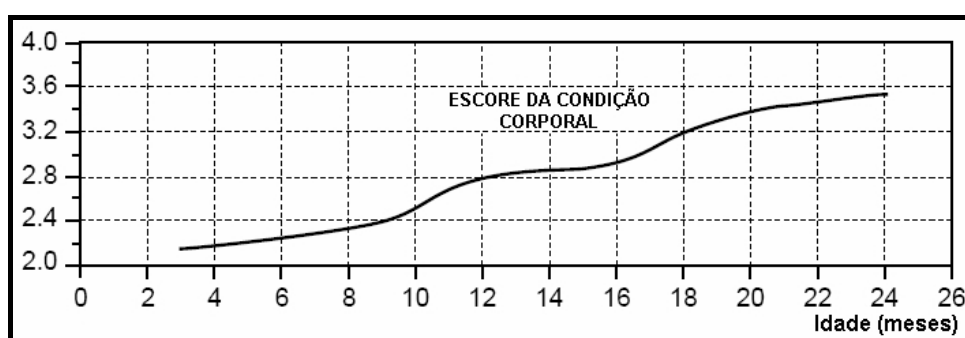


Figura 10. Escore da condição corporal de novilhas leiteiras variando em função da idade.

Fonte: Adaptado de Wattiaux (2009).

Há necessidade de manter o crescimento de novilhas sob padrões conhecidos, o que permite a comparação entre novilhas criadas sob diferentes velocidades de crescimento. O conhecimento desse padrão de crescimento (altura e peso vivo) pode

auxiliar o profissional na área agrária a identificar possíveis problemas de caráter nutricional. Qualquer fator que leve à saída do animal de dentro da curva padrão poderá diagnosticar problemas de ordem nutricional o mais rápido possível, permitindo rápida e precisa intervenção do profissional responsável pela nutrição da recria.

Três situações práticas são muito observadas no campo de recria de novilhas leiteiras para reposição (Wattiaux, 1996): situação 1: novilhas que apresentam altura dentro do padrão da raça, mas peso acima do recomendado. Logo, o diagnóstico nutricional desse animal é uma superalimentação energética; situação 2: novilhas com altura dentro do padrão da raça, mas com peso abaixo do recomendado. Diagnóstico: subalimentação energética; situação 3: novilhas com altura abaixo do recomendado para o padrão da raça, mas peso vivo dentro do padrão. Logo, o diagnóstico será subalimentação proteica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recria de novilhas para reposição em propriedades leiteiras deve ser planejada com bastante critério e responsabilidade. Qualquer fator ligado ao manejo dessa categoria, que prejudique o seu desenvolvimento, poderá afetar a sua futura eficiência produtiva.

O crescimento corporal das novilhas é acompanhado por redução nas exigências de energia, proteína e minerais no conteúdo da matéria seca consumida (% MS), mas, em se tratando de exigências diárias totais (g/dia), há aumento dessas exigências.

Por outro lado, a relação entre a exigência de proteína e de energia apresenta comportamento diferente em relação à idade do animal. Para mesmo ganho de peso, novilhas jovens exigem grandes quantidades de proteína em relação à energia. Para novilhas próximas do peso vivo adulto, as exigências relativas de proteína em relação às de energia são menores. Em outras palavras, novilhas jovens necessitam de menores relações volumoso:concentrado, sendo o suplemento concentrado com maior teor proteico. Novilhas mais velhas necessitam de maiores relações volumoso:concentrado, podendo o suplemento concentrado apresentar menor concentração proteica.

O melhor momento de imprimir velocidade de crescimento corporal em novilhas, e com um menor custo, é enquanto elas estiverem na fase de acúmulo de tecido muscular/esquelético, já que, durante esse período, o ruminante apresenta melhor conversão alimentar para a deposição de tecidos ligados ao crescimento e não para a engorda.

O ganho de peso compensatório (em que se alternam períodos de manutenção com períodos de alto ganho de peso corporal) é um ótimo regime nutricional para novilhas em crescimento, uma vez que essa estratégia maximiza a conversão alimentar de ruminantes, sem produzir excedentes energéticos armazenados na forma de tecido gorduroso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. *Energy and protein requirements of ruminants*. Wallingford, UK: CAB International, 1993. 159p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351p.

ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de bezerros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumosos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.27, p.1013-1022, 1998a.

ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Composição corporal e exigências líquidas e dietéticas de macrominerais de bezerros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumosos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.27, p.1023-1030, 1998b.

ARMSTRONG, D.G. Determination of the energy and protein requirements for milk and beef production; the AFRC system. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. *Anais...* Viçosa, MG: JARD Ed., 1995. p.7-27.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE GADO HOLANDÊS. Disponível em: <<http://www.gadoholandes.com.br>>. Acessado em: mar. 2009.

CAPUCO, A.V.; SMITH, J.J.; WALDO, D.R. et al. Influence of prepubertal dietary regimen on mammary growth of Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.2709-2725, 1995.

CHOI, Y.J.; HAN, I.K.; WOO, J.H. et al. Compensatory growth in dairy heifers: the effect of a compensatory growth pattern on growth rate and lactation performance. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.519-524, 1997.

DAVIS, C.L.; DRACKLEY, J.K. *The development, nutrition, and management of the young calf*. Ames, IA: Iowa State University Press, 1998. 339p.

ENSMINGER, M.E.; OLENTINE, C.G. *Feeds & Nutrition*. Clovis, CA: Ensminger Publ., 1978. 1417p. p.701-742.

FONTES, C.A.A. Composição corporal, exigências líquidas de nutrientes para ganho de peso e desempenho produtivo de animais zebuínos e mestiços europeu-zebu: Resultados experimentais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: JARD Ed., 1995. p.419-455.

FOX, D.G.; BARRY, M.C. Predicting nutrient requirements and supply for cattle with the Cornell net carbohydrate and protein system. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, MG. *Anais...Viçosa*, MG: JARD Ed., 1995. p.77-102.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.3085-3095, 1998.

McBRIDE, B.W.; BERTHIAUME, R.; LAPIERRE, H. Nutrient flow in the lactating cow. *Can. J. Anim. Sci.*, v.78, suppl., p.91-104, 1998.

McDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J.F.D. *Nutricion animal*. 4.ed. Zaragoza: Acribia, 1993. 571p.

McDOWELL, L.R. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. Orlando: Academic Press, 1985. p.21-36.

MILLER, W.J. *Animal feeding and nutrition: dairy cattle feeding and nutrition*. New York: Academic Press, 1979. 411p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 1989. 157p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NOLLER, C.H.; MOE, P.W. Determination of NRC energy and protein requirements for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. *Anais... Viçosa*, MG: JARD Ed., 1995. p.53-76.

NUNES, I.J. *Nutrição animal básica*. Belo Horizonte: Copiadora Breder, 1995. 334p.

PARK, C.S.; ERICKSON, G.M.; CHOI, Y.J. et al. Effect of compensatory growth on regulation of growth and lactation: response of dairy heifers to a stair-step growth pattern. *J. Anim. Sci.*, v.64, p.1751-1758, 1987.

PIRLO, G.; CAPELLETTI, M.; MARCHETTO, G. Effects of energy and protein allowances in the diets of prepubertal heifers on growth and milk production. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.730-739, 1997.

SEJRSEN, K.; PURUP, S. Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: a review. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.828-835, 1997.

SWANSON, E.W. Level of feeding and mammary development. In: CUNHA, T.J.; WARNICK, A.C.; KOGER, M. *Factor affecting calf crop*. Gainesville: University of Florida Press, 1967. p.122-138.

VAN AMBURGH, M.E.; GALTON, D.M.; BAUMAN, D.E. et al. Effects of three prepubertal body growth rates on performance of Holstein heifers during first lactation. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.527-538, 1998.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of ruminant*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

VÁZQUEZ-AÑÓN, M. Meeting the protein demand of lactation. *Feed Mix.*, v.5, n.6, p.25-29, 1997.

VERMOREL, M.; COULON, J.B. Comparision of the National Research Council energy system for lactating cows with four european systems. *J Dairy Sci.*, v.81, p.846-855, 1998.

WATTIAUX, M.A. Heifer raising: Weaning to calving. Madison, WI: University of Wisconsin, Babcock Institute for International Dairy Research and Development. Chapter 33-35. Disponível em: <<http://babcock.cals.wisc.edu>>. Acessado em: mar. 2009.

WATTIAUX, M.A. Technical dairy guide: Raising dairy heifers. Madison, WI: University of Wisconsin System, 1996. 126p. Online. Disponível em: <http://babcock.cals.wisc.edu>.

CAPÍTULO 5

ALIMENTAÇÃO DA VACA MESTIÇA

*Alexandre Cota Lara*¹, *Lúcio Carlos Gonçalves*², *Matheus Anchieta Ramirez*³,
*Wellyngton Tadeu Vilela Carvaho*⁴

RESUMO

Vários aspectos devem ser analisados antes de o uso de animais mestiços em sistemas de produção de leite ser considerado o modelo de eleição para o Brasil. A grande adaptabilidade destes animais a variados climas e manejos “mais rústicos” deve ser vista como uma vantagem, mas não pode induzir empresários rurais a deixarem de observar fatores importantes para a realização econômica do projeto. Neste capítulo, serão discutidos alguns destes fatores, como variação nos sistemas de alimentação na estação das águas, uso de pastagens e fornecimento de concentrado; e, na estação da seca, as opções de forrageiras para fornecimento no cocho, como a cana-de-açúcar. Uma variável do ponto de vista nutricional de grande importância é o consumo de matéria seca. Também será discutida a persistência de lactação de animais mestiços, o uso de somatotropina bovina e a frequência de ordenhas. Apesar de as vacas mestiças serem menos propensas ao estresse térmico que as vacas puras, na medida em que se buscam animais de maior potencial produtivo, essa sensibilidade pode aumentar. Assim, a preocupação com conforto animal também deve se estender a rebanhos mestiços. Talvez a maior dúvida dos proprietários rurais que utilizam vacas mestiças para produzir leite seja quanto ao grupo genético mais adequado ao sistema. Serão feitas algumas considerações acerca deste tema e da influência do escore corporal ao parto sobre o desempenho na lactação de animais mestiços. O objetivo do presente artigo não é esgotar conhecimentos sobre estes assuntos, mas demonstrar a importância de se aumentar os controles dentro do sistema adotado e, por consequência, as chances de sucesso dentro da atividade.

INTRODUÇÃO

O crescimento expressivo da produção de leite no Brasil nas últimas décadas colocou o país como exportador de produtos lácteos no cenário mundial. Neste contexto, está o estado de Minas Gerais, que ocupa o primeiro lugar na produção leiteira do país. O leite é produzido em todos os municípios mineiros e, na sua maioria, em sistemas de

¹ Médico Veterinário, MSc. Coordenador Técnico Itambé, Av. Julio Otaviano Ferreira 976, CEP 31170-200 Belo Horizonte, MG. alexandre.cota@itambé.com.br

² Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

³ Médico Veterinário, MSc, Doutorando em Zootecnia Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG.

⁴ Médico Veterinário, MSc, Doutorando em Nutrição Animal, Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. ertim81@yahoo.com.br

produção com vacas mestiças. São vários os sistemas utilizados no Brasil, desde os altamente intensivos em tecnologia e investimentos, com rebanhos especializados, até aqueles mais simples, com baixo nível tecnológico e de investimentos, os quais utilizam animais não especializados. A despeito da grande produção de leite no estado de Minas Gerais e no Brasil, muito ainda há que se fazer na melhoria das produtividades por animal e por área, com melhora da eficiência produtiva e reprodutiva, que, por sua vez, têm dependência direta da nutrição destes animais.

Considerando-se as variáveis como clima, solo, cultura, capacidade de investimento, mão de obra e mesmo as características econômicas do país, sistemas de produção de leite que privilegiem a produção de pastagens de boa qualidade e de animais mais adaptados às condições ambientais mostram-se mais competitivos pelos menores custos de produção, maior produtividade por área e por mão de obra.

Os sistemas de produção de leite que utilizam animais mestiços aparecem como opção muito interessante na busca pela sustentabilidade zootécnica e econômica da atividade. Pesquisas realizadas por importantes empresas, como a Embrapa e a Epamig, têm demonstrado a boa adaptabilidade de animais mestiços em condições comuns de produção de leite na região Sudeste, corroborando com resultados obtidos em outros países tropicais. Assim, a adoção de tecnologias no meio pecuário para aumento na produtividade destes animais vem ao encontro desses resultados experimentais. Elevadas produções de leite por área, investimentos moderados em instalações e custos de produção competitivos têm sido fatores determinantes na opção por sistemas intensivos em pastagens.

Porém, a estacionalidade na produção de forragens leva os sistemas que usam pastagens na época chuvosa do ano a buscarem alternativas de suplementação do rebanho no inverno. As baixas ou quase ausentes precipitações pluviométricas nos meses de abril a setembro, somadas a baixas temperaturas e luminosidade, inviabilizam o uso de pastagens durante estes meses, à exceção de regiões onde as forrageiras respondem bem à irrigação, o que pode ser considerado uma área muito pequena dentro do estado de Minas Gerais. A mais básica das formas de armazenar alimentos volumosos produzidos em quantidade suficiente no verão é a ensilagem de forrageiras produzidas de forma satisfatória. Outra alternativa cada dia mais usada é a cana-de-açúcar, forrageira que atinge seu maior valor nutritivo, pelo maior acúmulo de sacarose, justamente na época seca do ano.

Independente do modelo adotado em relação à eficiência de exploração da terra e dos animais, diante das premissas e requisitos do mercado aberto e da economia globalizada, as eficiências técnicas e econômicas precisam ser o objetivo principal. São muitos os aspectos a serem observados na busca de sistemas capazes de proporcionar resultados zootécnicos e financeiros desejados, dentro de uma visão de negócio na produção de leite.

Como a alimentação é o maior custo na atividade leiteira, as decisões alimentares muitas vezes se confundem com a própria definição do sistema de produção. O termo

produção de leite “a pasto”, uma descrição da opção forrageira adotada, muitas vezes vira sinônimo de sistema de produção, sem considerar todas as outras variáveis determinantes da opção produtiva, como uso de alimentos concentrados, bens e de mão de obra. Exemplos deste tipo evidenciam que alimentar eficientemente os animais é importante para se ter sucesso na atividade leiteira.

Quando se fala em nutrição de vacas de leite, seja qual for o sistema, uma análise da necessidade de uso de alimentos concentrados não pode ficar de fora. Dentro da composição do custo de um litro de leite produzido, assim como o item de maior peso é a alimentação dos animais, dentro do custo alimentação, o concentrado é o de maior impacto. Dessa forma, a utilização de concentrados de maneira correta deixa de ser uma opção e torna-se uma condição obrigatória para que a atividade seja rentável. Maior gasto com alimentação concentrada não indica necessariamente maior retorno em produção de leite. Conhecer como a vaca mestiça utiliza o concentrado fornecido, como é a interação com o manejo alimentar, seja em pasto no verão, ou usando-se forragens colhidas no inverno, pode indicar o sucesso ou insucesso na atividade.

O sistema alimentar tem a capacidade de sintetizar um modo de produção. Neste contexto, qual a forma de alimentação prevalente na fazenda brasileira que usa animais mestiços para a produção de leite e qual a forma adotada nas fazendas com manejo mais intensivo? Entender as estratégias serve para direcionar caminhos a fim de melhorar a eficiência nestes tipos de exploração leiteira.

1 - NUTRIÇÃO DE VACAS MISTIÇAS EM LACTAÇÃO NA ESTAÇÃO CHUVOSA

Em países de clima tropical como o Brasil, a alimentação de vacas no período de chuvas sempre buscou a utilização eficiente das pastagens, utilizando-se ou não a suplementação com ração concentrada, com o objetivo de maximizar a produção animal. O primeiro desafio de explorações de gado leiteiro a pasto é a determinação do consumo de forragem neste tipo de manejo. A utilização eficiente do pasto é influenciada, entre outros fatores, pelas características da forrageira, pelo uso de concentrado e pelas características do animal. Pesquisas para avaliar diferentes composições genéticas são importantes para melhor caracterização do sistema de produção de leite com gado mestiço. Estes assuntos serão tratados com o objetivo de esclarecer como cada uma destas variáveis pode influenciar a produção de leite em vacas mestiças.

Sistemas que usam pastagens intensivamente no verão requerem aplicação de técnicas adequadas de manejo, visando otimizar tanto a produção quanto a eficiência de utilização dessa forragem pelo animal (Deresz et al., 1992; Silva e Pedreira, 1996). A colheita e a utilização eficiente da forragem dependem do atendimento de requisitos básicos referentes ao animal, como limitações físicas ao pastejo, desde o conforto animal até a existência de patologias de casco ou outras; e também de características da forragem, como população de plantas e disponibilidade de massa verde. Deve-se

levar em consideração ainda o potencial produtivo e as exigências nutricionais dos animais, o que interfere diretamente no consumo de matéria seca e na necessidade de suplementação concentrada.

O fornecimento exclusivo de pastagens tropicais não atende as necessidades para produções acima de 10 – 14 litros de leite (Santos e Juchem, 2001). A mobilização das reservas corporais para sustentar a produção de leite nos primeiros meses de lactação é um dos desafios dos nutricionistas. Isto levando-se em consideração o avanço genético dos animais com cruzamentos direcionados para aproveitar a rusticidade do sangue Zebu, mas com grande contribuição para o aumento da produção de leite com a participação do sangue europeu. Guimarães et al. (2002) mostram claramente as maiores produções de leite para vacas 3/4 e 7/8 Holandês em relação às vacas 1/2 sangue, ao mesmo tempo em que acontece um período de serviço mais longo para os animais com maior percentual de sangue da raça Holandesa (Tabela 1).

Tabela 1. Produção de leite por lactação e período de serviço em função dos diferentes graus de sangue.

Composição genética	Número de observações	Produção de leite (kg)	Número de observações	Período de serviço (dias)
HPC	56	3.864,89 a,b,c	57	157,46 a,b
15/16	20	3.579,70 a,b,c	17	149,06 a,b
7/8	35	4.244,95 a	35	158,74 a,b
¾	76	4.000,69 a,b	84	142,56 b
9/16	43	3.162,17 b,c,d	43	174,35 a,b
½	16	2.681,63 c,d	15	77,87 b
Gir	8	1.427,06 d	8	337,88 a

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si ($P>0,05$).

Fonte: Adaptado de Guimarães et al. (2002).

A mesma observação quanto à produção de leite também foi feita por Facó et al. (2002), sendo que estes autores avaliaram ainda três regimes alimentares normalmente usados por fazendas que produzem leite com animais mestiços. No sistema caracterizado por estes autores como “regime alimentar extensivo”, ou seja, sem suplementação concentrada, as produções de leite foram iguais para todas as composições genéticas. Porém, propriedades que adotam “sistema alimentar semi-intensivo”, ou “intensivo” obtiveram maiores produções de leite para os animais com maior participação de sangue da raça Holandesa. Isso se justifica, pois à medida que maiores potenciais genéticos alcançam melhores condições nutricionais, obtém-se a resposta em produção de leite e podem-se esperar também melhores resultados reprodutivos. Além do fator produção de leite por dia de lactação, também se deve avaliar a persistência de lactação, o que interfere diretamente na receita bruta da fazenda. Guimarães et al. (2002) observaram numericamente aumento na duração da lactação de animais com maior percentual de sangue da raça Holandesa comparados a animais 1/2 sangue e Gir (Tabela 2).

Tabela 2. Período de lactação em função da composição genética.

Composição genética	Número de observações	Período de lactação (dias)
HPC	56	284,25 a
15/16	20	268,25 a
7/8	35	289,94 a
3/4	76	298,75 a
9/16	43	239,21 a
1/2	16	231,94 a
Gir	8	189,50 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si ($P>0,05$).

Fonte: Adaptado de Guimarães et al. (2002).

Para Campos (1987), o período de lactação aumenta à medida que aumenta o percentual de sangue da raça Holandesa. Este autor também cita que, para animais de menor número de parições, observam-se lactações mais longas, possivelmente devido ao maior período de serviço. Tal fato é amplamente conhecido em rebanhos leiteiros, visto que animais de primeira parição, frequentemente sujeitos a manejo nutricional inadequado, possuem maior intervalo entre o parto e a concepção seguinte.

Deresz (2001) avaliou vacas de diferentes percentuais de sangue Holandês x Zebu em pastejo rotacionado de capim-elefante, fornecendo 2,0kg de concentrado com 20% de proteína bruta (PB), 75% de nutrientes digestíveis totais (NDT) e 32% de fibra em detergente neutro (FDN), em comparação a nenhuma suplementação concentrada (Tabela 3). O grupo suplementado produziu mais leite, com teor mais alto de proteína, mas estatisticamente não apresentou maior ganho de peso que os animais não suplementados. Neste trabalho, o autor concluiu que a suplementação não foi vantajosa por ter proporcionado um pequeno aumento na produção de leite. Neste caso, ele também não comprovou a perda de condição corporal devido à mobilização de reservas, já que os animais ganharam peso.

Tabela 3. Produção de leite (kg/vaca/dia), composição média de leite e variação de peso vivo (g/dia) de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de capim-elefante, com e sem concentrado.

	Tratamento		Erro-padrão da média
	Sem concentrado	Com concentrado	
Leite (kg/dia)	11,9 a	13,4 b	0,18
Leite a 4% (kg/dia)	11,4 a	12,6 b	0,23
Gordura (%)	3,8 a	3,7 a	0,11
Proteína (%)	3,0 a	3,2 b	0,03
Extrato seco total (%)	12,4 a	12,4 a	0,12
Período (dias)			
1-10	217 a	228 a	0,09
10-29	65 a	158 a	0,04
1-29	114 a	180 a	0,04

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si ($P>0,05$).

Fonte: Adaptado de Deresz (2001).

Facó et al. (2002) analisaram 3.574 lactações para animais 1/4; 1/2; 5/8; 3/4 e $\geq 7/8$ Holandês/Gir em três sistemas de alimentação considerados “regime alimentar extensivo” (RAEX), “regime alimentar semi-intensivo” (RASI) e “regime alimentar intensivo” (RAI). Estes autores observaram que à medida que o percentual de sangue da raça Holandesa aumentava nos rebanhos, maior era a resposta à melhoria no sistema de alimentação, mostrando aumentos significativos na produção de leite por lactação, produção de leite até os 305 dias de lactação e duração da lactação, passando-se do RAEX para o RASI e daí para o RAI. A conclusão deste grupo de pesquisadores foi que não há benefícios em se elevar a proporção de genes da raça Holandesa nas condições ambientais (nutricionais) mais hostis. Ou seja, no RAEX a produção de leite por lactação, a produção de leite até os 305 dias de lactação e a duração da lactação não foram alteradas pelo aumento da participação de sangue Holandês na composição genética do rebanho. Entretanto, para as condições de manejo (nutrição) mais favoráveis, tal elevação deu indícios de ser interessante para o aumento da produção. Este fato pôde ser comprovado pelo aumento significativo da produção de leite por lactação e até os 305 dias de lactação e duração da lactação partindo de animais 1/4 Holandês e chegando-se a animais $\geq 7/8$ Holandês.

Ao se analisarem os sistemas que utilizam pastejo durante a estação das chuvas, não se podem deixar de considerar fatores relacionados ao animal presente neste sistema e ao tipo de forrageira que mais se adapte ao sistema e também à região em que se pretende instalar o sistema de produção. A relação entre o consumo de pasto por vacas mestiças em lactação e os fatores supostamente envolvidos na sua regulação é muito complexa. Segundo Roseler et al. (1997), métodos consistentes para predição de consumo de pasto deverão levar em consideração as variáveis relacionadas ao alimento, animal, manejo e condições ambientais. Ou seja, em cada um desses itens, subentende-se outro número de fatores que se inter-relacionam e interferem, algumas vezes positivamente outras negativamente, nos demais. Portanto, dizer que se trata de um assunto complexo é ainda uma simplificação.

Para vacas mantidas em confinamento, encontram-se diversos estudos visando ao desenvolvimento de equações de predição de consumo, enquanto para vacas em lactação mantidas a pasto, principalmente de forrageiras tropicais, existem poucos estudos na literatura. Lopes et al. (2005) avaliaram alguns fatores que poderiam influenciar o consumo para vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação em pasto de capim-elefante, usando resultados de experimentos da Embrapa Gado de Leite de 1992 a 1994. Nestes três anos, foi utilizada pastagem de capim-elefante, dividida em piquetes e manejada em sistema rotativo. Os tratamentos estudados foram períodos de descanso da pastagem, além da adoção ou não de suplementação concentrada (2,0kg/vaca/dia) ao longo do ano. De novembro a maio, o único alimento volumoso fornecido foi o capim-elefante da pastagem. No período seco do ano (junho a outubro), após a ordenha da tarde, as vacas eram encaminhadas aos piquetes, onde permaneciam até a ordenha da manhã seguinte. Nos intervalos entre as ordenhas, recebiam, no curral, cana-de-açúcar picada e corrigida com 1% de ureia:sulfato de amônio (9:1). Neste estudo, as seguintes variáveis foram significativas sobre o consumo de pasto:

- a) fornecimento de cana-de-açúcar no período seco do ano. O uso desta forrageira parece ter influenciado negativamente o consumo de pasto pelo efeito de substituição, mas também se deve considerar o fato de que havia pouca oferta de material nos piquetes de capim-elefante. Ao se fornecer cana no intervalo entre as ordenhas, houve menor consumo de pasto durante a noite;
- b) a estação do ano teve forte correlação com o consumo de pasto, uma vez que este fator influencia diretamente a disponibilidade de forragem com alto percentual de folhas, menor conteúdo de fibra e maior digestibilidade. Assim, o consumo de matéria seca de capim-elefante foi maior na estação chuvosa;
- c) a produção de leite também foi correlacionada positivamente com o consumo de pasto. Esta correlação é bem descrita na literatura por Vadiveloo e Holmes (1979); Caird e Holmes (1986), que mediram produção de leite *in natura*, e Curran e Holmes (1970); Holter et al. (1996, 1997); Vazquez e Smith (2000), que mediram a produção de leite corrigido para 4% de gordura. No estudo de Lopes et al. (2005), a maior correlação foi encontrada para leite corrigido para 4% de gordura, ou seja, o consumo foi maior para produções de leite maiores. Brigstoke et al. (1982) discutiram a importância de se incluir, em equações de predição de consumo para vacas produtoras de leite com altos teores de gordura, como ocorre na raça Jersey, uma variável relacionada ao teor de energia do leite. A produção de gordura do leite nos animais mestiços utilizados no experimento de Lopes et al. (2005) justifica a relação de dependência observada entre o consumo e a produção de leite corrigido para 4% de gordura;
- d) a digestibilidade *in vitro* da MS, obtida por análise de extrusas coletadas em bovinos fistulados, foi uma das variáveis de mais forte correlação com o consumo de pasto de capim-elefante tanto na época das águas quanto na seca, fato também confirmado pela maior taxa de degradação da forragem no ambiente ruminal e estímulo ao consumo;
- e) o consumo de concentrado também foi correlacionado com depressão do consumo de pasto. Por este motivo, os pesquisadores citam sua importância como variável que pode diminuir o consumo de pasto por efeito de substituição.

A limitação no uso de equações de predição de consumo está no fato de que não se podem garantir as correlações encontradas nos estudos citados acima com todas as situações vividas a campo, devido à grande variabilidade nas características dos animais, das forragens e dos climas. Mas tais correlações servem como um norte a ser buscado e sinalizam sobre as principais variáveis a serem consideradas no momento de se realizar ajustes dentro do sistema de alimentação nas fazendas leiteiras.

O efeito da suplementação da pastagem com diferentes níveis de concentrado sobre a produção de leite em pastagens tropicais foi avaliado por Valle et al. (1987); Deresz (1994); Alvim et al. (1997). A resposta de vacas de leite em pastagens tropicais ao

receberem suplementação com concentrado varia de 0,5 a 1,0kg de leite para cada 1,0kg de concentrado fornecido. A busca por maior produtividade por área em sistemas de exploração a pasto leva à pesquisa do uso de suplementação, a fim de se aumentar a produção por animal instalado e, assim, aumentar a eficiência do uso do pasto. Para avaliar a viabilidade do uso de suplementação com concentrado em sistemas de pastejo para vacas mestiças, Deresz et al. (2003) conduziram um experimento na unidade da Embrapa de Coronel Pacheco. Foi utilizada uma área de pastagem de capim-elefante em sistema rotativo e avaliou-se a produção e composição do leite e o peso vivo dos animais. Os tratamentos foram: pastagem de capim-elefante sem suplementação de concentrado (SC) e com fornecimento de 2,0kg de concentrado/vaca/dia (CC). O concentrado oferecido foi composto de 65% de milho grão moído, 20% de farelo de trigo, 10% de farelo de algodão, 2% de ureia, 2% de calcário e 1% de mistura mineral. A composição química média do concentrado foi de 20,6% de proteína bruta, 81,5% de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), 32% de fibra em detergente neutro (FDN) e 82% de matéria seca (MS). Na Tabela 4, são apresentadas as produções diárias de leite não corrigido e corrigido para 4% de gordura.

Tabela 4. Produção média (kg/vaca/dia) e composição percentual média do leite de vacas mestiças Holandês x Zebu e respectivos desvios-padrão em pastagem de capim-elefante, com concentrado (CC) e sem concentrado (SC), durante a época das chuvas.

Variável	Tratamento	
	SC	CC
Leite	11,7 ± 0,23 a	12,5 ± 0,23 b
Leite corrigido para 4% G	11,6 ± 0,31 a	12,5 ± 0,31 b
Gordura (%)	4,0 ± 0,14 a	4,1 ± 0,14 a
Proteína (%)	3,0 ± 0,08 a	3,1 ± 0,08 b
Extrato seco total (%)	11,8 ± 0,18 a	11,8 ± 0,18 a

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si ($P > 0,05$).

Fonte: Deresz et al. (2003).

Em ambos os casos, houve diferença significativa ($P < 0,05$) a favor do tratamento CC. A diferença média para o leite corrigido entre os dois tratamentos foi 0,9kg a favor do fornecimento de 2,0kg de concentrado. Isso significa resposta de 0,45kg de leite para cada 1,0kg de concentrado fornecido, embora a proteína e os NDT fornecidos pelo concentrado fossem suficientes para produzir 2,0kg de leite. Em outros experimentos, Deresz (1994) e Deresz (2001) encontraram, em média, 0,6kg de leite para cada 1,0kg de concentrado fornecido, para vacas em pastagem de capim-elefante. Houve diferença entre os tratamentos quanto ao teor de proteína do leite, sendo este mais elevado no tratamento que recebeu 2,0kg de concentrado/vaca/dia. Entretanto, não houve diferença em relação aos teores de gordura e extrato seco total. Não houve diferença estatística entre os tratamentos quanto ao ganho de peso médio diário das vacas durante o período avaliado. O ganho médio diário foi de 211 e 244g por vaca,

para o tratamento SC e CC, respectivamente. Isso sugere que a forragem ingerida forneceu os nutrientes necessários para a produção de leite sem a necessidade de mobilização de reservas corporais. Apesar de, no caso desse ensaio, os autores concluírem que não foi vantajoso o uso de concentrado pela pequena resposta obtida, na prática, a decisão do uso ou não de suplementação deve sempre ser avaliada de acordo com o preço pago por kg de leite produzido e o custo do concentrado, além da avaliação de outros parâmetros com peso econômico, como eficiência reprodutiva, intervalo entre partos e período de serviço.

A interferência do uso do concentrado na produção de leite é o que se busca, mas deve-se entender a sua relação com o consumo de matéria seca do pasto e também com o consumo total de matéria seca pelos animais. Berchielli et al. (2001) determinaram a ingestão de matéria seca (IMS) do capim-coastcross sob pastejo de vacas mestiças Holandês x Gir e Gir puras em lactação. A IMS total foi de 6,3kg/vaca/dia ou 1,4% do peso vivo (PV), para as vacas Gir e mestiças, considerando o fornecimento de 2,6kg/vaca/dia de concentrado. Neste caso, a IMS do capim-coastcross foi de 4,7kg/vaca/dia (1% do PV) para as vacas mestiças com produção de leite de 10,6kg/vaca/dia e 2,7kg/vaca/dia (0,7% do PV) para as vacas Gir com produção de leite de 6,4kg/vaca/dia. Os autores concluíram que o baixo consumo observado para o capim-coastcross pode ter sido em função da quantidade de concentrado ingerido, provocando efeito de substituição. A participação do concentrado na MS total foi, em média, 52,5% para as vacas Gir e 39,05% para as vacas mestiças.

Lima et al. (2001) estimaram a IMS por vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação, em pastagem rotacionada de capim-tanzânia com e sem suplementação de concentrado. A quantidade de concentrado fornecida foi de 3,0kg/vaca/dia, e a IMS foi de 2,15% e 2,37% do PV. O consumo de FDN foi de 1,42% e 1,86% do PV, para os dois grupos, respectivamente. Verificou-se um efeito de substituição da pastagem pelo concentrado ao mesmo tempo em que a IMS total aumentou. Resultados semelhantes foram encontrados por Soares et al. (2001) no mesmo tipo de pastagem e também usando vacas mestiças em lactação. Neste trabalho, a IMS total foi de 2,3% do PV para as vacas que receberam 3,0kg de concentrado contra 1,86% para as vacas sem suplementação.

O uso de sistemas de pastejo rotacionado tem aumentado em fazendas destinadas à produção leiteira, no intuito de melhorar a qualidade da forragem ofertada aos animais e aumentar a lotação, reduzindo os custos de produção. Mas, segundo Corsi (1994), parece que a necessidade de conhecimento básico para o estudo e a execução de sistemas de manejo das pastagens impõe-se de maneira muito lenta, em virtude de se dispor, nos trópicos, de um grande número de estratégias de produção e uso das plantas forrageiras.

Santos et al. (2005) avaliaram o desempenho de vacas mestiças em diferentes fases de lactação em sistema de pastejo rotacionado em capim-elefante e capim-tanzânia. Avaliaram-se, para os piquetes de capim-elefante, períodos de ocupação de um ou

dois dias e, para os piquetes de capim-tanzânia, períodos de ocupação de um, dois ou três dias. Os animais foram organizados em três grupos de fases de lactação (15 a 90 dias, 91 a 180 dias e mais de 180 dias de lactação). Os animais utilizados em cada ciclo de pastejo não foram os mesmos, pois utilizou-se o fluxo de animais a fim de se manter vacas nas três fases de lactação. As vacas de 15 a 90 dias pós-parto receberam suplementação com 4,0kg de concentrado por dia. Não houve efeito do período de ocupação nem para o capim-elefante nem para o capim-tanzânia.

Nos piquetes de capim-elefante, não houve efeito do período de ocupação sobre a produção de leite. As vacas no início de lactação apresentaram produção de leite 40,16% superior à média de todas as vacas; as vacas com período de lactação de 90 a 180 dias apresentaram produção de leite 5,02% acima da média geral e as vacas em final de lactação apresentaram produção 14,73% abaixo da produção média geral.

Nos piquetes de capim-tanzânia, houve diferença para estágio de lactação. As vacas até 90 dias produziram $13,6 \pm 2,5$ kg/vaca/dia, as vacas de 90 a 180 dias produziram $11,1 \pm 1,7$ kg/vaca/dia e as vacas acima de 180 dias de lactação produziram $9,4 \pm 2,8$ kg/vaca/dia. O período de ocupação de três dias não foi adequado ao pastejo de capim-tanzânia, visto que as produções de leite foram significativamente ($P < 0,05$) menores no terceiro dia de ocupação.

2 - NUTRIÇÃO DE VACAS MISTIÇAS EM LACTAÇÃO NA ESTAÇÃO SECA

A estacionalidade na produção de forragens no Brasil praticamente obriga os fazendeiros a utilizar suplementação volumosa na época seca do ano para sustentar a produção de leite. Uma grande parte dos produtores de leite que utilizam vacas mestiças fazem uso da cana-de-açúcar como principal volumoso na dieta no período que compreende a estação seca. A cana-de-açúcar possui algumas características que têm justificado a sua escolha como recurso forrageiro, dentre elas, elevada produção por unidade de área cultivada, cultivo relativamente fácil, baixo custo por unidade de matéria seca produzida e coincidência do período de sua maior disponibilidade com o período de escassez de forragem na forma de pasto. Outra vantagem de se utilizar a cana-de-açúcar como recurso forrageiro constitui-se no fato de seu valor nutritivo manter-se praticamente constante por um período de tempo relativamente prolongado, sendo os melhores valores obtidos com intervalos de corte de 12 a 18 meses, contrastando com outras gramíneas tropicais (Preston, 1984).

Porém, a cana-de-açúcar, como alimento para bovinos, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína e minerais e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal (Pate, 1977; Leng, 1988), podendo levar à baixa produtividade animal, quando comparada a outras forrageiras, como silagem de milho, por exemplo. Não se pretende discutir as formas de utilização básica da cana-de-açúcar, mas sim as variáveis envolvidas com a resposta animal em condições

em que se possam obter melhores resultados dentro do sistema de produção de animais mestiços.

O principal carboidrato não fibroso (CNF) da cana-de-açúcar é a sacarose, que é altamente disponível para os ruminantes. Já os carboidratos fibrosos (CF), sendo os principais a celulose e as hemiceluloses, são incompletamente disponíveis (Mertens, 1997). A FDN das forrageiras, de modo geral, apresenta disponibilidade muito variável, sendo a fração que mais afeta o conteúdo energético dos alimentos (Van Soest, 1994). A grande variação nos teores de FDN e, por consequência, da sacarose na cana-de-açúcar existe em função das variedades e da idade de corte, o que pode causar repostas variadas na produção de leite. Fernandes et al. (2001) utilizaram o modelo de Cornell para avaliar a variação no teor de FDN e as taxas de degradação de 15 variedades de cana-de-açúcar e os impactos na produção esperada de leite por vacas mestiças. Neste estudo, à medida que os teores de FDN da dieta aumentaram de 40 para 60% e o valor de lignina foi de 14%, a energia metabolizável (EM) decresceu a ponto de comprometer a produção de leite em 24%. Já a produção de proteína metabolizável (PM) relacionada com a disponibilidade ruminal de carboidratos decresceu a ponto de comprometer a produção de leite esperada em 37%.

Na concentração de FDN da dieta fixa em 50% e no aumento da lignina de 14 para 18%, a produção de leite esperada caiu em 7% em função da EM, porque a elevação da lignina reduziu a disponibilidade da FDN. A PM foi reduzida em 3%, diminuindo a produção de leite em função da PM em 10%.

A produção esperada de leite em função da EM e da PM aumentou em 14% quando a taxa de digestão da FDN aumentou de 1 para 2,5%/h e aumentou mais 7% quando essa taxa aumentou de 2,5 para 4%/h. Esses aumentos foram o resultado de maior degradação ruminal da FDN, promovendo maior crescimento microbiano. Houve considerável variação nos percentuais de FDN e lignina das diferentes variedades de cana-de-açúcar, como observado na Tabela 5. Estas variações conferem diferenças importantes entre estes alimentos, podendo afetar seu consumo pelos animais, uma vez que a relação entre a FDN e o consumo é negativa (Mertens, 1997). Em virtude de a lignina ser o componente da parede celular vegetal que mais afeta a disponibilidade de polissacarídeos fibrosos, o aumento da sua concentração na FDN obrigatoriamente reduz a disponibilidade de energia dos alimentos (Van Soest, 1994).

Para se formularem dietas com a finalidade de se observarem as variações ocorridas na produção de leite, em função dos teores de FDN e lignina, das variedades de cana-de-açúcar, a variável de interesse para a interpretação dos resultados fornecidos pelo Sistema de Cornell foi a produção de leite, em função da EM e da PM disponíveis na dieta. A Tabela 6 mostra as variações nas produções de leite esperadas e explica a razão de menores produções devido ao balanço na energia e proteína quando variam as concentrações de FDN e lignina.

Tabela 5. Composição química, fracionamento dos carboidratos e suas taxas de degradação das variedades de cana-de-açúcar (% MS)¹.

Variedade	MS	PB	EE	FDN	MM	Lig ²	CT ³	CNE	CE	CNE (%/h)	CE (%/h)
RB855113	29,5	2,6	0,74	49,7	1,4	11,9	95,3	48,7	36,4	19,5	2,3
RB765418	29,1	2,6	0,69	50,0	1,5	12,6	95,2	48,2	35,9	18,6	2,4
RB855536	27,0	3,2	0,72	47,3	1,5	13,5	94,6	50,8	33,0	22,1	2,5
SP79-2233	27,7	3,0	0,65	45,7	1,6	13,5	94,7	52,6	31,7	19,3	2,4
RB845257	28,1	2,4	0,72	48,8	1,4	13,2	95,5	49,7	34,1	18,4	2,1
SP80-180	28,5	2,8	0,68	48,8	1,3	13,4	95,3	49,6	33,9	18,4	2,2
RB855453	28,5	2,7	0,68	51,2	1,8	12,8	94,8	46,8	36,6	18,9	2,3
RB855336	29,4	2,8	0,67	49,4	1,9	13,1	94,6	48,6	35,0	17,7	2,2
SP80-1842	29,3	2,9	0,70	46,6	1,2	14,9	95,2	51,8	30,8	17,4	2,2
SP81-1763	27,7	2,5	0,72	46,5	1,6	13,9	95,2	52,0	31,9	18,3	2,0
SP80-4445	26,9	2,5	0,70	45,2	1,6	12,6	95,2	53,3	32,4	18,6	2,3
SP79-1011	19,1	2,2	0,67	47,2	1,5	13,0	95,7	51,3	33,3	16,2	2,1
RB739359	27,5	2,5	0,68	44,8	1,8	14,4	95,0	53,6	30,1	18,1	2,3
RB867515	28,9	2,9	0,70	47,9	1,6	13,8	94,8	50,3	33,0	19,3	2,3
SP80-3280	27,4	2,7	0,64	49,8	1,7	13,5	94,8	48,4	34,7	18,2	2,2

¹Dados obtidos a partir das médias para cada nutriente das variedades de cana-de-açúcar;

²Lig = Lignina como porcentagem da FDN;

³CT = Carboidratos totais [100-(PB+EE+MM)].

Fonte: Adaptado de Fernandes et al. (2001).

Tabela 6. Respostas esperadas na produção de leite e parâmetros ruminais, em função das mudanças nos teores de FDN e lignina das variedades de cana-de-açúcar^{1,2}.

	40% FDN ³			50% FDN			60% FDN		
	10% Lig ⁴	14% Lig	18% Lig	10% Lig	14% Lig	18% Lig	10% Lig	14% Lig	18% Lig
Produção de leite (EM), kg/d	11,8	11,3	10,8	10,7	10,1	9,4	9,5	8,6	7,7
Produção de leite (PM), kg/d	12,8	12,3	11,9	10,6	10,1	9,5	8,4	7,8	7,1
Balanço de PM, g/d	140,0	119,0	98,0	31,0	4,0	-23,0	-79,0	-112,0	-146,0
Balanço de EM, Mcal/d	2,1	1,5	0,9	0,9	0,1	-0,7	-0,6	-1,6	-2,6
PM microbiana, g/d	872,0	863,0	840,0	792,0	781,0	769,0	710,0	696,0	682,0
PM oriunda da PNDR, g/d	281,0	281,0	281,0	280,0	280,0	280,0	279,0	279,0	279,0

¹A cana-de-açúcar correspondeu a 54% da dieta total e 75% do volumoso, sendo fixado consumo constante de matéria seca igual a 11,4 kg/d, de acordo com o Sistema de Cornell;

²Valores médio, máximo e mínimo absolutos das análises químicas e da cinética de degradação dos carboidratos das 15 variedades de cana-de-açúcar;

³FDN = porcentagem da matéria seca;

⁴Lignina = porcentagem da FDN.

Fonte: Adaptado de Fernandes et al. (2001).

O raciocínio é de que, quando se utiliza um volumoso que possui alto teor de FDN e lignina na dieta de vacas em lactação, maior é a necessidade de suplementação com outros alimentos energéticos para se manter a produção de leite. Esta afirmação baseia-se não só na necessidade de se corrigir a energia metabolizável da dieta em si,

mas também de se maximizar a proteína metabolizável microbiana que chega ao intestino delgado. Ao se analisar a Tabela 7, pode-se ver claramente esta necessidade.

Tabela 7. Dietas para vacas em lactação com 500kg de peso vivo e produção de 10kg de leite/dia, de acordo com o Sistema de Cornell, em função das variações dos teores de FDN e da lignina das variedades de cana-de-açúcar^{1,2}.

Consumo de MS (kg/d)	40% FDN ³			50% FDN			60% FDN		
	10% Lig ⁴	14% Lig	18% Lig	10% Lig	14% Lig	18% Lig	10% Lig	14% Lig	18% Lig
Cana-de-açúcar	11,2	8,8	8,5	7,0	6,2	6,7	7,3	6,0	5,0
Silagem de milho	0,0	1,0	0,0	2,0	2,0	0,7	0,5	0,8	0,0
Caroço de algodão	0,0	1,4	2,6	1,5	2,0	2,7	2,0	2,5	3,8
Farelo de soja	0,0	0,0	0,1	0,8	1,1	1,3	1,6	2,1	2,6
Ureia	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

¹A cana-de-açúcar correspondeu a 54% da dieta total e 75% do volumoso, sendo fixado um consumo constante de matéria seca igual a 11,4 kg/d, de acordo com o Sistema de Cornell;

²Valores médio, máximo e mínimo absolutos das análises químicas e da cinética de degradação dos carboidratos das 15 variedades de cana-de-açúcar;

³FDN = porcentagem da matéria seca;

⁴Lignina = porcentagem da FDN.

Fonte: Adaptado de Fernandes et al. (2001).

Todo esse estudo vem confirmar que as variações nas frações e nas taxas de degradação de carboidratos das diferentes variedades de cana-de-açúcar que existem no mercado hoje têm grande efeito sobre a produção de leite de vacas mestiças. A fibra é a fração que mais afeta o desempenho animal, portanto sua elevação no volumoso utilizado e, por consequência, na dieta acarreta aumento da necessidade de suplementação de concentrados, levando ao aumento dos custos.

3 – USO DE SOMATOTROPINA BOVINA RECOMBINANTE (BSTR) PARA VACAS MESTIÇAS EM LACTAÇÃO

Vacas mestiças podem apresentar menor persistência de lactação devido à fração de sangue Zebu presente nestes animais. Sobretudo após o pico de lactação e nova concepção após o parto, a produção de leite sofre queda mais brusca neste tipo de animal em relação a vacas puras de raças europeias. A curva de lactação de vacas mestiças pode ser bastante alterada com o uso de bSTr, já que a utilização deste hormônio pode minimizar a queda na produção de leite com o avanço da lactação.

O uso de somatotropina bovina recombinante (bSTr) promove melhoria da produção de leite por meio do aumento do consumo de matéria seca, interferindo no metabolismo de vários órgãos e tecidos por ações diretas (tecido adiposo e fígado) e efeitos indiretos mediados pelo fator de tolerância à insulina IGF-I (Bauman, 1992). Os

efeitos acontecem influenciando a participação preferencial de nutrientes para a síntese de leite (Tyrrel et al., 1982). O uso de bSTr pode ser uma alternativa para rebanhos mestiços por melhorar a eficiência de uso dos nutrientes para produção de leite e por aumentar a persistência de lactação destes animais, que muitas vezes apresentam lactações mais curtas que animais puros. O experimento de Oliveira Neto et al. (2001) teve como objetivo avaliar o efeito do bSTr sobre a produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu, além de observar os indicadores de estresse térmico. Os animais envolvidos neste experimento tinham composição genética 3/4 a 7/8 Holandês x Gir entre a segunda e a terceira parição, com 42 a 155 dias pós-parto, e a produção média no início do estudo foi de $12,8 \pm 0,6$ kg/dia. Todos os animais tratados e não tratados foram alimentados com capim-elefante picado à vontade, permitindo sobras de 10%. O concentrado foi fornecido de acordo com a produção de leite, e as dietas foram balanceadas conforme o programa NRC, 1989. O concentrado foi formulado à base de milho moído (69,2%), farelo de soja (23,9%), calcário (1,4%), fosfato bicálcico (2,4%), sal comum (0,8%), ureia (1,8%), sulfato de amônio (0,8%), premix vitamínico (0,1%) e premix mineral (0,1%). Esta formulação correspondeu a um concentrado com 22% de proteína bruta e 78% de nutrientes digestíveis totais, que era fornecido individualmente a cada vaca no momento da ordenha. As diferenças na produção de leite a partir da primeira aplicação de bSTr aumentaram até a quinta aplicação, período de duração do experimento, e os resultados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Efeito da somatotropina bovina recombinante (bSTr) sobre a produção de leite (kg/dia) em vacas mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*).

Aplicações de bST	Tratamentos ¹	
	Controle (n= 15)	bST (n=15)
1	11,3 ± 0,84 a	12,6 ± 0,84 a
2	11,3 ± 0,72 a	13,3 ± 0,84 b
3	10,3 ± 0,62 a	12,5 ± 0,77 b
4	11,2 ± 0,77 a	14,2 ± 0,83 b
5	10,6 ± 0,90 a	14,0 ± 0,70 b
Média	10,9 ± 0,87 a	13,3 ± 0,93 b

¹Valores apresentam as médias e respectivos erros padrão.

Para cada período de aplicação de bSTr, as médias com as mesmas letras não diferem entre si ($P > 0,05$).
Fonte: Oliveira Neto et al. (2001).

Os mesmos animais foram agrupados de acordo com o estágio de lactação, sendo divididos em dois subgrupos: o primeiro com 42 a 100 dias de lactação e o segundo com 101 a 144 dias de lactação. Na quarta e quinta aplicações, a diferença entre os tratamentos foi de 2,3kg para os animais em início de lactação e 3,5kg de leite para os animais com 101-155 dias de lactação. Provavelmente devido ao pequeno número de animais em cada subgrupo, estas diferenças não foram significativas ($P > 0,05$). Porém, diferenças numéricas desta ordem podem ser consideradas importantes para animais de produção entre 10 e 14kg de leite. Também não foi observada neste experimento

nenhuma interferência da aplicação de bSTr sobre a temperatura retal, variável usada como indicador de estresse térmico.

O uso de bSTr para vacas mestiças pode ser uma ferramenta importante para minimizar a queda na produção de leite com o avanço da lactação, já que a queda tende a ser mais brusca nestes animais. O fornecimento de dieta balanceada tem a mesma importância tanto para vacas mestiças quanto para vacas puras, observando o aporte de nutrientes para a produção de leite e a composição corporal.

4 - ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS MESTIÇAS

A preocupação com as condições ambientais no conforto para os animais precisa ser considerada, uma vez que dois terços do território brasileiro encontram-se na faixa tropical, onde predominam altas temperaturas, elevada incidência de radiação solar, baixa amplitude térmica ao longo do ano e grande amplitude térmica diária (Titto, 1998). Por isso, a aplicação de recomendações geradas em condições de clima temperado deve ser observada com ressalvas. A razão deste cuidado é baseada no alto teor de FDN normalmente encontrado nas forrageiras de clima tropical, como são as encontradas no Brasil.

Segundo West (2003), embora o NRC (2001) não considere os efeitos do estresse térmico sobre as exigências nutricionais de bovinos leiteiros, eles devem ser levados em consideração. Para Cardoso et al. (2000), quando os animais recebem dietas com alto teor de fibra ou baixa densidade energética, o consumo é primeiramente limitado por fatores físicos de “enchimento” do rúmen-retículo. Ao contrário, em dietas ricas em carboidratos não fibrosos e, por isso, de alto teor energético, a ingestão passa a ser limitada pela demanda fisiológica de energia. Entretanto, em países tropicais, o consumo de matéria seca e o desempenho animal podem sofrer influência não só da intensidade do estresse calórico como de sua duração. Esse fato já era citado por MacDowell (1972), que relatou ainda interação entre a densidade energética da dieta e a condição ambiental à qual os animais estavam submetidos. Pereira et al. (2008) avaliaram o desempenho, a temperatura retal e a frequência respiratória de novilhas de três grupos genéticos, alimentadas com diferentes níveis de FDN na dieta. Os grupos foram compostos de novilhas 7/8HZ ;15/16HZ e Holandês Puro por Cruz (HPC) e receberam dietas contendo 30% de FDN (FDN30) e 60% de FDN (FDN60) na matéria seca. As dietas foram formuladas e fornecidas em mistura completa, contendo capim-elefante como volumoso. A relação volumoso:concentrado, com base na MS, foi de 29:71 na dieta FDN30 e 50:50 na dieta FDN60. Trabalhou-se com 10% de sobras diárias.

Os autores não observaram interação entre grupos genéticos (7/8HZ, 15/16HZ e HPC) x níveis de fibra na dieta (30 e 60% de FDN), mas houve efeito do nível de fibra considerado isoladamente ($P < 0,05$) sobre o consumo e o desempenho dos animais. Os consumos de MS, FDN e FDA foram significativamente superiores para a dieta FDN60 em relação à dieta FDN30. Já o consumo de PB foi estatisticamente igual para

as duas dietas. Porém, o maior consumo de matéria seca para a dieta FDN60 não foi suficiente para que os animais atingissem o mesmo ganho de peso daqueles que receberam a dieta FDN30. Este fato está correlacionado com a menor densidade energética da dieta com 60% de FDN.

Desconsiderando-se a variável teor de FDN das dietas e considerando-se os grupos genéticos, houve diferença significativa nos consumos de MS, FDN, FDA e PB, quando expressos em %PC (percentual do peso corporal). Estes consumos foram maiores para os animais HPC, intermediários para os animais 15/16HZ e menores para os animais 7/8HZ, sendo que o ganho de peso não diferiu entre os grupos genéticos.

Ao se avaliarem as temperaturas retais, não se observaram alterações que pudessem indicar qualquer grau de estresse calórico nos animais, independente do grupo genético. A única observação significativa ($P < 0,05$) foi em relação à frequência respiratória, que foi maior para as novilhas HPC pela manhã quando receberam a dieta com 30% de FDN. Este fato, provavelmente, está ligado ao maior consumo de energia e à maior geração de calor nos animais que receberam a dieta FDN30.

A preocupação com a produtividade animal a partir de boa alimentação também deve levar em consideração o conforto das vacas. A sensibilidade de animais de raça europeia ao estresse calórico, uma combinação entre temperatura e umidade ambientes, já é bem conhecida. Manejos a fim de minimizar esse estresse são preocupação em todas as propriedades de exploração leiteira. A importância destes fatores, apesar de ser menor ao se trabalhar com animais mestiços devido à maior rusticidade proporcionada pela fração de sangue Zebu, não deve ser deixada de lado. A utilização de pastagens dificulta o controle de ambiente, sendo possível pouca interferência do homem no conforto animal. Mesmo em vacas mestiças, o calor excessivo pode levar à diminuição do consumo de matéria seca e ao aumento do gasto de energia para manutenção da temperatura corporal (Mader et al., 1999). Desta maneira, o estresse calórico diminui a produção de leite e a eficiência reprodutiva, resultando em menor desempenho dos animais (Armstrong et al., 1993). No trabalho de Shultz (1983), verificou-se que o percentual de vacas comendo durante as horas mais quentes do dia era maior em ambientes sombreados. Este autor também observou que, durante o inverno, os animais passavam mais tempo em pastejo que durante o verão, ao passo que, no inverno, o tempo de ruminação dos animais também era maior. Uma informação interessante é que, no verão, com temperaturas maiores, as vacas passaram maior parte do tempo em ócio, mas nem por isso ruminaram mais.

Em sistemas que utilizam pastagem durante o verão, pode-se buscar a redução do desconforto térmico dos animais pela provisão de sombra nos piquetes ou pela construção de áreas de descanso. O plantio de árvores em associação à pastagem caracteriza os sistemas silvipastoris, que vêm sendo avaliados por alguns pesquisadores que trabalham com comportamento animal. Verneque (2005) estudou o comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu em sistema silvipastoril em

pastagem de capim-elefante em um experimento realizado na Embrapa de Coronel Pacheco. Ele avaliou o percentual do tempo em que os animais se mantiveram de pé, comendo, ruminando ou em ócio, no verão e no inverno, e do tempo em que os animais permaneceram ao sol ou à sombra.

Durante o inverno, os animais ficaram mais tempo ao sol ($P < 0,05$) do que à sombra. Mas, quando foi retirado o tempo em que os animais se mantiveram pastejando, não se observou diferença ($P > 0,05$) entre os locais, indicando que, no inverno, os animais permanecem no ócio ou ruminando tanto ao sol quanto à sombra. Esse resultado comprovou que o sol de inverno não é fator estressante para os animais mestiços usados no experimento e naquela região. Quando se analisaram os dados considerando-se apenas o ambiente que os animais buscam para descansar, independente da estação, verificou-se que estes permaneceram deitados tanto ao sol quanto à sombra.

No verão, os animais preferiram permanecer à sombra, considerando-se o tempo total ou excluindo-se o tempo gasto na alimentação, deitados ou de pé ($P < 0,05$). Estas observações confirmam a necessidade da provisão de sombra aos animais.

A preocupação com o conforto térmico de vacas leiteiras, mesmo no caso de animais mestiços, é de extrema relevância, já que a perda de resultados produtivos, devido a menor consumo de matéria seca, também acontece com esses animais. A oferta de ambiente sombreado para vacas mestiças é importante para maior consumo de nutrientes e diminuição de perdas energéticas com a regulação da temperatura interna, assim, dando condição ao animal de máxima produção de leite.

5 - CONSUMO DE MATÉRIA SECA POR VACAS MISTIÇAS

A variável mais importante a ser monitorada em nutrição animal é o consumo de matéria seca. Ao se falar de pasto ou de uma dieta completa corretamente balanceada fornecida no cocho, espera-se alto consumo de MS, o suficiente para sustentar máxima produção de leite e atender requisitos nutricionais para adequada condição corporal e reprodução.

O estudo do comportamento ingestivo de bovinos é uma ferramenta de grande importância na avaliação das dietas, possibilitando ajustar o manejo alimentar dos animais para obtenção de melhor desempenho produtivo. Segundo Dado et al. (1995), o comportamento ingestivo dos bovinos é constituído pelos tempos de alimentação, ruminação, ócio, eficiência de alimentação e de ruminação. Os ruminantes, como outras espécies, procuram ajustar o consumo de alimentos às suas necessidades nutricionais, especialmente de energia (Arnold, 1985). Animais estabulados gastam em torno de uma hora consumindo alimentos ricos em energia, ou até mais de seis horas, para fontes com baixo teor de energia. Desta forma, o tempo despendido em ruminação é influenciado pela natureza da dieta e é proporcional ao teor de parede celular dos volumosos. Assim, quanto maior a participação de alimentos volumosos na

dieta, maior será o tempo despendido com ruminção. Alimentos concentrados e fenos finamente triturados ou peletizados reduzem o tempo de ruminção (Van Soest, 1994). Mendonça et al. (2004) avaliaram os parâmetros do comportamento ingestivo de vacas em lactação puras e mestiças alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar com relação volumoso:concentrado de 60:40 ou 50:50; ou silagem de milho com relação volumoso:concentrado de 60:40. As vacas foram submetidas à observação visual para avaliação do comportamento ingestivo. Os animais foram observados a cada 10 minutos, durante 24 horas, para determinação do tempo despendido em alimentação, ruminção e ócio.

Neste experimento, não houve diferença para os tempos médios despendidos com alimentação e ruminção, entre as dietas experimentais. Entretanto, na dieta à base de silagem de milho, os animais ficaram menos tempo em ócio ($P < 0,05$), quando comparados àqueles alimentados com cana-de-açúcar. Também não houve diferença nos tempos médios despendidos com ócio entre as dietas à base de cana-de-açúcar independentemente da relação volumoso:concentrado.

Além das variáveis citadas acima, avaliou-se ainda: consumo de matéria seca (CMS), consumo de FDN (CFDN) e eficiência de ruminção (ERU). O consumo de MS e de FDN foi maior ($P < 0,05$) para a dieta contendo silagem de milho, o que está relacionado com o maior tempo despendido em ócio para as vacas alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. A eficiência de ruminção (ERU), expressa em gMS/h, foi semelhante para as diferentes dietas. A eficiência de ruminção (ERU_{FDN}), expressa em gFDN/h, foi maior ($P < 0,05$) para a dieta à base de silagem de milho.

6 - NÚMERO DE ORDENHAS EM REBANHOS MESTIÇOS

A produção de leite em vacas está positivamente correlacionada à frequência de ordenhas (Knight e Dewhurst, 1994). A literatura cita que, quando o número de ordenhas diárias passa de duas para três vezes, a produção de leite pode aumentar de 6 a 25%. A avaliação do número de ordenhas mais adequado é única para a propriedade, já que outras variáveis particulares precisam ser avaliadas, como a disponibilidade de mão de obra, a adequação de equipamentos de ordenha e o manejo dos animais.

Em sistemas de duplo propósito, a produção de leite em fêmeas amamentando e ordenhadas aumentou de 7 a 20% no trabalho de Bar-Peled et al. (1995). Uma revisão de 20 trabalhos científicos realizada por Erdman e Varner (1995) mostrou que a utilização de três ordenhas diárias provocou aumento de 3,5kg/dia, em relação a duas ordenhas. Acredita-se que a pressão intra-alveolar na glândula mamária seja um dos mecanismos de regulação da secreção de leite em bovinos. Ruas et al. (2006) realizaram um experimento com o objetivo de estudar a influência do número de ordenhas diárias em vacas mestiças sobre a produção de leite, a duração da lactação, a incidência de mastite e o desempenho dos bezerras. Foram utilizadas

vacas de composição genética 1/4HZ; 1/2HZ e 3/4HZ, que foram divididas em três grupos: grupo I = uma ordenha diária; grupo II = duas ordenhas diárias e grupo III = uma ou duas ordenhas diárias, de forma alternada. Nos primeiros 14 dias pós-parto, as vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia e, nos 14 dias seguintes, uma vez ao dia. Os procedimentos foram alternados sucessivamente até o final da lactação, e os horários das ordenhas dos grupos II e III foram iguais. A utilização de duas ordenhas diárias durante toda a lactação resultou em aumento de 24,54% na produção total de leite no final da lactação e em torno de 699,9kg de leite a mais em relação à utilização de apenas uma ordenha diária. A adoção de uma ou duas ordenhas diárias, de forma alternada, proporcionou aumento de 19,53% na produção de leite total no final da lactação (aproximadamente 522,4kg de leite a mais) em relação ao grupo submetido a apenas uma ordenha diária. Comparando-se o sistema de duas ordenhas diárias durante toda a lactação com duas ordenhas diárias de forma alternada, verificou-se aumento de 6,22% na produção, cerca de 177,5kg de leite a mais no sistema contínuo. Neste experimento, a produção de leite foi semelhante até 49 dias para as vacas ordenhadas uma ou duas vezes ao dia. Após 49 dias de lactação, vacas ordenhadas duas vezes ao dia produziram mais leite que aquelas ordenhadas uma vez ao dia. A duração da lactação, a incidência de mastite e o desempenho dos bezerros não foram influenciados pelo número de ordenhas. O presente experimento não avaliou o consumo de alimentos, mas, como não houve diferença no escore corporal entre os grupos, é provável que os animais, ao produzirem mais leite, tenham aumentado o consumo de matéria seca de pasto ou volumoso no cocho. Além disso, era fornecido 1,0kg de ração contendo 22% de proteína bruta e 75% de nutrientes digestíveis totais para cada 3,0kg de leite acima dos primeiros 8,0kg, sendo que animais que aumentavam a produção, automaticamente, passavam a receber maior quantidade de concentrado.

O impacto econômico do aumento do número de ordenhas necessita ser avaliado para a tomada de decisão, já que o aumento na produção de leite deve ser suficiente para cobrir os custos adicionais com energia elétrica, mão de obra e um possível aumento no consumo de alimentos. Devem-se avaliar também mudanças no *status* de mastite do rebanho e os índices reprodutivos, neste último caso, relacionados com o consumo de nutrientes.

7 - GRUPOS GENÉTICOS PARA PRODUÇÃO DE LEITE

A viabilidade econômica da produção leiteira nacional está relacionada à escala de produção, na qual grandes produtores obtêm insumos a preços melhores, reduzindo os custos e possibilitando a oferta do produto em melhores condições, o que aumenta as margens de lucro. A eficiência de produção tem influência direta na rentabilidade do agronegócio leiteiro no Brasil (Ferreira e Madalena, 1997).

Atualmente, a maior parte da produção de leite é proveniente de animais mestiços Holandês x Zebu criados em pastagens com pouca tecnologia e baixo custo de produção (Facó et al., 2002). McManus et al. (2008) utilizaram informações de 1.456 parições de vacas leiteiras de cinco composições genéticas Holandês (H) e Gir (G), partindo do Holandês puro (H); 3/4H1/4G; 1/2H1/2G; 1/4H3/4G; 3/8H5/8G. As informações foram obtidas entre 1993 e 2002, em um rebanho de uma fazenda localizada no estado de Goiás. Os animais foram criados em pastagem de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* e *Andropogon gayanus*. Na época das águas e na seca, estes animais eram suplementados com silagem de milho. As características analisadas foram produção média de leite (PMD kg/dia); dias em lactação (DL); produção total da lactação corrigida para 305 dias (P305), com 1.456 informações; período de gestação (PG) com 660 registros; intervalo entre partos (IEP), com 1.010 registros; e idade ao primeiro parto (IPP), com 370 informações. Os resultados encontrados podem ser melhor visualizados na Tabela 9.

Tabela 9. Médias e erros-padrão estimados por quadrados mínimos para as características analisadas em cada grupo genético.

	Grupo genético (GG)				
	H	3/4H1/4G	1/2H1/2G	3/8H5/8G	1/4H3/4G
n	138	77	65	936	240
PMD (kg)	8,8 c ± 3,0	12,6 a ± 3,6	11,5 a ± 3,1	9,5 b ± 2,1	7,9 d ± 3,1
P305 (kg)	3.049,2 b ± 1.191,8	3.823,3 a ± 1.170,3	3.473,4 a ± 1.178,4	2.759,5 b,c ± 1.131,5	2.348,8 c ± 1.058,2
DL (dias)	279,6 b ± 28,0	274,4 c ± 7,2	279,3 b ± 27,3	281,5 a,b ± 29,6	284,4 a ± 36,0
PG (dias)	311,1 a ± 9,6	300,7 a ± 6,4	299,9 a ± 5,2	275,4 b ± 4,9	277,6 b ± 4,1
IEP (dias)	458,0 a ± 17,2	355,7 c ± 15,7	442,9 a ± 19,1	412,0 b ± 17,2	438,8 a,b ± 20,1
IPP (dias)	1.069,0 b ± 117,2	844,4 c ± 91,3	1.003,1 b ± 97,1	1.240,2 a ± 123,2	1.278,8 a ± 120,1

Os códigos do GG representam a proporção das raças Holandesa (H) e Gir (G); n= observações; PMD = produção média diária; DL = duração da lactação; P305 = produção em 305 dias; PG = período de gestação; IEP = intervalo entre partos; IPP = idade ao primeiro parto. Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Fonte: McManus et al. (2008).

A conclusão do presente trabalho foi que a exploração de sistemas de cruzamento pode beneficiar o desempenho produtivo e reprodutivo da atividade leiteira, pois os melhores desempenhos das características produtivas foram obtidos com animais 1/2H1/2G e 3/4H1/4G. Contrariamente ao que se esperava, neste experimento, animais com maior percentual de sangue Gir apresentaram lactações mais longas, porém a maior duração da lactação não foi suficiente para superar a produção média diária de leite e a produção total da lactação corrigida para 305 dias dos animais com maior percentual de sangue da raça Holandesa.

A escolha da melhor composição genética dos animais para um sistema não pode levar em consideração somente a produção de leite. Deve-se ponderar se a propriedade está preparada para trabalhar com animais de maior percentual de sangue da raça Holandesa em relação às instalações, mão de obra, manejo, recursos para alimentação, bem como se está preparada para maior susceptibilidade a doenças quando se trabalha com animais mais puros. Assim, o sucesso de algumas propriedades que trabalham com determinado grupo genético deve ser considerado

apenas como exemplo, pois as condições citadas acima são muito particulares a cada propriedade.

8 - ESCORE CORPORAL AO PARTO EM VACAS MISTIÇAS

Vacas mestiças também perdem peso após o parto, pois devem sustentar a produção de leite sem consumo de matéria seca suficiente para tal. Após o pico de produção, devem recuperar a condição corporal a fim de se prepararem para o próximo parto. A seguir será discutido como a condição corporal ao parto pode influenciar o desempenho de vacas mestiças, em relação à produção e composição do leite.

A mobilização de tecidos corporais no período inicial de lactação consiste em uma fonte alternativa de energia de vacas leiteiras para suprir a demanda energética de manutenção e a produção que não foi atendida pela dieta (Waltner et al., 1993). O monitoramento adequado das reservas corporais no período de transição é essencial para o manejo nutricional do rebanho, uma vez que vacas muito magras ou muito gordas ao parto estão predispostas a desordens metabólicas, problemas no parto, baixa produção e baixo desempenho reprodutivo, em virtude da mobilização excessiva de reservas corporais no início da lactação (Edmonson et al., 1989). Segundo Ruegg e Milton (1995), o padrão de mobilização de reservas corporais é influenciado pelo escore de condição corporal (ECC) ao parto e pelo nível de produção, que altera a intensidade de mobilização de reservas corporais no início da lactação. Rennó et al. (2006) estudaram o efeito do ECC sobre a produção e a composição do leite de vacas da raça Holandesa e constataram maior produção de leite e de seus componentes em vacas de $ECC \geq 3,25$ ao parto. Entretanto, Lago et al. (2001) não observaram efeito do ECC ao parto sobre a produção e o teor de gordura do leite durante os primeiros 120 dias de lactação de vacas também da raça Holandesa.

A maioria dos trabalhos avaliando a influência do ECC são americanos e utilizaram animais puros da raça Holandesa. Considerando-se que no Brasil a maior parte do rebanho é constituída de animais mestiços, Freitas Jr. et al. (2008) decidiram realizar um estudo do efeito da condição corporal ao parto sobre a produção e o teor de gordura do leite, assim como a variação da condição corporal nos primeiros 120 dias de lactação em vacas mestiças Holandês x Zebu. O experimento foi conduzido utilizando-se 25 vacas mestiças que pariram entre fevereiro e outubro de 2005. Os animais receberam silagem de sorgo como volumoso e concentrado à base de milho e soja. A dieta foi balanceada segundo recomendações do NRC (2001). Para avaliação do ECC ao parto sobre a produção e composição do leite e a variação da condição corporal no início da lactação, as vacas foram divididas em duas classes: classe 1, vacas com $ECC \geq 3,25$; e classe 2, vacas com $ECC < 3,25$. Os ECC ao parto foram de 3,71 e 2,58, com 12 e 13 repetições para as classes 1 e 2, respectivamente. Os resultados obtidos para produção de leite (kg/dia), produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (kg/dia), percentual de gordura do leite (%), produção de gordura do leite (kg/dia); ECC e mudança de ECC podem ser melhor visualizados na Tabela 10.

Tabela 10. Produção de leite (PL), produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (PLC), percentual de gordura do leite (%), produção de gordura do leite (kg/dia); escore de condição corporal (ECC) e mudança de escore corporal (MECC) durante a lactação e entre as classes de escore de condição corporal ao parto.

Item	Classe	Dias de lactação							
		15	30	45	60	75	90	105	120
PL (kg/dia)	1 ¹	17,76	17,69	16,54	16,51	14,85	12,90	13,29	13,54
	2 ²	15,05	16,85	14,15	14,15	13,48	13,39	13,69	13,11
	P< ³	0,039	0,496	0,093	0,060	0,196	0,674	0,737	0,750
PLC (kg/dia)	1 ¹	21,00	19,51	18,36	18,07	16,15	13,92	14,15	14,62
	2 ²	15,40	18,03	14,68	14,85	14,21	13,75	14,30	13,66
	P< ³	0,007	0,391	0,035	0,044	0,139	0,909	0,936	0,568
Gordura (%)	1 ¹	4,52	4,11	4,16	4,07	4,03	3,94	3,82	4,01
	2 ²	3,63	3,85	3,66	3,76	3,81	3,62	3,62	3,69
	P< ³	0,006	0,313	0,074	0,279	0,431	0,220	0,544	0,365
Gordura (kg/dia)	1 ¹	0,818	0,729	0,690	0,672	0,599	0,512	0,515	0,537
	2 ²	0,547	0,660	0,527	0,536	0,513	0,488	0,514	0,490
	P< ³	0,005	0,364	0,026	0,054	0,143	0,680	0,989	0,520
ECC	1 ¹	3,29	3,25	3,12	3,12	3,17	3,21	3,17	3,29
	2 ²	2,42	2,42	2,38	2,58	2,42	2,46	2,46	2,50
	P< ³	0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	0,001	0,001	<0,001
MECC	1 ¹	-0,42	-0,46	-0,58	-0,58	-0,54	-0,50	-0,54	-0,42
	2 ²	-0,15	-0,15	-0,19	0,00	-0,15	-0,11	-0,11	-0,08
	P< ³	0,111	0,044	0,009	0,002	0,012	0,032	0,022	0,024

¹Classe 1 : escore de condição corporal ao parto $\geq 3,25$ (média ECCP = 3,71);

²Classe 2 : escore de condição corporal ao parto $< 3,25$ (média ECCP = 2,58);

³Nível de significância.

Fonte: Freitas Jr. et al. (2008).

Os animais de maior condição corporal ao parto apresentaram maior produção de leite corrigido para 3,5% de gordura nos primeiros 60 dias de lactação em comparação aos animais de menor ECC ao parto.

As classes 1 e 2 apresentaram médias de 4,08% e 3,70% de gordura no leite, respectivamente, do parto aos 120 dias de lactação, o que pode ser atribuído à maior mobilização de gordura corporal na fase inicial da lactação, proporcionando nível elevado de ácidos graxos não esterificados na circulação, que podem ser utilizados na glândula mamária juntamente com os nutrientes provenientes da dieta para síntese de gordura do leite. Desse modo, as vacas com maiores reservas de gordura corporal no pós-parto utilizaram em maior quantidade essas reservas para síntese de gordura do leite, em relação às vacas com menores depósitos de gordura corporal durante esta fase da lactação.

A mudança no ECC diferiu significativamente ($P<0,05$) entre as classes 1 e 2, indicando efeito do tempo sobre o ECC, afetado pelo escore de condição corporal ao parto. Os animais da classe 1 mobilizaram maior quantidade de reservas corporais do parto aos 120 dias de lactação e apresentaram valores médios de -0,57 a -0,12 unidades de ECC, respectivamente, para as classes 1 e 2. Essa mesma observação

foi feita por Lago et al. (2001) para vacas da raça Holandesa. Ou seja, vacas que pariram mais gordas perderam mais unidades de escore corporal logo após o parto.

Condição corporal ideal ao parto é fundamental para prevenção de doenças metabólicas, assim como para maior eficiência produtiva e reprodutiva. Além disso, o acompanhamento da condição corporal ao longo da lactação é importante para avaliação e ajuste da dieta, buscando produção de leite com eficiência e sem excessos, o que, na maioria das vezes, indica custos com alimentação além do necessário.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cadeia produtiva do leite é uma das mais importantes do agronegócio brasileiro, chegando a movimentar anualmente bilhões de reais. Emprega aproximadamente três milhões de pessoas, das quais acima de um milhão é produtor, e produz aproximadamente 20 bilhões de litros de leite por ano. Esta produção vem de um dos maiores rebanhos do mundo, com grande potencial para abastecer o mercado interno e para exportação. Entre 1990 e 2000, a produção nacional de leite cresceu 37%, mostrando o grande potencial de desenvolvimento deste setor no Brasil.

Com uma área de 201,7 milhões de hectares, a região dos cerrados corresponde a 24,4% da superfície do território nacional, dos quais se estima que 50% são adequados à produção de grãos, embora quase toda a região, pelas condições climáticas, topográficas e edáficas, seja propícia à pecuária. Da área total dos cerrados, 20,8% estão ocupados com pastagens cultivadas, e 37,2% com pastagens naturais.

O cerrado brasileiro abriga 35% do rebanho bovino nacional. Para a pecuária de leite, além do grande potencial produtivo, as principais indústrias de laticínios do país têm unidades nesta região, garantindo o processamento e escoamento da produção.

Existe uma preocupação, na comunidade científica, sobre a sustentabilidade dos sistemas de produção nessa região. A atividade leiteira regional tem evoluído de um modelo tradicional de produção para outro mais competitivo. A partir disso, a produção de leite com vacas mestiças ganha muita importância, já que são animais que se adaptam a sistemas a pasto e que apresentam rusticidade quando bem manejados.

Porém, a grande extensão do território brasileiro onde se explora a atividade leiteira, ao mesmo tempo que mostra o potencial para produção de alimentos, caracteriza a variabilidade de meio, incluindo as diferenças entre solos, topografias, temperaturas, pluviosidade e luminosidade, entre outros fatores. E é nesse ambiente variado que se deve buscar a melhor alternativa quando se fala da melhor composição genética, da forrageira mais adequada para cada estação do ano, das ferramentas de manejo disponíveis no que tange à suplementação volumosa e concentrada, ao uso de hormônios, à frequência de ordenha e ao conforto ambiental dos animais.

Portanto, cabe às entidades de pesquisa e extensão do Brasil desenvolver alternativas viáveis e sustentáveis ao longo do tempo, para a produção de leite utilizando rebanhos mestiços, visto que o potencial destes animais ainda tem muito a ser desenvolvido e utilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, M.J.; VILELA, D.; LOPES, R.S. Efeitos de dois níveis de concentrado sobre a produção de leite de vacas da raça Holandesa em pastagem de coastcross (*Cynodon dactylon* L. Pers.). *Rev. Bras. Zootec.*, v.26, p.967-975, 1997.

ARMSTRONG, D.V.; WELCHERT, W.T.; WIERSMA, F. Environmental modification for dairy cattle housing in arid climates. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENTAL SYMPOSIUM, 4., 1993, London. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, 1993. p.1223-1231.

ARNOLD, G.W. Ingestive behavior. In: FRASER, A.F. (Ed.). *Ethology of farm animals*. Amsterdam: Elsevier, 1985. p.183-200.

BAR-PELED, U.; MALTZ, E.; BRUCKENTAL, I. et al. Relationship between frequent milk or suckling in early lactation and milk production of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.2726-2736, 1995.

BAUMAN, D.E. Bovine somatotropin: review of an emerging animal technology. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.3432-3451, 1992.

BERCHIELLI, T.T.; SOARES, J.P.G.; AROEIRA, L.J.M. et al. Estimativa da ingestão voluntária a partir de características de degradação do capim-coastcross (*Cynodon dactylon* L. Pers.), sob pastejo, por vacas em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1332-1339, 2001.

BRIGSTOCKE, T.D.A.; LINDEMAN, M.A.; CUTHBERT, N.H. et al. A note on the dry-matter intake of Jersey cows. *Anim. Prod.*, v.35, p.285-287, 1982.

CAIRD, L.; HOLMES, W. The prediction of voluntary intake of grazing dairy cows. *J. Agric. Sci.*, v.107, p.43-54, 1986.

CAMPOS, J.M.S. *Aspectos reprodutivos e produtivos em um sistema de produção de leite, na microrregião de Viçosa, Estado de Minas Gerais*. 1987. 109f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARDOSO, R.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F. et al. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais de rações contendo diferentes níveis de concentrado em novilhos F1 Limousin x Nelore. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.1832-1843, 2000.

CORSI, M. Manejo de capim-elefante sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10., 1994, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1994. p.143-167.

CURRAN, M.K.; HOLMES, W. Prediction of voluntary intake of food by dairy cows. 2. Lactating grazing cows. *Anim. Prod.*, v.12, p.213-224, 1970.

DADO, R.G.; ALLEN, M.S. Intake limitations, feeding behavior and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.118-133, 1995.

DERESZ, F. Manejo de pastagem de capim-elefante para produção de leite e carne. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2., 1994, Juiz de Fora. *Anais...* Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA/CNPGL, 1994. p.116-137.

DERESZ, F. Produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu em pastagem de capim-elefante, manejado em sistema rotativo com e sem suplementação durante a época das chuvas. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.197-204, 2001.

DERESZ, F.; MATOS, L.L.; MOZZER, O.L. et al. Produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu em pastagem de capim-elefante, com e sem suplementação de concentrado durante a época das chuvas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.55, p.334-340, 2003.

DERESZ, F.; MOZER, O.L.; MATOS, L.L. et al. Produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu em pastagem de capim-elefante, com diferentes cargas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17., 1992, Lavras. *Anais...* Lavras: SBZ, 1992. p.232. (Resumo).

EDMONSON, A.J.; LEAN, I.J.; WEAVER, L.D. et al. A body condition score chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.68-78, 1989.

ERDMAN, R.A.; VARNER, M. Fixed yield responses to increased milking frequency. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1999-2003, 1995.

FACÓ, O.; LÔBO, R.N.B.; MARTINS FILHO, R. et al. Análise do desempenho produtivo de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.1944-1952, 2002.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; LANA, R.P. et al. Estimativas da produção de leite por vacas Holandesas mestiças, segundo o sistema CNPCS, em dietas contendo cana-de-açúcar com diferentes valores nutritivos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1350-1357, 2001.

FERREIRA, J.J.; MADALENA, F.H. Efeito do sistema de cruzamento sobre desempenho produtivo e reprodutivo de vacas leiteiras. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.49, p.74-75, 1997.

FREITAS JÚNIOR, J.E.; ROCHA JÚNIOR, V.R.R.; RENNÓ, F.P. et al. Efeito da condição corporal ao parto sobre o desempenho produtivo de vacas mestiças Holandês x Zebu. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.116-121, 2008.

GUIMARÃES, J.D.; ALVES, N.G.; COSTA, E.P. et al. Eficiências produtiva e reprodutiva em vacas das raças Gir, Holandês e cruzadas Holandês x Zebu. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.641-647, 2002.

HOLTER, J.B., WEST, J.W., MCGILLIARD, M.L. et al. Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.2188-2199, 1997.

HOLTER, J.B.; WEST, J.W.; MCGILLIARD, M.L. et al. Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.912-921, 1996.

KNIGHT, C.H.; DEWHURST, R.J. Once daily milking of dairy cows: Relationship between yield loss and cisternal milk storage. *J. Dairy Res.*, v.61, p.441-449, 1994.

LAGO, E.P.; PIRES, A.V.; SUSIN, I. et al. Efeito da condição corporal ao parto sobre alguns parâmetros do metabolismo energético, produção de leite e incidências de doenças no pós-parto de vacas leiteiras. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1544-1549, 2001.

LENG, R.A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la caña de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en ruminantes. In: PRESTON, T.R.; ROSALES, M. (Ed.). *Siculmas intensivos para La producción animal y energía renovable com recursos tropicales*. Cali: CIPAV, 1988. p.1-24.

LIMA, M.L.P.; BERCHIELLI, T.T.; NOGUEIRA, J.R. et al. Estimativa do consumo voluntário do capim-tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq. cv. Tanzânia) por vacas em lactação sob pastejo rotacionado. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1919-1924, 2001.

LOPES, F.C.F.; AROEIRA, L.J.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Predição do consumo de pasto de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) por vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.1017-1028, 2005.

MADER, T.L.; DAHLQUIST, J.M.; HAHN, G.L. et al. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.2065-2072, 1999.

McDOWELL, R.E. *Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales*. Zaragoza: Acribia, 1972. 692p.

McMANUS, C.; TEIXEIRA, R.A.; DIAS, L.T. et al. Características produtivas e reprodutivas de vacas Holandesas x Gir no Planalto Central. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.819-823, 2008.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar ou silagem de milho. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.723-728, 2004.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1463-1481, 1997.

OLIVEIRA NETO, J.B.; MOURA, A.A.A.; NEIVA, J.N.M. et al. Indicadores de estresse térmico e utilização da Somatotropina Bovina (bST) em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) no semiárido do Nordeste. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.360-367, 2001.

PATE, F.M. Nutritive value of sugar cane at different stages of maturity. *Trop. Anim. Prod.*, v.2, p.108, 1977. (Resumo).

PEREIRA, J.C.; CUNHA, D.N.F.V.; CECON, P.R. et al. Desempenho, temperatura retal e frequência respiratória de novilhas leiteiras de três grupos genéticos recebendo dietas com diferentes níveis de fibra. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, p.328-334, 2008.

PRESTON, T.R. The use of sugar cane and by-products for livestock. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21., 1984, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: SBZ, 1984. p.14-19.

RENNÓ, F.P.; PEREIRA, J.C.; SANTOS, A.D.F. et al. Efeito da condição corporal ao parto sobre a produção e composição do leite, curva de lactação e mobilização de reservas corporais em vacas da raça Holandesa. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.58, p.220-233, 2006.

ROSELER, D.K.; FOX, D.G.; CHASE, L.E. et al. Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.878-893, 1997.

RUAS, J.R.M.; BRANDÃO, F.Z.; SILVA FILHO, J.M. et al. Influência da frequência de ordenhas diárias sobre a eficiência produtiva de vacas mestiças Holandês-Zebu e o desempenho dos seus bezerros. *Rev. Bras. Zootec.*, v.35, p.428-434, 2006.

RUEGG, P.L.; MILTON, R.L. Body condition scores of Holstein cows in Prince Edward Island, Canada: Relationship with yield, reproductive performance and disease. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.552-564, 1995.

SANTOS, A.L.; LIMA, M.L.P.; BERCHIELLI, T.T. et al. Efeito do dia de ocupação sobre a produção leiteira de vacas mestiças em pastejo rotacionado de forrageiras tropicais. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.1051-1059, 2005.

SANTOS, F.A.P.; JUCHEM, S.O. Sistemas de produção de leite à base de forrageiras tropicais. In: SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE, Passo Fundo, RS, 2001. *Anais...* Passo Fundo: Sist. Prod. Leite, 2001. p.22-36.

SHULTZ, T.A. Weather and shade effects on cow corral activities. *J. Dairy Sci.*, v.67, p.868-873, 1983.

SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Fatores predisponentes e condicionantes da produção animal a pasto. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Produção de bovinos a pasto, 13., 1996, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1996. p.319-352.

SOARES, J.P.G.; SALMAN, A.K.D.; BERCHIELLE, T.T. et al. Predição do consumo voluntário do capim-tanzânia (*Panicum maximum*, J. cv. Tanzânia), sob pastejo, por vacas em lactação, a partir das características de degradação. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.2176-2182, 2001.

TITTO, E.A.L. Clima: influência na produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: NUPEA, ESALQ, 1998. p.10-23.

TYRREL, H.F.; BROWN, A.C.G.; REYNOLDS, P.J. et al. Effect of growth hormone on utilization of energy by lactating Holstein cows. In: EKERN A.; SUNDSTOL, F. (Ed.). *Ninth symposium on energy metabolism*. Rome: EEAP, 1982. (Publication, 29).

VADIVELLO, J.; HOLMES, W. The prediction of voluntary intake of dairy cows. *J. Agric. Sci.*, v.93, p.553-562, 1979.

VALLE, L.C.S.; MOZZER, O.L.; VILLAÇA, H.A. et al. Níveis de concentrado para vacas em lactação em pastagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) no período das águas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24, Brasília, DF. *Anais...* Brasília: SBZ, 1987. 56p.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of ruminant*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University, 1994. 476p.

VAZQUEZ, O.P.; SMITH, T.R. Factors affecting pasture intake and total dry matter intake in grazing cows. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.2301-2309, 2000.

VERNEQUE, R.S. Comportamento de vacas mestiças Holandês X Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipatoril. Disponível em: <www.monografias.com.br>. Acessado em: 2005.

WALTNER, S.S.; McNAMARA, J.P.; HILLERS, J.K. Relationships of body condition score to production variables in high Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.3410-3419, 1993.

WEST, J.W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.2131-2144, 2003.

CAPÍTULO 6

SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO PARA VACAS DE ALTA PRODUÇÃO

*Ronaldo Braga Reis*¹, *Breno Mourão de Sousa*², *Marcelli Antenor de Oliveira*³

RESUMO

Esse capítulo discutirá as principais formas de alimentação para vacas de leite, com ênfase nos processos digestórios de moléculas orgânicas importantes dos alimentos (carboidratos, lipídios e proteínas) e nas formas de manejo nutricional de vacas. Fornecerá informações para o leitor sobre as técnicas diagnósticas de problemas em balanceamentos de dietas bem como os meios para resolução desses problemas. Ao final, novas fronteiras na nutrição de vacas em lactação serão apresentadas como forma de estimular o profissional de áreas agrárias na busca pela moderna tecnologia de nutrir bem a vaca de leite.

INTRODUÇÃO

Genericamente, alta produção de leite por vaca está associada à maior rentabilidade da atividade leiteira. Entretanto, nem todos os rebanhos de alta produção são rentáveis, uma vez que rentabilidade está na dependência de tomadas de decisões econômicas bem como de altas produções de leite. Nos Estados Unidos, a produção média de leite por vaca dobrou se comparada com a dos anos 50. Muitos rebanhos de baixa produção desapareceram, enquanto os mais eficientes passaram por um processo de expansão.

A meta principal é um bom retorno do investimento. A discussão sobre a alimentação para promover retorno em produção e capital pode assumir muitas facetas. Podem ser discutidos assuntos de formulação de ração para custo mínimo ou maximização da produção, compra de ingredientes e produção de forragem de alta qualidade. Ainda podem ser levantados os pontos ligados às necessidades de análise de alimentos e as estratégias de distribuição da alimentação. Para atingir a meta principal, é importante a integração de cada uma dessas áreas.

¹ Médico Veterinário, PhD. Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. rbreis@vet.ufmg.br

² Médico Veterinário, DSc., Prof. Adjunto FEAD, Rua Cláudio Manoel, 1162, CEP 30140-100, Belo Horizonte, MG. sousabm@yahoo.com.br

³ Médico Veterinário, MSc.

A alimentação, mais do que qualquer outro fator, determinaria a produtividade e a lucratividade de vacas de leite. Em um mesmo rebanho, aproximadamente 25% das diferenças na produção de leite entre vacas são explicadas pela hereditariedade. Os 75% remanescentes são determinados por fatores ambientais, dos quais a alimentação representa a maior parte (Ensminger e Olentine, 1978).

Segundo Weiss (1998), a precisa estimativa do valor energético dos alimentos e dietas é de suma importância em virtude das grandes exigências desse nutriente por vacas em lactação. Dietas que não fornecem adequado aporte energético reduzem a produção leiteira, causam perda excessiva de peso corporal, prejudicam a reprodução e podem reduzir a resistência contra doenças. Por outro lado, dietas com excesso de energia podem aumentar os custos com a alimentação e aumentar a obesidade em vacas, com consequências negativas para a saúde animal, como doenças de ordem metabólica.

É importante dividir o sistema de alimentação em áreas específicas, ditas lucrativas, como se segue: *inventário de alimentos* (produção de forragens – custo, qualidades como umidade, composição, tamanho de partícula, compostos indesejáveis; alimentos concentrados adquiridos – preço, variação de preços, disponibilidade no mercado, variabilidade de nutrientes; a estocagem e a conservação dos alimentos); *agrupamento de animais*; *formulação de dietas*; *manejo da alimentação*; *manejo de esterco*.

Esta divisão representa as áreas que podem ter impacto significativo no fluxo de caixa e na rentabilidade do sistema de produção. Quando se faz esse tipo de análise, passa-se a considerar o fluxo e o balanço de nutrientes na propriedade.

Na abordagem do inventário de alimentos, a produção de forragens, a compra de alimentos concentrados, a estocagem e a conservação dos alimentos precisam ser discutidas. A produção de forragens na propriedade precisa responder à pergunta: está colaborando para o fluxo de caixa positivo da atividade?

Qualidade de forragens tem muitas faces das quais a mais óbvia é o conteúdo de nutrientes. Isso significa a necessidade de uma rotina de análises bromatológicas, em que o teor de umidade (teor de matéria seca – MS), a proteína bruta (PB), as frações de carboidratos (fibra em detergente neutro e ácido – FDN e FDA – e carboidratos não fibrosos – CNF), os minerais e a presença de compostos indesejáveis (lignina) necessitam ser determinados.

O sistema de estocagem dos alimentos precisa ser planejado de modo a garantir forragem de qualidade o tempo todo, bem como minimizar o tempo e facilitar a acurácia do processo de alimentação. A compra dos alimentos ditos concentrados deve ser baseada em considerações econômicas. Preço, variabilidade do preço, disponibilidade de alimentos e variabilidade de nutrientes são variáveis relevantes para a escolha do melhor. Outras considerações são as quantidades a serem adquiridas para obtenção de bom preço associado à rotatividade da matéria-prima.

Nos últimos anos, o impacto ambiental que a atividade leiteira provoca está criando um novo modelo de gestão para a pecuária. O balanço de nutrientes (diferença entre o que o animal consome e o que excreta) se tornou uma consideração importante na compra de alimentos, baseado na quantidade de nutrientes que entra e sai do sistema por meio do esterco.

1 - SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM LACTAÇÃO

Segundo estudos realizados pela Universidade de Alberta, Canadá (University of Alberta, 2002), o objetivo de qualquer sistema de alimentação, em qualquer propriedade de leite, deve ser fornecer correta quantidade de nutrientes, necessária para satisfazer as exigências individuais de vacas (ou outras categorias), bem como permitir diferentes práticas ou manejo alimentar, de acordo com a preferência da propriedade.

De modo geral, os alimentos podem ser fornecidos de duas maneiras: 1) *fornecimento separado de volumoso e concentrado*; 2) *dieta ou ração total* (forragem e concentrados misturados juntos). Ainda, após formulação, a dieta (total ou separada) é ofertada sob duas formas: 1) *individualmente*: quando da utilização de canzils, baias individuais, sistema de confinamento tipo “tie stall”, entre outros; 2) *em grupos*: quando da utilização de cochos ou pistas de alimentação coletivas, alimentação a pasto, sistemas de confinamento tipo “free stall”, entre outros.

1.1 - Fornecimento separado de forragem e concentrado

1.1.1 - Sistemas individuais

O fornecimento de concentrado é muito fácil de ser executado neste tipo de sistema. As vacas ficam presas no estábulo ou canzil tempo suficiente para se alimentarem até 24 horas por dia (como no “tie stall”). O fornecimento de concentrado deve ser feito de acordo com as exigências dos animais, sem limitar a disponibilidade de tempo para o consumo da refeição fornecida.

O mesmo ocorrerá para o fornecimento de forragens. Forragens de qualidade e em quantidade devem ser fornecidas para a vaca em função das suas necessidades nutricionais. Para um mesmo rebanho, mas com animais de produções diferentes, pode ser ofertada forragem de melhor qualidade para o lote de maior produção. Quando a qualidade da forragem for a mesma, a diferenciação entre os lotes será no fornecimento da quantidade de forragem, ou seja, mais para quem tem maior produção (University of Alberta, 2002).

Esse é o modelo clássico de vacas leiteiras em regime de pastejo, ao serem submetidas à suplementação. Durante a ordenha, ou em torno dela, as vacas são suplementadas com quantidades específicas de concentrado em canzils ou cochos individuais. Fora desse intervalo, elas pastejam gramíneas manejadas intensivamente,

ou seja, ricamente fertilizadas para suportar grandes cargas animais (4 a 8 UA/hectare) (University of Alberta, 2002).

1.1.2 - Sistemas em grupos

Fornecer quantidades fixas de concentrado para cada animal, quando eles são alimentados em grupo, é bastante difícil. Nestes sistemas, o fornecimento individual de concentrado, ou arraçoamento, é mais comum durante a ordenha. No entanto, as vacas estão sendo ordenhadas cada vez mais rápido, gastando menos tempo na sala de ordenha (ou curral de ordenha) e, logo, havendo menos tempo para consumirem todo o concentrado fornecido.

Para forragens, a menos que adequada quantidade de alimento (feno e/ou silagem) seja fornecida para o grupo, as vacas mais agressivas ou dominantes consumirão as porções do alimento de melhor qualidade e mais palatáveis. Aquelas menos agressivas ou subordinadas consumirão alimento forrageiro de qualidade inferior, podendo não consumir quantidades suficientes de nutrientes para atender as suas necessidades (University of Alberta, 2002).

1.2 - Dieta total

A chamada dieta ou ração total (*TMR*, do inglês “Total Mixed Rations”) é um tipo de ração em que concentrado e forragem (geralmente silagem e, algumas vezes, também o feno) são misturados juntos e ofertados como alimento completo. A utilização da dieta total tem muitas vantagens sobre os métodos convencionais de fornecer concentrado na sala de ordenha e a forragem do lado de fora: as vacas variam muito em seu consumo voluntário de forragens, quando esta é fornecida à livre escolha. No entanto, na dieta total, cada bocado contém um balanço predeterminado de todos os nutrientes essenciais. O uso da dieta total permite à vaca consumir pequenas quantidades de uma refeição balanceada com mais frequência durante o dia, fornecendo um suprimento mais constante de nutrientes para os microrganismos ruminais, maior estabilidade do pH ruminal e eficiência de utilização da energia e proteína disponível no retículo-rúmen; há melhor controle do valor nutricional da dieta total, podendo ser formulada para completar as exigências de vacas para todos os nutrientes; uma larga variedade de alimentos pode ser utilizada nas dietas totais. Alimentos menos palatáveis podem ser diluídos e não ser selecionados pelos animais. A mudança dos ingredientes da dieta também é mais fácil de ser executada; vacas alimentadas com dieta total são hábeis em alcançar e manter maior consumo de MS após o parto. Isto pode reduzir os riscos de doenças de cunho digestivo no pós-parto; haverá menos pó, defecação e desperdícios de alimentos na sala de ordenha; as vacas, após um período inicial de treinamento, ficarão mais calmas para serem ordenhadas quando elas não mais receberem ração na sala de ordenha; haverá maior segurança para a mão de obra, devido ao menor tempo de alimentação gasto pelos animais; pode ser obtido um aumento na produção de leite, caso as vacas não estejam com suas exigências atendidas quando da alimentação separada; a dieta total

pode ser usada em qualquer sistema de manejo, em praticamente todas as propriedades (University of Alberta, 2002).

No entanto, há desvantagens: vacas de baixa produção (baixo potencial genético) podem ganhar peso excessivo, devendo ser selecionadas; altíssimos custos com equipamentos (misturadores, vagão forrageiro, carregadores) inviabilizam o sistema em pequenos rebanhos; há necessidade de agrupar o rebanho de acordo com o nível de produção de leite, estágio de lactação, peso vivo e condição corporal, a fim de aumentar a eficiência alimentar; as vacas devem ser continuamente movidas por entre os lotes de produção, podendo ocasionar injúrias (devido a brigas) e queda na produção de leite (devido à redução da densidade energética da dieta); a dieta total é mais adequada para silagens, embora fenos picados ou com partículas mais longas possam ser utilizados (University of Alberta, 2002).

2 - Manejo alimentar de vacas em lactação

2.1 - Frequência de alimentação

Mudanças na quantidade de vezes em que o alimento é fornecido para o animal é uma útil ferramenta que os produtores de leite podem usar com relativa facilidade. O aumento da frequência de alimentação de uma ou duas para mais de três vezes ao dia teve um limitado impacto na produção individual de leite por vaca em ensaios experimentais. Mas, em situações práticas, o aumento da ingestão de matéria seca que esta frequência provoca pode levar ao aumento nas produções do rebanho.

Segundo pesquisas, o aumento da frequência de alimentação parece ter aumentado o teor de gordura no leite naqueles rebanhos com teor de gordura já baixo. No entanto, não houve aumento nos teores de proteína e lactose no leite com esse aumento.

O fornecimento de refeições ricas em concentrado facilmente fermentáveis no retículo-rúmen (ou onde se fornece o concentrado separado da forragem) causa substancial flutuação nos produtos finais da fermentação (ácidos graxos voláteis e amônia) e no pH retículo-ruminal. Quando o pH for menor que 6,0 (condição ácida, ou acidose subclínica), haverá redução da população de *bactérias celulolíticas* (que digerem a celulose/fração fibrosa dos alimentos) e aumento das *aminolíticas* (que digerem o amido). Isto pode resultar em aumento na concentração de propionato e redução de acetato, o que reduz a relação *acetato:propionato* (que gira em torno de 2:1 a 3:1) e, conseqüentemente, o teor de gordura no leite. Com o aumento da frequência de alimentação, haverá ambiente retículo-ruminal mais estável, sem as flutuações indesejáveis de ácidos graxos voláteis, amônia e da população microbiana, o que aumenta a eficiência de fermentação no retículo-rúmen (Van Soest, 1994; University of Alberta, 2002).

2.2 - Sequência de alimentação

Na grande maioria das fazendas brasileiras, não existe o sistema de dieta total. Tanto em sistemas individuais quanto em grupos, o fornecimento de concentrado e forragem separado pode ser modificado pelos produtores, não somente quanto ao tipo de alimento, mas também quanto à sequência de fornecimento destes. Para os alimentos em geral, não há uma forma certa ou errada de sequência de fornecimento, embora haja formas erradas de sequência para o fornecimento de alimentos específicos.

Na manhã, quando a forrageira (volumoso) é fornecida primeiro, o grande volume de MS presente no retículo-rúmen promove uma excelente capacidade de tamponamento do órgão, tanto pela própria presença da forrageira quanto pela grande quantidade de saliva que ela induzirá a produzir. Além disto, se a forragem for fornecida com um tamanho de partícula médio a longo (para forragens picadas, partículas a partir de 2cm são consideradas de médio para longo), ela será retida no retículo-rúmen por mais tempo, melhorando a fermentação da fração fibrosa do alimento, ou seja, a fibra em detergente neutro (FDN – celulose, hemiceluloses, lignina). O concentrado fornecido para o animal deverá conter *fontes proteicas lentamente degradadas no retículo-rúmen*, a fim de promover um fornecimento contínuo de proteína (nitrogênio) para as bactérias no órgão entre os períodos de alimentação. Alimentos concentrados (grãos de cereais) que fornecem *carboidratos rapidamente fermentáveis no retículo-rúmen*, não reduzirão drasticamente o pH do retículo-rúmen (mesmo havendo grande produção de ácidos graxos voláteis), devido à presença de uma eficiente capacidade tamponante. Além disso, esses carboidratos facilmente fermentáveis disponibilizarão grande quantidade de energia compatível com a liberação de amônia para a síntese de proteína microbiana (University of Alberta, 2002).

No entanto, se o produtor é incapaz de fornecer forragem antes do concentrado, então haverá menor quantidade de MS dentro do retículo-rúmen. No caso de fornecimento do concentrado primeiro, este deve ter alimentos que fornecem uma *fonte de proteína mais degradada no retículo-rúmen*, ou com partículas que permitem a rápida passagem da fração proteica por ele, imediatamente após a alimentação. Ao contrário, os *carboidratos presentes no concentrado devem ser de lenta fermentação*, a fim de que não haja rápida produção de ácidos graxos voláteis, reduzindo o pH abaixo dos valores desejados, o que provoca a redução no consumo de MS e na produção de leite. É o caso, por exemplo, do milho, cujo amido é mais lentamente degradado no retículo-rúmen que o amido, por exemplo, do trigo, da aveia, do arroz e da mandioca (University of Alberta, 2002).

Como consideração final para esse tópico, estimular o consumo de forragem é especialmente crítico em sistemas em que o fornecimento de concentrado antecede o de forragem. Se o consumo de forragem é limitado, por qualquer razão, condições de acidose ruminal continuarão depois da alimentação com concentrado. O subsequente consumo de forragem será reduzido, e a produtividade animal prejudicada. Então, se mais de uma forragem estiver disponível na fazenda, a mais palatável deve ser

fornecida imediatamente após o concentrado, a fim de estimular o consumo de forrageira.

2.3 - Manejo de alimentação

Quando se discute qualidade dos alimentos, a qualidade da forragem é normalmente o principal tópico a ser analisado para as dietas do rebanho leiteiro. Para os sistemas de dieta total, a discussão é mais bem focada nos fatores que influenciam a acurácia da dieta que será misturada e distribuída. Um fator que deve ser enfatizado como um grande influenciador do manejo da dieta total é a MS das forragens, notadamente as ensiladas, que podem afetar a acurácia da proteína bruta e da FDN. Para medir o teor de MS na fazenda, alguns métodos mostram precisão bastante satisfatória e, além do mais, são bastante acessíveis. Dentre eles, o forno de micro-ondas mostra ter bastante acurácia, mas requer mais tempo e um monitoramento cuidadoso. Em outras palavras, a análise bromatológica dos alimentos é de fundamental importância para programas de alimentação de vacas leiteiras, principalmente as de alta produção.

Partindo para um aspecto mais prático na alimentação de vacas leiteiras, produtores rurais estão sempre preocupados com o fato de as vacas não consumirem com velocidade constante por todo o dia. Geralmente, vacas tenderão a consumir mais rápido imediatamente após o fornecimento de alimento fresco. Após, os animais tenderão a consumir o restante em pequenas refeições. Claramente, a forma e a composição do alimento e a extensão da restrição alimentar (período entre alimentações), se não ambos, influenciam no padrão de consumo de alimentos.

Por exemplo: se o concentrado consumido for fornecido separado da forragem, o animal pode consumir toda aquela quantidade de concentrado dentro de meia hora de alimentação. Do contrário, a forragem fornecida uma ou duas vezes ao dia, à vontade, possivelmente, será consumida durante todo o dia. No entanto, se o consumo de alimentos for restrito, a forragem será consumida dentro de um tempo mais curto. Na verdade, se a restrição for extrema, o consumo de forragem pode ser quase tão rápido quanto no caso do concentrado.

A prática do uso da dieta total é para vencer estes problemas associados ao consumo de alimentos concentrados e forrageiros fornecidos separadamente. O rápido consumo de concentrado provoca grande e rápida produção de ácidos graxos voláteis, reduzindo drasticamente o pH no retículo-rúmen e desencadeando todos os problemas relacionados a seguir: redução da digestão da fibra no retículo-rúmen; redução no consumo de MS total de alimento; menor produção animal; piora da eficiência alimentar, entre outros. A dieta total fornece alimentos mais uniformes ao longo do dia, reduzindo as flutuações de produtos finais da fermentação e, logo, estes tipos de problemas.

Como formas de manejo alimentar, para minimizar os efeitos adversos do tipo de alimentação na fermentação do retículo-rúmen, podem ser citados (University of Alberta, 2002):

- a) se a dieta total estiver sendo utilizada, deve-se assegurar que a quantidade de alimentos fornecida seja 10% superior ao que necessitam os animais do grupo. Tal prática é fundamental para se alcançar o consumo *ad libitum* ou à vontade. Muitos produtores evitam esta prática, uma vez que ela requer a limpeza diária do cocho. No entanto, se esta prática não for seguida, o consumo de alimento até o esvaziamento do cocho frequentemente ocorrerá. Sob estas circunstâncias, as vacas tenderão a consumir grandes quantidades de alimento nas primeiras duas horas após a alimentação, com efeitos negativos sobre a fermentação retículo-ruminal (redução no consumo e, conseqüentemente, da produção de leite e do teor de gordura no leite);
- b) mesmo em caso do uso de dieta total, sempre se deve assegurar adequado espaço de cocho. Se isto não for seguido, as conseqüências são as mesmas citadas no item anterior. Vacas dominantes impedirão que animais subordinados tenham acesso livre ao cocho. Então, as vacas subordinadas serão forçadas a consumir menores quantidades de alimentos, mas em grandes refeições (ou bocados);
- c) a decisão se a forragem será fornecida primeiro, ou vice-versa, dependerá de vários fatores: 1) tipo de forragem, 2) método de conservação, 3) tamanho da partícula da forragem fornecida, 4) fonte de amido ou carboidrato fermentável (trigo *versus* milho) e 5) degradação da proteína dietética;
- d) na alimentação, o fornecimento da forragem antes do concentrado parece ser desejado. Alimentação com forragem antes do concentrado ajuda a neutralizar produções extremas de ácidos no retículo-rúmen. Então, a fermentação da fibra e o consumo de alimentos serão menos prejudicados;
- e) em circunstâncias em que o fornecimento de forragens antes do concentrado não puder ser feito, deve haver todo esforço para alimentar as vacas o mais rápido possível com alimentos forrageiros. Se houver mais de uma forragem disponível, deve-se fornecer a mais palatável logo após o concentrado, para assegurar uma rápida diluição dos carboidratos facilmente fermentados no rúmen;
- f) deve-se substituir a fonte de carboidrato (amido) do concentrado, dando preferência para aqueles mais lentamente fermentados no rúmen, como o amido do milho.

Pesquisas reportaram que o aumento no tempo de acesso aos alimentos de oito para 20h por dia aumentou a ingestão diária de alimentos de 23,4 para 24,6kg de MS, em vacas no terço médio de lactação, embora não tenha refletido em aumento da produção de leite. Outros trabalhos constataram maior consumo de MS acompanhado de maior produção de leite. O acesso aos alimentos (8h x 24h) é importante, especialmente para vacas no início da lactação, sendo essa recomendação ainda mais relevante quando se considera que vacas nesse período procuram muito mais o alimento no cocho que vacas no final da lactação.

O acesso aos alimentos e a ingestão podem também ser influenciados por competição pelo alimento e pelo espaço físico na área de cocho. A organização social dos animais influenciou o tempo gasto no cocho após a distribuição da dieta total. Os animais dominantes permaneceram mais tempo no cocho, tendo maior oportunidade de

consumirem alimento logo após a distribuição. Segundo Forbes (1995), animais dominantes vão ao cocho várias vezes, apreendendo pequenas quantidades de alimento por bocado (grama/bocado de MS). Já animais subordinados vão ao cocho poucas vezes ao dia, apreendendo grandes quantidades por bocado.

O acesso aos alimentos contribui para o desempenho e o sucesso do programa de alimentação. A palatabilidade do alimento pode estimular ou deprimir a ingestão. A mistura e o uso de ingredientes com baixa palatabilidade devem ser feitos com cuidado para minimizar os problemas de seleção e recusa. A oferta de alimento fresco durante os períodos de alta atividade de consumo (por exemplo, após as ordenhas) estimula o consumo de MS. O suprimento de água precisa ser fresco, limpo e acessível para manter o consumo e a produção. As estratégias de manejo alimentar devem ser dinâmicas em relação ao sistema de alimentação, à dieta, ao tipo e à disponibilidade de instalações.

O aspecto crítico que precisa ser considerado na dieta à disposição dos animais no cocho é a palatabilidade. O consumo ótimo de matéria orgânica foi atingido com forragens com pH igual a 5,6, dentro de uma faixa de variação de 5 a 6. A palatabilidade do concentrado pode também influenciar o consumo. Poeira, textura, alguns aditivos, subprodutos da indústria, sais aniônicos são alguns fatores importantes que afetam a palatabilidade dos concentrados. Portanto, a inclusão de novos ingredientes na dieta dos animais deve ocorrer de maneira gradativa.

2.4 - Agrupamento alimentar animal

A fim de facilitar o trabalho operacional com vacas leiteiras em lactação, bem como aumentar a precisão no fornecimento de nutrientes para os animais em manutenção ou produção, o agrupamento alimentar animal é uma prática fundamental.

O conceito de agrupamento dos animais é a criação de grupos que venham a ser o mais uniforme possível em tamanho, idade, produção e estágio de lactação e/ou condição reprodutiva. A vantagem geral sob o ponto de vista nutricional é o suprimento das exigências nutricionais dos diferentes grupos, a redução dos custos com alimentação por animal por dia e a opção para fornecer suplementos especiais. O processo de agrupamento é dinâmico. O sistema deve ser planejado para minimizar o trabalho e tirar o máximo proveito do estágio fisiológico do animal. As rações que são formuladas para o grupo dependerão da ordem de lactação e do peso dos animais, dos dias em lactação, da produção e composição do leite e de mudanças no peso corporal. A temperatura e a umidade ambientais devem ser consideradas nesse processo de formulação da dieta. Algumas vezes os grupos fisiológicos e físicos não se equivalem. Porém, nestas situações, existirá a necessidade de ajuste nas dietas para compensar as diferenças nos consumos de matéria seca (MS) e as exigências nutricionais nos diferentes grupos fisiológicos.

São vantagens dos grupos de alimentação: quando os animais são agrupados em função do nível de produção, o grupo de maior produção poderá ser alimentado com

dietas de altas concentrações de energia e proteína para satisfazer suas altas demandas nutricionais diárias; o agrupamento permite que vacas de menor produção tenham acesso a alimentos de mais baixa qualidade ou dietas com menor densidade energético-proteica ou ainda com maior proporção de alimento volumoso; o agrupamento permite também que vacas de menor produção tenham acesso a dietas de menor custo diário; melhor uniformidade na produção de leite (quantidade) entre os animais do grupo, facilitando operações de ordenha durante a passagem do animal pela sala de ordenha; facilidade para detecção do estro, uma vez que as vacas estarão dentro do grupo em um estádio reprodutivo bastante semelhante; quando as vacas estiverem em um grupo de alimentação, em estádios da lactação e nível produtivo semelhantes, as operações gerais na propriedade ficam mais fáceis.

Por outro lado, são desvantagens: muitas propriedades não têm áreas de piquetes, pastos ou instalações adequadas para o agrupamento alimentar animal, e a sua construção pode, muitas vezes, ser bastante onerosa; há demanda para maior tempo e trabalho a fim de reagrupar os animais; o agrupamento animal muitas vezes exige mais que um tipo específico de dieta a ser fornecida, algo que nem todas as propriedades têm condições de fazer; redução na produção de leite geralmente ocorre quando há mudança de animais entre os grupos de alimentação, quando as vacas leiteiras passam de um grupo com dieta de maior energia para outro com menor energia; quando vacas são movimentadas de um grupo para outro, pode haver rupturas na ordem social dos animais, alterando hábitos alimentares e reduzindo o consumo de alimentos e a produção de leite.

O tamanho ou o número de animais dentro de um grupo de alimentação varia em função de muitos fatores, que incluem: capacidade da área para o confinamento ou para o agrupamento dos animais; grau de mecanização da propriedade rural; habilidade dos gerentes da propriedade de organizar e manter um programa de trabalho; se a área é seca, drenada, úmida ou pastos.

Há diversas formas para agrupar animais em função da alimentação, mas todas elas passam, necessariamente, por dois tipos:

- 1) *Agrupamento em lote único;*
- 2) *Agrupamento em lote separado.*

2.4.1 - Agrupamento em lote único

A forma mais tradicional e comumente encontrada, na maioria das propriedades rurais, é o agrupamento das vacas em lactação em um lote único. Nesse sistema, a alimentação dos animais é feita por meio da separação do alimento concentrado do alimento volumoso. O alimento concentrado é, na maioria das vezes, fornecido duas ou mais vezes ao dia, enquanto o alimento volumoso é fornecido uma única vez. Outra vertente é a formulação de uma dieta única fornecida para todos os animais do rebanho.

Apesar de a alimentação dos animais nesse sistema parecer menos laboriosa, na prática, observa-se que animais no início da lactação não conseguem ingerir satisfatória quantidade de nutrientes (principalmente energia) para suas funções produtivas (produção de leite), havendo subnutrição. Isso resulta numa rápida e intensa perda de escore da condição corporal, ocorrendo, conseqüentemente, menor pico de lactação e menor produção ao longo desta. Por outro lado, vacas de menor exigência diária de nutrientes correm riscos de ficarem supercondicionadas ao término da lactação, pelo excesso de consumo de energia e proteína, além de suas exigências. O supercondicionamento resulta em problemas para a saúde do animal por ocasião do próximo parto e início da lactação.

A fim de evitar esses transtornos metabólicos para o animal e garantir que animais com maior produção, ou produção ascendente, tenham acesso à maior quantidade de nutrientes e que animais com menor produção tenham acesso à menor quantidade de nutrientes, a criação de *lotes de alimentação separados* é mais recomendada.

2.4.2 - Agrupamento em lote separado

Quando se pretende agrupar os animais em produção, deve-se usar um critério que os agrupe da forma mais homogênea possível, de modo que não faltem nem sobrem nutrientes (Coppock, 1976; McGillard et al., 1983; Stallings, 1985).

Inicialmente, pensa-se em agrupar os animais por NÍVEL DE PRODUÇÃO, ou seja, de acordo com a quantidade de leite produzida. Mas, usando-se apenas este critério, uma grande heterogeneidade de exigências nutricionais é observada no grupo formado. Essas exigências não dependem apenas da produção de leite, mas também estão relacionadas com a porcentagem de gordura no leite, com o tamanho do animal e com a alteração da condição corporal deste animal.

Outro critério utilizado para o agrupamento dos animais em produção são os DIAS EM LACTAÇÃO em que os animais se encontram. Quando se trabalha com um rebanho de alta capacidade produtiva, este rebanho tende a ser mais homogêneo, e os animais de um mesmo lote apresentam os dias em lactação semelhantes. Mas, para usar este critério, deve ser considerada a heterogeneidade do rebanho e a situação das primíparas que, devido ao fato de ainda estarem em crescimento, apresentam exigências nutricionais superiores às dos animais mais velhos.

Vacas de primeira cria exigem 20% mais energia, proteína, cálcio e fósforo (além de outros nutrientes) para manutenção que vacas adultas. Vacas de segunda cria (segunda ordem da lactação) exigem 10% mais.

Um terceiro critério de agrupamento é a PRODUÇÃO DE LEITE CORRIGIDA PARA 4% DE GORDURA [$LCG = 0,4 \times (\text{produção de leite}) + 15 \times (\text{produção de gordura})$]. Este critério apresenta a vantagem sobre aquele que considera apenas a produção de leite, porque a porcentagem de gordura no leite influencia de maneira significativa as exigências nutricionais dos animais, ou seja, quanto maior for a porcentagem de

gordura no leite, maior será a demanda energética do animal e maior a exigência de energia. Desta forma, usando-se a produção de leite corrigida para 4% de gordura como critério de agrupamento, consegue-se um lote de animais mais homogêneos em relação às exigências nutricionais.

Um outro critério para ranquear os animais em produção é o MÉRITO LEITEIRO. Este critério considera a produção de leite do animal, a porcentagem de gordura no leite e o peso corporal, sendo expresso pela seguinte fórmula:

$$\left[\frac{(100 \times (\text{produção leiteira corrigida para 4\% de gordura}))}{(\text{peso corporal}^{0,75})} \right]$$

Dentre os critérios para separação em grupos já mencionados, este é o que determina maior semelhança em exigências nutricionais dentro do grupo formado, pois a exigência nutricional é dependente do tamanho do animal. Em outras palavras, para um mesmo nível de produção, os animais mais leves necessitam de maior densidade energética e proteica na dieta que os animais mais pesados, em virtude do menor consumo de matéria seca (% do peso vivo).

Derivado do mérito leiteiro, sugeriu-se um critério em que também se levam em conta os dias em lactação, sendo representado pela seguinte fórmula:

$$\left(\frac{100 \times (\text{produção leiteira corrigida para 4\% de gordura})}{\text{peso corporal}^{0,75}} \right) \times e^{-(\text{dias em lactação}/100)}$$

A vantagem deste critério sobre o mérito leiteiro é o de considerar os dias em lactação em que se encontram os animais e evitar que animais recém-paridos e ainda em balanço energético negativo sejam penalizados por apresentarem um nível de produção leiteira não compatível com o lote em que eles se encontram.

O último critério a ser considerado para a separação em lotes dos animais em produção é o método "CLUSTER". "Cluster" é uma palavra inglesa que significa "grupo homogêneo". A metodologia "cluster" procura criar grupos de animais o mais homogêneos possível, do ponto de vista nutricional. Para tanto, a metodologia utiliza para separar os animais as exigências percentuais de energia e proteína, ou seja, *os animais são agrupados segundo a porcentagem de proteína e de energia de que estes animais necessitam em sua dieta*, sem considerar diretamente a produção de leite, a porcentagem de gordura no leite, o peso corporal do animal e os dias em lactação. Quando se calculam as exigências percentuais de energia e proteína para um animal, indiretamente se considera a produção de leite, a porcentagem de gordura no leite, o peso corporal do animal e o ganho de peso (no caso das primíparas). O único inconveniente deste sistema de agrupamento é não considerar o *status* reprodutivo do animal, podendo, desta forma, penalizar animais que ainda não retornaram à atividade

ovariana cíclica após o parto, os quais, por motivos de menor produção (menor exigência), são colocados em um lote de animais com menor exigência nutricional.

Pela complexidade das fórmulas utilizadas no agrupamento “cluster”, o agrupamento dos animais torna-se complicado caso se calcule a exigência de animal por animal, mas, se for possível a utilização de computador, pode-se criar uma planilha onde se têm as fórmulas intrínsecas, sendo necessária apenas a alimentação com os seguintes dados: *peso corporal, idade, produção de leite e porcentagem de gordura no leite*.

2.5 - Movimentação de vacas entre os grupos/lotes

É desafio para os gerentes de propriedades leiteiras a prática de mudança das vacas entre os lotes ou grupos de produção/alimentação. A maioria das vacas deverá ser mudada de lote com o avanço da lactação, objetivando evitar a engorda excessiva dos animais e obter a redução dos custos. É recomendado mover os animais em “pequenos grupos”, de modo a se minimizar a pressão social.

O principal problema da mudança de animais nos grupos de produção é a redução da produção de leite devido ao desafio nutricional que este animal sofre. Com a mudança de lote, o animal passa a receber dieta com maior porcentagem de forragem em sua composição, o que o conduz ao menor consumo de matéria seca e de energia, com consequente redução na produção de leite. Há aumento no consumo de matéria seca alguns dias após a mudança de lote, mas normalmente não se observa aumento na produção de leite.

Para se evitar redução acentuada na produção de leite após a mudança de lote, recomenda-se que a densidade nutricional da dieta não seja reduzida em mais de 15%. A energia da nova dieta deve ser alta o suficiente para se evitar que as vacas entrem em balanço energético negativo após mudança de grupo.

Mas como minimizar redução na produção de leite quando as vacas são colocadas em dietas menos energéticas? Eis algumas considerações para minimizar esse problema: agrupar os animais que pariram no mesmo mês de modo que as mudanças nutricionais possam ser feitas gradualmente; o maior número de grupos significa menor diferença nutricional entre os lotes; usar forragens com alta energia; prover adequado espaço de cocho para os animais à mudança; mudanças menos drásticas podem ser obtidas aumentando-se a densidade nutricional da dieta do lote que vai receber as vacas no dia da mudança, diminuindo esta densidade com o transcorrer dos dias.

O critério mais importante a ser considerado na mudança de lote é o escore da condição corporal do animal. As vacas só devem sair do lote de maior densidade nutricional quando apresentarem escore 3 (escala de 1 a 5), ou seja, devem estar ganhando peso para não haver comprometimento da reprodução deste animal.

2.6 - Monitoramento do programa de alimentação

O uso de um sistema de monitoramento da produção de leite (volume e composição) constitui uma excelente ferramenta de avaliação. Além disso, é necessário manter atenção para as observações da quantidade e das alterações no consumo de matéria seca, na condição corporal e nas suas mudanças e na composição das fezes. Com essas informações de manejo, os profissionais serão capazes de promover mudanças inteligentes nas dietas e nas estratégias de alimentação.

Junto com o controle individual de produção de leite, o *escore da condição corporal (ECC)* é um dos melhores indicadores para avaliar o sucesso de operações de cunho nutricional. A avaliação do ECC revela detalhes sobre o passado, o presente e o futuro nutricional e produtivo de um rebanho.

No entanto, não basta considerar somente a simples mudança no ECC no animal. O efeito tempo também é tão importante quanto, ou seja, em quanto tempo houve a mudança no ECC de um animal ou da média de um grupo de alimentação. Tais conceitos são fundamentais e excelentes indicadores da saúde e dos procedimentos nutricionais de um rebanho.

No pós-parto, vacas obesas têm menores consumos de matéria seca que as magras. Em adição, mantêm o consumo baixo por mais tempo, apresentando balanço energético negativo (*BEN*) prolongado e mais intenso, retardando o retorno da atividade cíclica ovariana, o que aumenta os dias em aberto.

Do contrário, vacas que parem magras não têm reservas corporais para suportar grandes produções leiteiras no pós-parto. Logo, terão menor pico de lactação e menor produção total de leite. Também a reprodução será prejudicada, aumentando o número de dias em aberto por retardar o intervalo parto-primeira ovulação e parto-primeiro serviço.

O ideal é que 80% do rebanho não tenha perda de mais de 0,5 pontos no ECC nos primeiros 30 dias de lactação. Outras fontes de pesquisa mencionam que o ECC não deve cair mais que 1,00 a 1,25 pontos até o pico do BEN. Essas ponderações podem ser obtidas a partir de bons programas nutricionais e práticas adequadas de manejo alimentar (Tabela 1).

Melhores momentos para avaliação do ECC: parto, avaliações pós-parto, inseminação ou monta, diagnóstico de prenhez, final de lactação e secagem. Caso não seja possível avaliar todos os animais, pelo menos uma população de 20% do grupo de alimentação ou do rebanho é suficiente para se fazer inferências de caráter nutricional.

Tabela 1. Mobilização das reservas corporais de gordura em diferentes níveis de produção de leite, para rebanhos de vacas da raça Holandesa.

Produção na lactação (kg)	Pico da lactação (kg)	Perda de gordura corporal	
		(Kg/dia)	Total (kg)
6.000	30,0	0,45	18
7.000	35,0	0,62	28
8.000	40,0	0,81	45
9.000	45,0	1,00	60
10.000	50,0	1,25	91

Fonte: Adaptado de University of Alberta (2002).

O ECC ideal ou o mínimo aceitável para bovinos de leite, de acordo com o estado fisiológico é (valor médio primeiro seguido com amplitude aceitável, entre parênteses): *vaca seca* → 3,25 (3,00 a 3,50); *vaca ao parto* → 3,50 (3,25 a 3,50); *vaca no terço inicial da lactação* → 3,00 (2,50 a 3,25); *vaca no meio da lactação* → 3,25 (2,75 a 3,25); *vaca ao final da lactação* → 3,50 (3,00 a 3,50); *novilha em crescimento* → 3,00 (2,75 a 3,25); *novilha ao primeiro parto* → 3,50 (3,25 a 3,50). Deve-se observar que, do maior valor de ECC (3,50) para o menor (2,50), a redução não foi maior que 1,00 ponto.

2.7 - Desafiando a produção leiteira do grupo de alimentação

Quando o profissional em nutrição de gado de leite começa a trabalhar em uma propriedade rural, uma das primeiras perguntas que surge é: → se a produção média de leite de um rebanho ou de um grupo de alimentação é de 25,0kg leite/dia, a dieta a ser formulada deverá ser justamente para esses mesmos 25,0kg leite/dia?

Quando a dieta é formulada especificamente para a produção média do lote ou do grupo de alimentação, dois eventos podem ocorrer:

- 1) as vacas de maior produção no grupo ficarão subnutridas, pois a densidade energético-proteica da dieta não satisfaz suas exigências diárias;
- 2) as vacas de menor produção no grupo ficarão supercondicionadas.

Portanto, ao se formular dietas para grupos de produção, faz-se necessário um desafio nutricional, feito justamente sobre a produção média de leite do grupo. Esse desafio pode ser feito relativa ou estatisticamente falando:

- a) *desafio relativo* → desafiar a média de produção de leite do lote ou do grupo de alimentação em 30% (para rebanho de lote único ou bastante heterogêneo), 20% (para grupos de vacas com características heterogêneas) ou 10% (para grupos de vacas com características mais homogêneas);
- b) *desafio estatístico* → ao estabelecer a média do lote, soma-se à média 1X ou até 3X o desvio padrão, e o resultado será a produção de leite para a qual a dieta será formulada.

3 - FORMULAÇÃO DE DIETAS

3.1 – Carboidratos

A relação dos carboidratos como a maior fonte de energia para os microrganismos tem sido de grande interesse na alimentação de rebanhos leiteiros. Isso tem conduzido ao balanceamento de dietas baseadas na relação volumoso:concentrado (V:C) com a finalidade de balancear os carboidratos estruturais e não estruturais. O objetivo desse balanceamento é de propiciar uma combinação de fontes de alimentos que resultarão num contínuo suprimento de carboidratos fermentáveis após a ingestão.

Os alimentos são rotineiramente analisados para os teores de fibra em detergente neutro (FDN) que, de uma forma acurada, quantifica os principais componentes da parede celular (celulose, hemiceluloses e lignina). Por meio da fórmula de Sniffen et al. (1992), obtém-se o valor de carboidratos não fibrosos: $CNF (\%) \rightarrow 100\% - (PB + FDN + EE + Cinzas)$. Na maioria dos alimentos/dietas, o amido representa a maior parte dos CNF, sendo incluído nos parâmetros a serem avaliados em uma formulação. Outros representantes do CNF são açúcares solúveis em água (CSA), pectina e glucanos, mas são os açúcares e o amido os componentes com maior impacto na função retículo-ruminal. Uma vez que os teores de FDN e de CNF dos alimentos são conhecidos, as rações podem ser balanceadas usando-se os níveis estabelecidos para cada um deles.

Já que o crescimento microbiano no retículo-rúmen será determinado pelas quantidades de carboidratos totais (FDN + CNF) fermentados, as recomendações podem ser modificadas pelas taxas e pela extensão da fermentação das fontes de FDN e CNE na ração. As dietas consumidas por vacas de alta produção possuem altos níveis de amido, uma vez que os cereais contêm de 60 a 80% de amido e representam o principal componente e a fonte primária de energia destas dietas. Os açúcares e amidos têm taxas rápidas de fermentação e fornecerão energia para o crescimento microbiano logo após a ingestão. Devido à rapidez de fermentação, a quantidade total fornecida destes deve ser limitada para evitar excessiva acidose ruminal. Os efeitos do processamento dos grãos sobre a utilização de nutrientes pelo ruminante mostram as mudanças nas taxas, extensão e locais de digestão do amido (Tabela 2).

A FDN das forragens tem taxas de degradação mais lentas e raramente contribui para a acidose. A excessiva proporção de forragens pode limitar a disponibilidade de energia para o crescimento microbiano devido à lenta taxa de fermentação e por limitar a ingestão de MS. As taxas de degradação da FDN dos subprodutos se sobrepõem às taxas de ambos, amido e FDN da forragem. Isto significa que, se cuidadosamente escolhidos, os subprodutos podem substituir parte da forragem ou dos grãos da ração sem o prejuízo para o crescimento microbiano ou a produção de leite.

Tabela 2. Digestibilidade do amido do grão de milho sob diferentes métodos de processamento.

Método de processamento	% do amido da dieta (sítio da digestão)			
	Rúmen	Intestino delgado	Intestino grosso	TGI*
Inteiro	58,90	17,00	2,80	91,70
Quebrado	68,90	12,90	8,20	87,60
Laminado	71,80	16,10	4,90	93,20
Moído	77,70	13,70	4,30	93,50
Ensilado úmido	86,00	5,50	1,00	94,60
Floculado a vapor	82,80	15,60	1,30	97,80

*digestibilidade total no trato gastrointestinal.

Fonte: Adaptado de Owens et al. (1986).

Em situações em que há riscos de acidose devido ao alto teor de amido na dieta, o uso de fontes de FDN rapidamente fermentáveis pode melhorar o ambiente retículo-ruminal por meio de um manto ruminal (“rumen mat”) mais estável e decréscimo na taxa de passagem dos subprodutos da agricultura.

A quantidade total de carboidratos fermentados no retículo-rúmen está na dependência de: quantidade fermentada (extensão) e fermentabilidade (taxa de degradação) dos carboidratos. Isso significa, de forma prática, dinâmica da digestão desses compostos. A dinâmica (também referenciada por cinética) da fermentação retículo-ruminal dos carboidratos refere-se a sua digestão e a sua passagem pelo trato digestivo. Alguns conceitos de dinâmica devem ser expressos (Van Soest, 1994): *taxa de degradação* (K_d , %/h, %/min, %/seg) → proporção do alimento ou do nutriente que é degradado no retículo-rúmen por unidade de tempo. Exemplo: a matéria seca (MS) da silagem de milho tem um K_d de 2,0%/h, ou seja, 2% da MS da silagem é degradada por hora; *taxa de passagem* (K_p , %/h) → proporção do alimento ou do nutriente que passa processado (Ex.: proteína microbiana) ou inalterado (Ex.: lignina) pelo retículo-rúmen por unidade de tempo. Exemplo: a matéria seca (MS) da silagem de milho tem um K_p de 8,0%/h, ou seja, 8% da MS da silagem passa pelo retículo-rúmen por hora; *extensão de degradação* (%) → potencial máximo que o alimento ou o nutriente foi degradado no retículo-rúmen, em função de um tempo conhecido.

A FDN apresenta duas frações de dinâmica de digestão: 1) uma fração contém lignina, celulose e hemiceluloses (FDN) formando complexos não degradáveis no retículo-rúmen, fazendo com que o K_d da fração seja igual a zero (0%/h). Essa fração não fornece nutriente para a vaca de leite e ainda limita o consumo de alimento pelo efeito do preenchimento do retículo-rúmen, por apresentar também baixos valores de K_p ; 2) a outra fração, também de FDN, contém celulose e hemiceluloses livres do complexo com a lignina. Possui variáveis valores de K_d (de 3 a 12%/h) e de K_p .

Os CNF, por sua vez, compreendem açúcares simples e aqueles solúveis em água, e são fermentados no retículo-rúmen a K_d bastante elevados (4 a 8%/min). O amido

apresenta altos K_d , variando de 6 a 60%/h. A extensão de degradação do amido varia com 1) *tipo de cereal* (aveia de 88 a 91%, trigo de 88 a 90%, cevada de 86 a 88%, mandioca de 84 a 86%, batata de 82 a 84%, arroz de 80 a 82%, milho de 75 a 77% e sorgo de 66 a 70%) e 2) *processamento* (Tabela 2).

O principal objetivo é selecionar fontes de carboidratos degradáveis rápida e vagorosamente que, quando alimentados juntos, garantem um contínuo suprimento de carboidratos fermentáveis no rúmen.

A Will Hoover West Virginia University demonstrou o valor das fibras altamente fermentáveis presentes nos alimentos, que foi denominado de “Fill Factor” ou “Efeito de preenchimento”. Fibras altamente digestíveis reduzirão o efeito de preenchimento da fibra de maneira mais rápida, permitindo que a vaca tenha maior consumo de MS.

A seleção do nível ótimo de fibra para o gado leiteiro requer considerações de vários fatores que interagem e afetam o consumo de energia e o desempenho animal. Adequada fibra efetiva deve ser fornecida para permitir ao animal maximizar a fermentação retículo-ruminal dos carboidratos, enquanto mantém um adequado pH ruminal. Essa estratégia deve aumentar a eficiência da fermentação, a produção de proteína microbiana e a ingestão de energia, resultando em aumento da produção de leite e decréscimo nos custos da ração. Para um determinado animal ou grupo de animais, ingredientes disponíveis e sistema de alimentação, existe um nível ótimo de concentração de fibra na ração, que maximiza o desempenho animal.

A formulação de dieta total baseada no teor de FDN, embora seja um dos mais importantes mecanismos para realização do balanceamento das dietas, definindo a relação volumoso:concentrado (V:C), não leva em conta diferenças sutis da fibra que estão associadas com a dinâmica da digestão ou com as características físicas. As características físicas da fibra tornam-se críticas na formulação de rações quando se trabalha próximo aos limites inferiores de relação V:C. Estas características podem influenciar a saúde animal, a fermentação retículo-ruminal, o metabolismo animal e a produção de gordura do leite, independentemente da concentração dietética de FDN. O teor de FDN pode ser eficientemente utilizado para definir os limites inferiores de relação V:C, quando misturas contendo forragens longas ou grosseiramente picadas são fornecidas. Porém, quando são utilizadas forragens finamente picadas ou fontes de fibra não forrageira, o teor de FDN é menos adequado (Mertens, 1997).

Em função de alguns aspectos dietéticos (que serão discutidos posteriormente), Allen (1995) recomenda o balanceamento de rações com um mínimo de $30 \pm 5\%$ de FDN, sendo 75% desta FDN oriunda das forragens. Entretanto, esta recomendação pode ser manipulada, uma vez que as fibras variam em efetividade e sobre o estímulo da ruminação, devido às diferenças no tamanho e à distribuição das partículas, bem como ao tempo de retenção desta fibra no retículo-rúmen. Os valores da degradação retículo-ruminal da FDN variaram de 32 a 68% para a silagem de milho; para os subprodutos, tendem a ser mais altos, porém com uma menor variação dentro de cada alimento.

Recomendações gerais de FDN dietético apontam para um nível ótimo (que maximiza a ingestão de energia pelas vacas no início da lactação) entre 25 a 35% da MS. O nível de FDN dentro desse intervalo está na dependência da vaca ou grupo de vacas, dos alimentos disponíveis e do sistema de alimentação adotado. A Figura 1 ilustra os fatores primários que afetam a concentração ótima de FDN da dieta ou ração total, e que serão interpretados em seguida.



Figura 1. Concentrações dietéticas de FDN na ração total e procedimento nutricional a ser tomado nas diferentes situações de balanceamento e alimentação.
 Fonte: Adaptado de Allen (1995) e Gomes et al. (2007).

Outra medida que muitas vezes é considerada nos balanceamentos de rações é o conteúdo de CNF na dieta. Enquanto as rações são formuladas para um teor mínimo de fibras, elas são também balanceadas para o teor máximo de CNF. Isso porque os CNF são geralmente mais fermentáveis que a fibra e à medida que o nível de CNF aumenta nas rações a produção de ácidos da fermentação aumenta no rúmen. À proporção que o teor de CNF aumenta ao substituir a fibra, não somente aumenta a taxa de produção de ácidos da fermentação no retículo-rúmen como também existe menos fibra para estimular a ruminação e secreção de tampões na saliva.

O consumo de energia de vacas no início de lactação é aquém das exigências diárias de energia e é impossível balancear rações para atingir as exigências para ambos, ou seja, fibra e energia. As rações com níveis inadequados de fibras (valores abaixo do recomendado) provocam alterações na função retículo-ruminal, decréscimo na ingestão de energia e podem resultar em problemas de saúde, como acidose, deslocamento de abomaso e laminites. Portanto, torna-se necessário balancear rações considerando os efeitos no pH ruminal mais diretamente. Alcançar as exigências energéticas sem o comprometimento da função retículo-ruminal é muito mais fácil para vacas nos terços médio e final de lactação.

Segundo pesquisas, tampões podem ser usados para substituir parcialmente a FDN no processo de neutralização dos ácidos da fermentação e são efetivos quando a fibra efetiva e o tamponamento natural são limitados. Gordura adicional na dieta, por meio do caroço de algodão, soja, sebo etc., permitirá redução na concentração de FDN da ração desde que a gordura seja fermentada no rúmen. Dessa forma, não haverá produção de compostos que exigirão maior produção de saliva. Entretanto, a gordura não pode ser utilizada pelos microrganismos retículo-ruminais e, então, não contribui para a produção de proteína microbiana. Como a gordura rende de duas a três vezes mais energia que o grão, ela deve ser incluída somente quando se necessita aumentar o consumo de energia após a maximização da ingestão de grãos.

Seguem algumas recomendações de Allen (1995), baseadas no grau ao qual o teor de FDN da ração deve ser ajustado, a partir do ponto intermediário de 30% da MS. Esse ajuste requer embasamento de nutrição e um refinamento pela experiência de cada profissional em nutrição de gado de leite:

- a) *tamanho da partícula da forragem* → nenhum ajuste para silagens com 5 a 10% de partículas maiores que 3,75cm; diminuir duas unidades na FDN quando mais que 15% das partículas da silagem for maior que 3,75cm ou quando fornecer forragem longa; aumentar duas unidades na FDN quando fornecer silagem com poucas partículas maiores que 3,75cm; aumentar até quatro unidades na FDN quando a silagem finamente picada estiver sendo utilizada;
- b) *utilização de subprodutos* → nenhum ajuste quando as rações não possuírem subprodutos ricos em fibras; aumentar a FDN até duas unidades quando fornecer subprodutos ricos em fibras com silagem finamente moída (menor ajuste quando se tratar de caroço de algodão); frequência de utilização de grãos: nenhum ajuste se o concentrado for fornecido separado da forragem até três vezes ao dia; diminuir a FDN uma unidade e meia se o concentrado for fornecido separado até quatro vezes ao dia ou no sistema de dieta total; aumentar o FDN uma unidade e meia se o concentrado for fornecido separado apenas duas vezes ou menos;
- c) *digestibilidade retículo-ruminal do amido* → nenhum ajuste se 75 a 80% do amido for digerido no rúmen; diminuir duas unidades de FDN se apenas 65 a 75% do amido for digerido no rúmen; aumentar até duas unidades de FDN se mais que 80% do amido for digerido no rúmen. A digestibilidade do amido menor que 65% no retículo-rúmen diminuirá a produção de proteína microbiana no rúmen e conduzirá para menor digestibilidade no trato intestinal. Portanto, deve ser evitada;
- d) *tampões* → nenhum ajuste se tampões não forem adicionados na ração; diminuir o FDN em uma unidade se tampões forem usados a uma proporção de 1,0% da MS da ração;
- e) *digestibilidade da fibra* → aumentar a FDN quando se tratar de forragens imaturas;
- f) *adição de gorduras* → nenhum ajuste sem a adição de gordura; diminuir a FDN em uma unidade se a gordura for adicionada em 2 a 3% na MS da ração;
- g) *dieta total* → aumentar a FDN em até três unidades ou mais se a MS e a FDN da silagem forem variadas.

Como os fatores não são aditivos, ajustes podem ser necessários. O menor nível dietético recomendado é de 25% de FDN na MS da dieta total. Dietas com FDN de 25% terão partículas mais longas, moderada digestibilidade retículo-ruminal de amido, tampões, fornecimento (necessariamente) como dieta total e mínima variação na concentração de MS e FDN da forragem. Deve ser enfatizado que a principal meta é maximizar o consumo de energia e a produção de proteína microbiana no rúmen.

3.2 - Lipídios ou gorduras

Muitas vezes, devido ao inventário de alimentos e ambiente, não existe combinação ideal de ingredientes fermentáveis no retículo-rúmen. Mesmo quando há essa combinação, a disponibilidade de energia para a vaca de leite pode ser um limitante de produção. Para evitar esse problema, pode-se incluir gordura como fonte de energia, mesmo para rebanhos de alta produção. A adição de gordura é reconhecidamente positiva na dieta de vacas, dadas as condições ambientais e a variabilidade na qualidade de forragens (digestibilidade da fibra como sendo o maior limitante) e a qualidade dos grãos. Porém, deve-se ter cautela em relação ao tipo de gordura que será fornecido às vacas em lactação. O excesso de gordura insaturada (fontes vegetais) apresenta efeito negativo na função retículo-ruminal, reduzindo a fermentação das frações fibrosas dos alimentos, principalmente volumosos. Isso induz a uma conseqüente redução no consumo de MS. Mistura de gorduras saturadas e insaturadas representa a melhor opção. Se as gorduras ditas protegidas ou inertes estão sendo fornecidas, é importante conhecer a digestibilidade do produto. Parece que algumas gorduras ricas em ácido esteárico têm baixa digestibilidade no intestino delgado (Van Soest, 1994; Wattiaux e Grummer, 2009).

Em dietas para vacas de leite de alta produção, a concentração de lipídios dificilmente ultrapassa os 6%. No entanto, a constante necessidade de aumentar a densidade energética na dieta levou nutricionistas a confeccionar dietas com até 8% de lipídios. O excesso de lipídios na dieta pode provocar efeitos deletérios nos processos fermentativos retículo-ruminais. Em dietas ricas em lipídios, foi observado no retículo-rúmen: aumento na concentração de propionato; redução na concentração de acetato; redução da relação acetato:propionato (A:P); redução geral na concentração de AGVs; redução na concentração de CH₄ e H⁺; redução na população de protozoários no retículo-rúmen; redução na degradação da FDN da dieta (University of Alberta, 2002).

Para explicar a redução na degradação da FDN dietética, há duas situações (Jenkins, 1993):

- a) *EFEITO FÍSICO* → o excesso de ácidos graxos saturados e insaturados no ambiente retículo-ruminal promove superfície protetora nas partículas de alimentos, aumentando a tensão superficial e impossibilitando a adesão bacteriana nessas partículas para posterior fermentação;
- b) *EFEITO QUÍMICO* → o excesso de ácidos graxos insaturados no ambiente retículo-ruminal é tóxico para as bactérias, por aumentar a fluidez da sua membrana celular, perdendo permeabilidade seletiva e reduzindo sua viabilidade celular.

Portanto, o efeito dos lipídios nos processos fermentativos do retículo-rúmen é consequência não somente da *concentração* de ácidos graxos dietéticos mas também de sua *natureza*, ou seja, saturado ou insaturado, sendo esse último o mais importante. Segue a análise mais crítica de cada um destes eventos.

3.2.1 - Influência dos lipídios na fermentação retículo-ruminal

O fornecimento de gordura na dieta (saturada ou insaturada) em concentrações elevadas (acima de 6% da matéria seca total) pode causar decréscimo no consumo de matéria seca e na degradabilidade retículo-ruminal de alguns nutrientes, especialmente da fibra (FDN). Essas alterações na degradabilidade da fibra são acompanhadas por alterações nas proporções dos diferentes ácidos graxos voláteis (AGV) no retículo-rúmen. Experimentos com suplementação de sebo aumentaram a concentração de AGV no fluido retículo-ruminal, resultando em um decréscimo linear do pH nesse fluido à medida que a concentração de sebo aumentou na dieta. Quando concentrações mais elevadas (5,6% na MS) de sebo foram utilizadas, foi observada redução nas proporções molares de acetato, propionato e butirato, além da redução da relação acetato:propionato (Jenkins, 1993; Balieiro Neto e Melloti, 2007).

Entre as sementes oleaginosas mais utilizadas como fonte adicional de gordura na dieta, estão o caroço de algodão, a soja grão e a semente de girassol. Em animais consumindo dietas com diferentes proporções de óleos vegetais (soja e algodão), foi observada variação significativa na proporção molar de propionato e butirato.

3.2.2 - Influência dos lipídios na degradação da FDN no retículo-rúmen

A influência dos lipídios na degradação da fibra varia em função da natureza deste lipídio fornecido (saturação ou insaturação e esterificação) e da quantidade utilizada. Os ácidos graxos insaturados são mais tóxicos aos microrganismos retículo-ruminais que os saturados. Efeitos negativos são observados se a taxa de entrada de ácidos graxos poli-insaturados no retículo-rúmen exceder a capacidade das bactérias em converter *trans*-11 C_{18:1} em C_{18:0}. Aumento na quantidade de ácidos graxos não esterificados na dieta inibe passos específicos da bio-hidrogenação.

Os seguintes mecanismos são responsáveis pela diminuição da degradação da fração fibrosa da dieta: formação de uma barreira física, evitando o ataque microbiano; modificação da população microbiana, devido aos efeitos tóxicos da gordura; inibição da atividade microbiana, devido ao efeito da gordura sobre a tensão superficial da membrana celular; diminuição na disponibilidade de certos cátions (Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺), formando complexos insolúveis com os ácidos graxos de cadeia longa.

Este último efeito está relacionado diretamente com a disponibilidade de cátions para a função microbiana, ou indiretamente sobre o pH do retículo-rúmen. Quando se fornecem concentrações variadas e crescentes de lipídios na dieta, observa-se redução significativa do pH retículo-ruminal e redução nas concentrações ou na disponibilidade de cátions bivalentes, como o Ca⁺⁺ e o Mg⁺⁺. Logo, vacas

suplementadas com gordura necessitam ser, também, suplementadas com esses minerais, caso contrário, deficiências poderão aparecer.

Foi observado que a adição de 5,6% de gordura na dieta (base da MS) reduziu o consumo de MS pelos animais ruminantes. Ao mesmo tempo, a redução nas proporções molares de AGVs no retículo-rúmen indica que a fermentação no órgão foi alterada.

Gorduras contendo ácidos graxos poli-insaturados, quando incluídas na dieta, reduzem a degradação retículo-ruminal da fibra. A inibição das bactérias celulolíticas pelo fornecimento de concentrações elevadas de ácidos graxos poli-insaturados é o fator predisponente para esta redução.

3.2.3 - Influência dos lipídios no ecossistema do retículo-rúmen

Os microrganismos do retículo-rúmen exercem papel fundamental na digestão dos lipídios promovendo a lipólise e a bio-hidrogenação, tendo como produto final o ácido esteárico (C_{18:0}). De todos eles, as bactérias exercem papel de maior importância para a bio-hidrogenação. Experimentos demonstraram o efeito negativo dos ácidos graxos sobre o crescimento bacteriano, como o efeito de suplementos ricos em ácidos graxos insaturados de cadeia longa, e com maior quantidade de formas *Cis*.

Nem todos os tipos de bactérias são influenciados da mesma forma pela ação dos lipídios. O crescimento das bactérias celulolíticas foi mais acentuadamente reduzido em relação às amilolíticas. Logo, as bactérias Gram positivas são mais sensíveis que as Gram negativas.

Outra importante atividade dos lipídios dietéticos é sobre a população de protozoários. A adição de suplementos de gordura à dieta reduziu a população de protozoários no retículo-rúmen (Balieiro Neto e Melloti, 2007).

3.2.4 - Influência dos lipídios na utilização do nitrogênio no retículo-rúmen

A eficiência de síntese microbiana (fluxo de nitrogênio bacteriano por quantidade de matéria orgânica fermentada) é determinada principalmente pelo balanço entre síntese e degradação de matéria microbiana, sendo este último processo resultado da predação de bactérias pelos protozoários. A redução na população de protozoários e a diminuição da matéria orgânica fermentada no retículo-rúmen foram os responsáveis pela redução da eficiência de síntese microbiana no retículo-rúmen.

3.3 - Proteínas

3.3.1 - Fração nitrogenada dos alimentos

A proteína bruta dos alimentos para bovinos leiteiros é determinada pela multiplicação da concentração de nitrogênio (determinado pelo método Kjeldahl) por 6,25. O

nitrogênio (N) ingerido por bovinos leiteiros é predominantemente de origem vegetal, em que a *proteína verdadeira* corresponde cerca de 60 a 80% do N total da planta, sendo o remanescente representado pelo *nitrogênio não proteico (NNP)* e por uma pequena porcentagem de *N lignificado* (Van Soest, 1994).

As quatro principais classes de proteínas presentes nas sementes das plantas são: *albumina*, *globulinas*, *prolaminas* e *glutelinas*. Mas as proteínas são classificadas não somente pelas suas classes como também pelas suas solubilidades físicas. Portanto, nutricionalmente, há uma classificação mais relevante do N dos alimentos (Tabela 3).

Tabela 3. Partição do N e frações proteicas dos alimentos.

Fração	Estimativa ou definição	K _d	Classificação*
NNP + peptídeos (NNP)	Não seria capaz de se precipitar	Não aplicável	A
Proteína solúvel verdadeira (BSP)	Solúvel em tampão e precipitável	Rápida	B1
Proteína solúvel em detergente neutro	Diferença entre proteína ingerida e PIDN	Variável	B2
Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN)	Proteína insolúvel em detergente neutro mas solúvel em detergente ácido	Lenta	B3
Proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA ou NIDA)	Inclui proteína danificada pelo calor e N associado com lignina	Indigestível	C

*a fração solúvel A contém NNP, peptídeos e algumas proteínas solúveis. As frações B1, B2 e B3 representam frações decrescentes da disponibilidade da proteína verdadeira. A fração C representa a fração proteica lignificada ou danificada pelo calor.

Fonte: Van Soest (1994).

Alguns pesquisadores, avaliando a solubilidade da proteína em detergentes neutro e ácido e em tampão borato-fosfato, obtiveram essas mesmas frações proteicas (A, B e C), mas também levaram em consideração as taxas de degradação e digestibilidade intestinal (Figura 2 e Tabela 4).

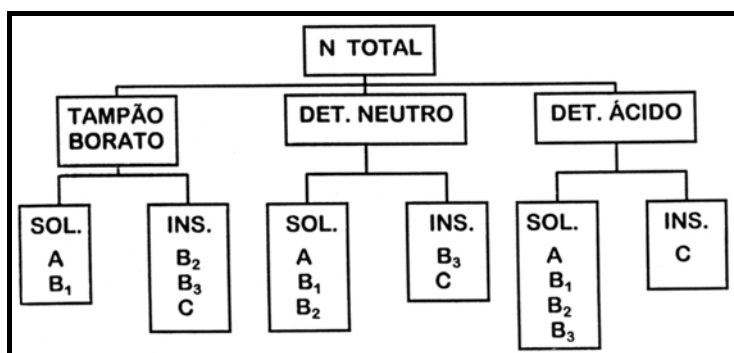


Figura 2. Análise das frações da proteína usando tampão borato-fosfato, detergentes neutro e ácido.

Fonte: Chalupa et al. (1991).

Tabela 4. Composição, degradação ruminal e digestão intestinal das frações proteicas.

Fração	Composição	K _d (%/h)	Digestão intestinal (%)
A	NH ₃ , NO ₃ ⁻² , aminoácidos e peptídeos	Instantâneo	Não alcança o intestino
B1	Globulinas e algumas albuminas	200 a 300	100
B2	Maioria da albuminas e glutelinas	5 a 15	100
B3	Prolaminas, extensinas e proteínas desnaturadas	0,1 a 1,5	80
C	Produtos de Maillard e N ligado à lignina	0	0

Fonte: Adaptado de Chalupa et al. (1991).

As frações A e B1 seriam solúveis em tampão borato-fosfato. Este poderia ser partido pela extração com o ácido tricloroacético. As frações B2, B3 e C seriam insolúveis neste tampão. A extração com detergente neutro isolaria as frações A, B1 e B2 das frações B3 e C (insolúveis em detergente neutro). O detergente ácido partiria a fração C (insolúvel em detergente ácido) das frações A, B1, B2 e B3. A fração B2 seria calculada como a diferença entre a proteína insolúvel em tampão borato-fosfato e a proteína insolúvel em detergente neutro. A fração B3 seria a diferença entre a proteína insolúvel em detergente neutro e a proteína insolúvel em detergente ácido. A proteína insolúvel em detergente ácido seria a fração C (Figura 2).

Todo esse fracionamento visa estabelecer quanto da proteína dietética será processada no retículo-rúmen para ser convertida em proteína microbiana (a *Proteína Degradável no Rúmen* ou *PDR*) ou passará intacta pelo retículo-rúmen para ser digerida e absorvida no intestino delgado (a *Proteína não Degradável no Rúmen* ou *PNDR*). Fazem parte dessas duas formas de proteína: 1) PDR: toda fração A e parte da B que é degradada no retículo-rúmen (K_d); 2) PNDR: toda fração C e parte da B que passa pelo retículo-rúmen sem ser fermentada (K_p).

3.3.2 - Degradação da proteína dietética no retículo-rúmen

A proteína dietética que entra no retículo-rúmen é parcialmente degradada pelas *Proteases* e *Peptidases* bacterianas, primeiro em *peptídeos* e *aminoácidos*, que desempenham funções de menor importância na nutrição animal, e finalmente em *amônia* (NH₃), em um processo conhecido por *Deaminação* ou *Desaminação* (*Deaminases* bacterianas). Alguma proteína dietética escapa da degradação, e a extensão desta sobrevivência influencia a quantidade de N disponível como nutriente para a microbiota retículo-ruminal e a quantidade de aminoácidos disponíveis para o animal (Figura 3).

Em todos os animais ruminantes, há necessidade tanto de proteína solúvel quanto de degradável no retículo-rúmen, a fim de fornecer substrato nitrogenado (NH_3) para que a microbiota retículo-ruminal possa estabelecer máxima capacidade de crescimento e de fermentação. As bactérias retículo-ruminais capturam a NH_3 do meio e assimilam-na para sintetizar proteína microbiana (*MULTIPLICAÇÃO*) de alto valor biológico, desde que haja energia presente. A proteína microbiana é a principal fonte de aminoácidos para a vaca de leite (de 50 a 90% do total que alcança o duodeno).

A habilidade de conversão do N dietético (PDR) em N microbiano (proteína microbiana) pelas bactérias é influenciada por: tempo que a partícula do alimento fica retida no retículo-rúmen; grau de solubilidade da proteína e taxa e extensão de degradação da PDR pelos microrganismos; concentração de N na proteína dietética; quantidade e disponibilidade de energia para a microbiota ruminal; presença ou ausência de nutrientes específicos que influenciam as atividades metabólicas de bactérias e protozoários.

Mas vacas leiteiras de alta produção também exigem considerável quantidade de proteína que não é degradada no retículo-rúmen, como complemento ao fluxo de proteína de origem microbiana para o duodeno.

Por muitos anos, a proteína bruta foi utilizada na formulação de dietas para vacas em lactação porque pouco se conhecia a respeito da resposta do animal em face da variação na qualidade da proteína consumida e porque a alta qualidade da proteína microbiana sintetizada complementar as deficiências da qualidade da proteína da dieta que escaparia à fermentação retículo-ruminal. Os microrganismos eram capazes de sintetizar toda a proteína para vacas que produziam até 4.500kg de leite por lactação. Atualmente, frente ao progresso genético do rebanho leiteiro, a síntese de proteína microbiana no retículo-rúmen tem participado cada vez menos para atender as exigências diárias dos animais, e, como consequência, significativa quantidade de proteína da dieta precisa escapar da degradação retículo-ruminal de maneira a suprir as exigências de proteína. Mais importante que a quantidade de proteína que escapa da degradação no rúmen é a sua composição em termos de aminoácidos essenciais.

Algumas pesquisas sugerem que, para a suplementação da PNDR resultar em melhora no desempenho, a fonte de PNDR deve possuir uma composição em aminoácidos que complementar a proteína microbiana. Experimentos com infusão indicaram que a lisina e a metionina provavelmente são os dois principais aminoácidos para a produção de leite e a síntese de proteína do leite na maioria das dietas de vacas leiteiras dos Estados Unidos.

Santos et al. (1998) revisaram 12 anos de literatura sobre a utilização de proteína sobrepassante na dieta de vacas em lactação. De um modo geral, esses estudos revelaram inconsistências nos resultados quando os suplementos proteicos altos em PNDR substituíram de maneira parcial ou total fontes de proteínas convencionais, tais como o farelo de soja. As possíveis razões para a falta de resposta ao aumento de

PNDR na dieta foram: redução na síntese de proteína microbiana no rúmen; as fontes de PNDR eram pobres em aminoácidos essenciais; baixa digestibilidade das fontes de PNDR no intestino delgado; as dietas-controle não tinham quantidades suficientemente altas de proteína degradável no rúmen (PDR).

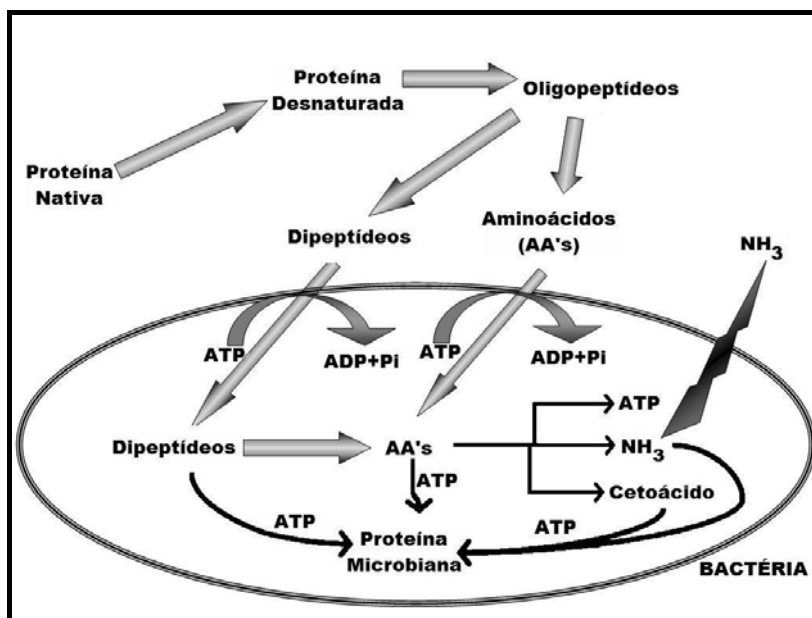


Figura 3. Sequência da degradação dos compostos nitrogenados no retículo-rúmen pelas bactérias proteolíticas.

Fonte: Adaptado de Van Soest (1994).

Pesquisadores enfatizaram a importância tanto da quantidade quanto do balanço dos aminoácidos essenciais na digesta estarem presentes no duodeno, e propuseram que as fontes de proteínas devem ser comparadas pela porcentagem de lisina e metionina em relação à quantidade total de aminoácidos essenciais naquela fonte. Assumindo que a lisina e a metionina são os dois principais aminoácidos limitantes para a produção de leite e proteína do leite na maioria das dietas e que a relação ideal de lisina/metionina (como porcentagem de aminoácidos essenciais) é de 15:5 (ou 3:1), então a proteína microbiana possui melhor balanço para esses dois aminoácidos essenciais (Tabela 5). A substituição do farelo de soja pela maioria das fontes de PNDR provavelmente diminuirá a disponibilidade de lisina e metionina, principalmente se a síntese de proteína microbiana for reduzida.

Ainda, Santos et al. (1998) concluíram que não houve alteração na produção de leite com o aumento de proteína degradável com adição de ureia em dietas em que farelo de soja, soja extrusada e resíduo de cervejaria foram os suplementos proteicos controle nas dietas de vacas de alta produção. Porém, houve uma tendência de aumento no teor de proteína do leite, sugerindo uma estimulação da síntese de proteína microbiana no rúmen.

Portanto, as necessidades de proteína para os ruminantes são providas pela *PROTEÍNA MICROBIANA* sintetizada no retículo-rúmen, a partir da *proteína dietética solúvel e degradada no rúmen (PDR)*, e pela *PROTEÍNA DIETÉTICA NÃO DEGRADADA NO RÚMEN (PNDR)* (Figura 4).

Grosseiramente, as exigências de proteínas dos ruminantes leiteiros são fornecidas em termos de PDR e PNDR. Como os compostos nitrogenados de origem bacteriana não são suficientes para satisfazer as exigências em aminoácidos absorvidos no intestino delgado para a produção de grandes quantidades de leite, há necessidade de suplementar o animal com alimentos considerados fontes de PNDR, a fim de aumentar o fluxo de aminoácidos para o duodeno e satisfazer as exigências animais em aminoácidos metabolizáveis, ou seja, absorvidos e disponíveis na corrente circulatória para as diversas funções orgânicas animais.

Em bovinos de leite, tanto o fluxo de glicose quanto de aminoácidos essenciais para a glândula mamária são altamente limitantes para a síntese e secreção dos constituintes sólidos do leite: *lactose; proteína (micelas de caseínas); gordura*.

Tabela 5. Perfil de aminoácidos essenciais (AAE) individuais (%) e totais (%AAE) de bactérias, protozoários e de alguns alimentos comumente utilizados na alimentação de vacas leiteiras.

Itens*	Arg	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Trp	Val	AAE
TM	16,8	6,3	7,1	17,0	16,3	5,1	8,9	9,9	2,5	10,1	-
Leite	7,2	5,5	11,4	19,5	16,0	5,5	10,0	8,9	3,0	13,0	-
BACT	10,4	4,2	11,6	15,9	16,6	5,1	10,1	11,4	2,7	12,4	40,0
PROT	9,3	3,6	12,7	15,8	20,6	4,2	10,7	10,5	2,8	9,7	-
ALF	10,9	5,2	10,9	18,4	11,1	3,8	12,2	10,6	3,4	13,5	-
SM	6,4	5,5	10,3	27,8	7,5	4,8	12,0	10,1	1,4	14,1	-
CV	12,8	5,9	9,6	18,4	9,6	4,5	13,3	9,1	3,1	13,6	38,5
MI	10,8	7,0	8,2	19,1	7,0	5,0	11,3	8,4	1,7	11,5	42,3
AV	15,6	5,4	9,5	18,1	10,0	4,3	11,5	9,2	3,2	13,3	42,8
SO	9,4	5,8	9,4	30,9	5,6	4,3	12,6	8,0	2,2	11,8	39,8
TR	15,2	6,6	9,7	18,9	8,0	4,6	12,6	8,3	3,4	12,6	31,9
FGM	6,8	4,7	9,3	36,4	3,8	5,5	13,8	7,5	1,5	10,7	44,2
FAI	25,4	6,0	7,7	13,9	9,6	3,8	12,2	7,7	2,9	10,8	43,1
FAM	13,5	5,4	9,9	15,2	10,0	2,4	11,5	6,5	2,8	10,6	36,9
FC	14,0	6,7	9,3	16,9	13,1	4,8	9,5	10,5	3,0	12,4	41,9
FS	16,3	5,7	10,8	17,0	13,7	3,1	11,0	8,6	3,0	10,6	47,6
FG	19,4	5,9	10,1	15,5	8,6	5,4	11,0	9,1	2,8	12,3	45,0
SLS	5,6	3,7	12,4	20,1	17,5	4,3	7,4	13,2	3,8	11,9	50,8

*TM: tecido muscular; BACT: bactéria; PROT: protozoário; ALF: alfafa; SM: silagem de milho; CV: cevada; MI: milho; AV: aveia; SO: sorgo; TR: trigo; FGM: farelo de glúten de milho; FAI: farelo de algodão; FAM: farelo de amendoim; FC: farelo de colza/canola; FS: farelo de soja; FG: farelo de girassol; SLS: soro de leite seco.

Fonte: Adaptado de Schwab (1996).

Sendo assim, para maximizar a síntese desses constituintes, o aumento do fluxo de glicose e de aminoácidos microbianos e dietéticos para a glândula deve ser almejado. Para que a fermentação retículo-ruminal seja eficiente, os processos anaeróbios da fermentação de carboidratos e de proteínas necessitam estar sincronizados, pois somente dessa forma haverá máxima capacidade de assimilação da NH_3 presente no meio e, por conseguinte, máxima eficiência relativa (*g de aminoácidos bacterianos/kg de MS fermentada no retículo-rúmen*) e absoluta (*g de aminoácidos bacterianos*) de síntese de proteína microbiana, aumento do fluxo de aminoácidos metabolizáveis para o animal ruminante.

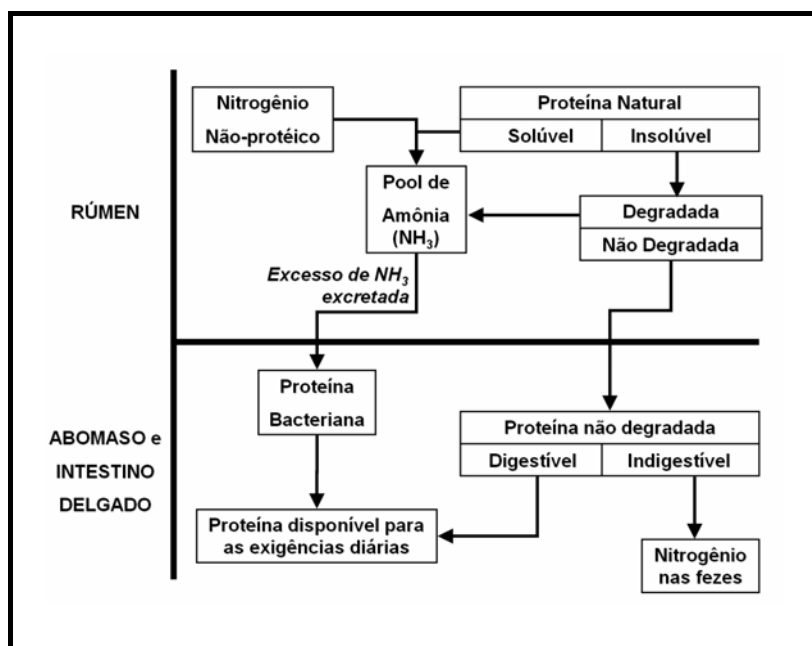


Figura 4. Esquema geral da digestão da proteína em bovinos leiteiros.

Fonte: Adaptado de University of Alberta (2002)

3.3.3 - Sincronização da fermentação carboidratos-proteína

Para que ocorra a sincronização, o crescimento (multiplicação) microbiano requer que a energia e os esqueletos de carbono dos carboidratos bem como a NH_3 da proteína solúvel e da PDR estejam disponíveis simultaneamente, ou seja, ao mesmo tempo (Figura 5). Isso é explicado porque a microbiota retículo-ruminal (bactérias) necessita de energia para converter a NH_3 em proteína. Havendo sincronização da fermentação de carboidratos e de proteínas no retículo-rúmen, observa-se concentração de NH_3 constante no retículo-rúmen, mostrando que ela está sendo consumida pelas bactérias para ser convertida em proteína microbiana.

Quando há deficiência de carboidratos na dieta, as bactérias tentam compensar a deficiência de energia e de esqueletos de carbonos deaminando os aminoácidos em NH_3 e no cetoácido correspondente (esqueleto de carbono). Mas, ainda assim, não

conseguem ter suficiente energia para conversão da NH_3 em *proteína bacteriana*. Isso faz com que as concentrações de NH_3 elevem-se perigosamente no retículo-rúmen e, por consequência, no sangue (Figura 6).

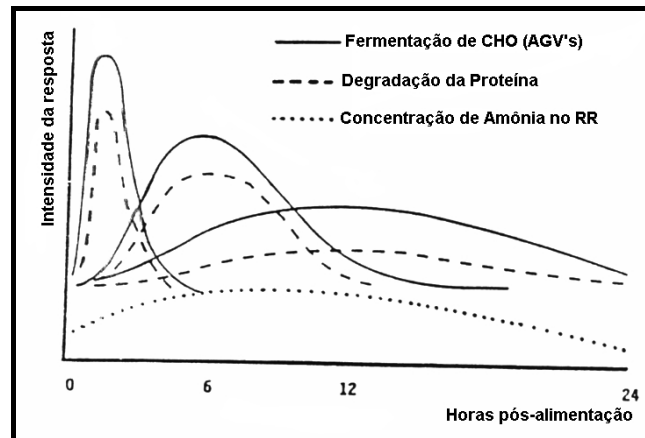


Figura 5. Sincronização da fermentação no retículo-rúmen (RR) dos diferentes tipos de carboidratos e de proteínas dietéticas, e concentração de NH_3 .

Fonte: Adaptado de Van Soest (1994).

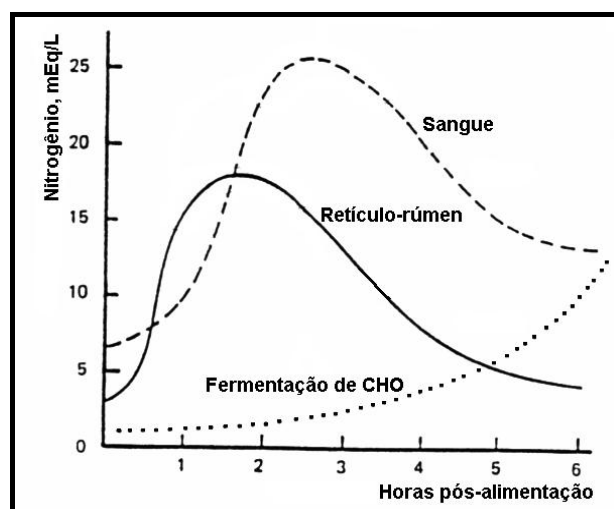


Figura 6. Concentração de compostos nitrogenados (NH_3) em mEq/L no retículo-rúmen e no sangue, em função da inexistência de sincronização da fermentação carboidrato e proteína.

Fonte: Adaptado de Van Soest (1994).

Por outro lado, pode haver situações em que a quantidade de carboidratos no retículo-rúmen é satisfatória, mas não há simultaneidade na fermentação. Nesse caso, a disponibilização de NH_3 para a bactéria formar proteína de origem microbiana existe, porém a energia (produzida durante a fermentação dos carboidratos) não está disponível ao mesmo tempo. Portanto, da mesma forma, a NH_3 liberada não será assimilada pelas bactérias, e sim absorvida pelas paredes do retículo-rúmen, indo novamente para o sangue.

Essa NH_3 absorvida pelas paredes do retículo-rúmen é neutralizada no fígado ao ser convertida em UREIA ($\text{H}_2\text{N} - \text{CO} - \text{NH}_2$). Ao fazer essa reação de *detoxicação*, o organismo da vaca de leite perde energia (04 mol ATPs/mol ureia) (Van Soest, 1994).

No entanto, ainda que a quantidade e a velocidade de fermentação (K_d) dos carboidratos sejam satisfatórias na dieta fornecida ao animal, havendo excesso no consumo de N (ureia na dieta, pastagens de gramíneas ricamente adubadas, pastagens de leguminosas, dietas com mais de 19-20% de PB), a cascata de eventos observada será a mesma (Figura 6).

3.4 – Água

A água é um nutriente essencial para bovinos de leite, sendo necessária para a manutenção dos fluidos corporais e um apropriado balanço iônico; para a digestão, absorção e metabolização de nutrientes; para a eliminação de materiais gastos e excesso de calor produzido pelo corpo; para fornecimento de um ambiente fluido para o desenvolvimento do feto e o transporte de nutrientes para os tecidos corporais (National Research Council - NRC, 1989). Segundo o Agricultural Research Council - ARC (1980) e o NRC (1989), as exigências de água para ruminantes são originadas de três fontes: consumo voluntário de água; água contida nos alimentos; água formada dentro do corpo dos animais como resultado das oxidações metabólicas. Esta última responde por somente 5 a 10% das necessidades diárias de manutenção dos animais (Nunes, 1995).

O NRC (1989) citou a perda de água por bovinos leiteiros através da saliva, urina, fezes, leite, sudorese e evaporação (pela superfície da pele ou pela respiração). A quantidade de água perdida do corpo do bovino é influenciada pela atividade animal, pela temperatura ambiente, pela umidade, pela taxa respiratória, pelo consumo de água, pela composição da dieta e por outros fatores. Logo, os principais fatores que afetam o consumo de água são: atividade do animal; temperatura e umidade ambiente; taxa respiratória; ingestão de água; composição da dieta e quantidade de matéria seca consumida; condição fisiológica e estágio de crescimento do animal; velocidade do vento; pH e toxidez da água (ARC, 1980; NRC, 1989; Heinrichs, 1996).

A meia-vida da água ($T^{1/2}$ - tempo em que aproximadamente metade da água do corpo de animal necessitaria para ser substituída) em bovinos tem sido indicada como sendo cerca de $3,5 \pm 0,21$ dias, sem grandes diferenças para bovinos em lactação ou não. A estação do ano e a temperatura ambiente têm pouca influência na taxa de reciclagem da água em bovinos (Shirley, 1985).

Em relação ao consumo voluntário de água, algumas considerações foram feitas pelo NRC (1989): o conteúdo de água de vacas gordas seria menor (50%) do que o de vacas magras (70%); o pastejo de forrageiras tropicais de baixa qualidade resulta em menor consumo; o aumento da umidade do ar é acompanhado de redução no consumo; raças bovinas de origem europeia apresentam maior consumo voluntário de água que raças indianas; vacas gestantes consomem maiores quantidades de água do que as não gestantes.

Shirley (1985) expôs algumas definições relevantes para a água consumida pelos animais domésticos: *sólidos totais dissolvidos* → referem-se à concentração de todos os constituintes dissolvidos na água; *salinidade* → termo aplicado para a concentração total de substâncias iônicas na água fresca; *dureza* → dependente da concentração de íons divalentes, especialmente o cálcio e o magnésio (Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺). Em exemplo citado pelo autor, uma fonte de água muito salina (com alta concentração de NaCl) pode ser considerada água mole.

Segundo o ARC (1980), o consumo de água em bovinos iria variar de acordo com a condição fisiológica do animal, ou seja, manutenção, crescimento, engorda, gestação e lactação. O NRC (1989) exibiu uma equação que prediz a quantidade de água consumida por uma vaca em lactação:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de água (kg/dia)} \rightarrow & 15,99 + [(1,58 \pm 0,271) \times (\text{IMS kg/dia})] + [(0,90 \pm 0,157) \\ & \times (\text{produção de leite em kg/dia})] + [(0,05 \pm 0,023) \times (\text{consumo de Na em g/dia})] + \\ & [(1,20 \pm 0,106) \times (\text{temperatura mínima diária em } ^\circ\text{C})] \end{aligned}$$

Para o NRC (1989) e para Heinrichs (1996), a água fornecida para bovinos de todas as categorias deve ser fresca, limpa, não contaminada, de livre escolha e totalmente disponível.

A água é frequentemente enfatizada e precisa ter composição moderada em termos de conteúdo mineral. Dados sugerem que o pH da água deve estar perto de 7,0. Se o pH está acima de 8,0 ou abaixo de 6,0, haverá problemas de consumo. Contaminações com matéria orgânica devem ser evitadas. Isso significa que os bebedouros precisam ser limpos periodicamente. O espaço disponível para cada animal está em função do nível de produtividade e temperatura ambiente.

O consumo de água também tem influenciado o consumo de MS e a produção de leite. Pesquisas reportaram correlação alta e positiva entre a ingestão de água e produção de leite ($r = 0,94$). O tempo gasto para a ingestão de água foi de, pelo menos, 10% do tempo gasto para o consumo de alimentos. O suprimento de água deve ser suficiente para estimular o consumo de MS, e a fonte de água deve estar, no máximo, a 15 metros do cocho de alimentação.

A redução do acesso à água, mesmo em extensões moderadas, geralmente resultaria em redução no consumo de MS e na perda de peso corporal (Shirley, 1985). Por outro lado, Igbokwe (1997) mencionou que esta redução do acesso à água melhora a utilização do alimento pelo aumento da digestibilidade e da reciclagem da ureia nos ruminantes. No entanto, em virtude do concomitante decréscimo no consumo, o consumo de energia não seria adequadamente suprido. Igbokwe (1997) mencionou ainda que a redução do consumo de água por bovinos em lactação pode ser responsável por redução de até 16% na produção de leite.

4 - RESOLVENDO PROBLEMAS DE DIETA TOTAL

Na formulação de dieta total para vacas leiteiras de alta produção (quer durante a lactação ou durante o período seco), o profissional deve ficar atento para as concentrações dietéticas dos nutrientes na MS, pois se trata de uma útil ferramenta para comparar o que está sendo formulado em relação às recomendações do NRC (2001). Logo, as informações contidas nos textos e nas tabelas que se seguem foram baseadas em informações de exigências nutricionais postuladas pelo NRC (1989) e NRC (2001), expressas, na maioria das vezes, na forma de concentração do nutriente na MS. Algumas recomendações e discussões foram extraídas de documentos eletrônicos da University of Alberta (2002). Nas Tabelas 6 e 7, seguem as recomendações do NRC (2001) sobre as concentrações dietéticas diárias para vacas leiteiras durante o período seco ou lactação.

Tabela 6. Consumo e concentrações dietéticas necessárias para satisfazer as exigências diárias de vacas durante o período seco¹.

Item	Dias de gestação		
	240	270	279
CVMS (kg)	14,4	13,7	10,1
ELI (Mcal/kg)	0,97	1,05	1,44
NDT (%)	45,0	48,0	64,0
PB (%)	9,9	10,8	12,4
PNDR (%PB)	22,2	19,4	22,5
FDN (% mín)	33,0	33,0	33,0
FDA (% mín)	21,0	21,0	21,0
CNF (% máx)	42,0	42,0	42,0
Ca (%)	0,44	0,45	0,48
P (%)	0,22	0,23	0,26
Mg (%)	0,11	0,12	0,16
Cl (%)	0,13	0,15	0,20
K (%)	0,51	0,52	0,62
Na (%)	0,10	0,10	0,10
S (%)	0,20	0,20	0,20
Co (ppm)	0,11	0,11	0,11
Cu (ppm)	12,0	13,0	18,0
I (ppm)	0,40	0,40	0,50
Fe (ppm)	13,0	13,0	18,0
Mn (ppm)	16,0	18,0	24,0
Se (ppm)	0,30	0,30	0,30
Zn (ppm)	21,0	22,0	30,0
Vit. A (UI/kg)	5576	6030	8244
Vit. D (UI/kg)	1520	1645	2249
Vit. E (UI/kg)	81	88	120

¹Vaca com peso adulto de 680kg; escore da condição corporal igual a 3,3; peso da cria ao nascer de 45kg, ganho de peso diário de 0,67kg/dia com a gestação.

*CVMS: consumo voluntário de matéria seca; ELI: energia líquida para lactação; NDT: nutrientes digestíveis totais; PB: proteína bruta; PNDR: proteína não degradada no rúmen; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidrato não fibroso; Ca: cálcio; P: fósforo; Mg: magnésio; K: potássio; Na: sódio; S: enxofre; Co: cobalto; Cu: cobre; I: iodo; Fe: ferro; Mn: manganês; Se: selênio; Zn: zinco; Vit.: vitaminas; Mcal: megacalorias; UI: unidades internacionais.

Fonte: Adaptado do NRC (2001).

Tabela 7. Consumo e concentrações dietéticas necessárias para satisfazer as exigências diárias de vacas em lactação¹.

Item*	Produções de leite (kg/dia)			
	25,0	35,0	45,0	54,4
CVMS (kg)	20,3	23,6	26,9	30,0
ELI (Mcal/kg)	1,37	1,47	1,55	1,61
NDT (%)	61,0	65,0	69,0	71,0
PB (%)	14,1	15,2	16,0	16,7
PNDR (%PB)	33,0	36,0	39,0	41,0
FDN (% mín)	25 – 33	25 – 33	25 – 33	25 – 33
FDA (% mín)	17 – 21	17 – 21	17 – 21	17 – 21
CNF (% máx)	36 – 44	36 – 44	36 – 44	36 – 44
Ca (%)	0,62	0,61	0,67	0,60
P (%)	0,32	0,35	0,36	0,38
Mg (%)	0,18	0,19	0,20	0,21
Cl (%)	0,24	0,26	0,28	0,29
K (%)	1,00	1,04	1,06	1,07
Na (%)	0,22	0,23	0,22	0,22
S (%)	0,20	0,20	0,20	0,20
Co (mg/kg)	0,11	0,11	0,11	0,11
Cu (mg/kg)	11,0	11,0	11,0	11,0
I (mg/kg)	0,60	0,50	0,44	0,40
Fe (mg/kg)	12,3	15,0	17,0	18,0
Mn (mg/kg)	14,0	14,0	13,0	13,0
Se (mg/kg)	0,30	0,30	0,30	0,30
Zn (mg/kg)	43,0	48,0	52,0	55,0
Vit. A (UI/kg)	3685	3169	2780	2500
Vit. D (UI/kg)	1004	864	758	680
Vit. E (UI/kg)	27	23	20	18

¹Vaca com peso adulto de 680kg; escore da condição corporal igual a 3,0; gordura no leite de 3,5%; proteína no leite de 3,0%; lactose no leite de 4,8%.

*CVMS: consumo voluntário de matéria seca; ELI: energia líquida para lactação; NDT: nutrientes digestíveis totais; PB: proteína bruta; PNDR: proteína não degradada no rúmen; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidrato não fibroso; Ca: cálcio; P: fósforo; Mg: magnésio; K: potássio; Na: sódio; S: enxofre; Co: cobalto; Cu: cobre; I: iodo; Fe: ferro; Mn: manganês; Se: selênio; Zn: zinco; Vit.: vitaminas; Mcal: megacalorias; UI: unidades internacionais.

Fonte: Adaptado do NRC (2001).

4.1 - Consumo voluntário de matéria seca (CVMS)

O CVMS é de fundamental importância nutricional, porque ele estabelece a quantidade e o fluxo de nutrientes disponíveis para os animais, a fim de garantir maximização da saúde e da produção. A estimativa acurada do CVMS é relevante para a formulação de dietas balanceadas, tendo por objetivo evitar o sub ou o supercondicionamento animal, ou seja, deficiência ou excesso de energia consumida. Sua finalidade baseia-se em promover exata e máxima utilização da energia dos alimentos consumida, sem haver desperdícios, permitindo ao nutricionista prever o desempenho animal (Aroeira, 1997; NRC, 2001).

No entanto, nem sempre aquilo que é ofertado para vacas leiteiras é totalmente consumido. Logo, alguns pontos na dieta total devem ser checados quando o

consumo observado for diferente do esperado. Os pontos mais importantes a serem verificados quanto ao consumo de MS são: avaliar o teor de matéria seca (% MS) dos alimentos úmidos para assegurar perfeito cálculo de CVMS e de mistura entre forragens e grãos; analisar a fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) para assegurar correta estimativa do consumo de fibra e de sua concentração na dieta total; quando se utiliza vagão forrageiro para dieta total ("Total Mix"), observar o tempo e a homogeneidade de mistura, calibração da balança, entre outros; verificar a frequência de fornecimento da dieta no cocho e/ou pista de alimentação; verificar se há fornecimento de alimento suficiente para estimular o apetite e o consumo; verificar se ingredientes de baixa palatabilidade estão sendo utilizados (silagens com inadequada fermentação, por exemplo); verificar se a dieta utilizada tem mais de 50% de umidade e se ela está associada a alimentos fermentados; verificar o adequado espaço de cocho e de manejo dele (limpeza); verificar o conforto da vaca, estresse pelo calor e ventilação; fornecer adequada suplementação proteica e de suplemento de sal mineralizado; verificar se há excesso ou escassez de proteína não degradada no rúmen (PNDR); observar a qualidade e a disponibilidade de água.

Há sempre necessidade de ser lembrado o fluxo lógico no conceito de alimentação → dieta total impressa no computador → dieta total no vagão misturador → dieta total no cocho/pista → dieta total consumida pela vaca.

4.2 - Teor de fibra dietética e de forragem

Nos postulados de Forbes (1995, 1996, 2003), a regulação do consumo de matéria seca dos alimentos pelos animais domésticos está delegada ao sistema nervoso central (SNC), especificamente nos núcleos lateral (centro da fome) e ventromedial (centro da saciedade) do hipotálamo. As fibras nervosas aferentes alcançam esses núcleos trazendo informações sensitivas de inúmeras partes do organismo animal, principalmente, nos ruminantes, das paredes do retículo-rúmen, do abomaso, dos intestinos e do fígado. Para o autor, os principais estímulos sensitivos que estão relacionados à regulação do consumo de matéria seca de animais ruminantes são os estímulos físicos e os metabólico-hormonais.

A origem e a intensidade destes estímulos físicos e/ou metabólico-hormonais podem variar em função de vários fatores: 1) origem do animal (teor de gordura corporal, estágio fisiológico, idade, peso vivo, raça); 2) origem do alimento (disponibilidade da gramínea no pasto, concentração de parede celular vegetal acessada como fibra em detergente neutro – FDN, concentração de água, concentração de proteína bruta, utilização de ionóforos); 3) origem do ambiente (temperatura, umidade, presença de barro, presença de implantes, luminosidade) (Fox et al., 1992; NRC, 2000; Lopes, 2002; Soares et al., 2004).

Alimentos volumosos de baixa digestibilidade restringem o consumo em consequência da reduzida taxa de passagem (K_p) e de degradação (K_d) no retículo-rúmen, ficando

mais tempo retidos no órgão e no trato digestório posterior. Em adição, tanto o retículo-rúmen quanto o abomaso têm mecanorreceptores em suas paredes que, ao serem sensibilizados por mecanismos físicos de distensão, regulam negativamente o consumo voluntário de matéria seca à medida que o alimento acumula-se nestes dois órgãos. O teor de FDN dos alimentos, por ser a fração mais lentamente degradada no retículo-rúmen, é considerado o fator dietético primário associado à regulação física do consumo de matéria seca em animais ruminantes (Allen, 1996; NRC, 2001). Logo, segundo os postulados de Mertens (1994), o consumo de FDN em relação ao peso vivo deve ficar em torno de 1,2% PV. Em sua revisão bibliográfica, Sousa (2006) mostrou que (em regime de pastagens ou de cocho) esse consumo de FDN pode variar entre 1,1 até 2,5%/PV (1,68% de média).

Segundo recomendações do NRC (2001), a concentração dietética mínima de FDN é de 25 a 33%, enquanto a de FDA está entre 17 a 21%. Essa faixa de variação segue as recomendações de Allen (1995), que sugeriu entre 25 a 35% de FDN na MS dietética. De toda a FDN dietética necessária para vacas leiteiras, o teor mínimo de FDN proveniente da forragem deve ser de 75% (mínimo de 21% de FDN vindos da forragem). Mas, havendo oferta de caroço de algodão, essa quantidade pode ser de 68% com base na MS (19% de FDN vindos da forragem).

Outro conceito importante a ser mencionado é o tamanho da partícula da forragem, que corresponde ao termo internacional "*Theoretical length of cut*" (TLC) ou comprimento teórico do corte. Para alimentos volumosos finamente picados, há necessidade de maior participação da forrageira na dieta total, fornecendo, no mínimo, 23% da FDN consumida, além da possibilidade de fornecimento de bicarbonato de sódio na dieta. Por outro lado, para aqueles alimentos volumosos integrais ou picados grosseiramente, a proporção de forragem na dieta pode ser menor. Nesse ínterim, surge o conceito da "*fibra fisicamente efetiva*", que é aquele tamanho de partícula (TLC) que garante a saúde e a funcionalidade do retículo-rúmen, por meio da manutenção física dos movimentos retículo-ruminais.

4.3 - Carboidratos não fibrosos (CNF)

Como visto, o CNF é calculado da seguinte maneira (Sniffen et al., 1992): $CNF, \% = 100 - (\%PB + \%FND + \%EE + \%Cinzas)$. É válido lembrar que esse nutriente corresponde aos açúcares solúveis e não solúveis do conteúdo celular vegetal: *amido, sacarose, frutose, galactose, maltose, glicose livre, frutanas, pectina* (substâncias pécticas).

As normas para concentração de CNF na dieta total são, segundo recomendações: máximo CNF: 42 a 45% na MS; ótimo CNF: 38 a 40% na MS; aceitável CNF: 35 a 38% na MS; mínimo CNF: 30 a 32% na MS; insuficiente CNF: < 30% na MS (depressão na produção de leite e de proteína do leite). Concentrações de moderadas a baixas de CNF (30 a 35%) podem ser utilizadas na composição da dieta total, mas recomenda-se utilização de alimentos ricos em amido e de alta disponibilidade no

retículo-rúmen (em outras palavras, prontamente fermentáveis no rúmen): silagem de grão úmido de milho, grãos de cevada, glúten de milho, grãos de trigo, grãos de aveia. O amido dos grãos de sorgo e de milho tem lenta degradação no retículo-rúmen se comparado a estes alimentos anteriormente citados.

4.4 - Gordura (Extrato Etéreo – EE)

As normas para a concentração de gordura nas formulações de dietas totais são: mínimo de 3% na MS; máximo com suplementação de 7 a 8% na MS (Wattiaux e Grummer, 2009).

Recomenda-se evitar misturar diretamente o suplemento líquido de gordura (gordura liquefeita) com o alimento forrageiro, devido a problemas na mistura. Uma pré-mistura com grãos e suplementos proteicos pode ajudar. É necessário introduzir gradualmente (adaptações semanais) o suplemento, a fim de evitar problemas com a aceitação da dieta total por parte dos animais. Ainda sobre suplementos de gordura, sementes de oleaginosas processadas (moídas) aumentam grandemente a liberação de gordura dentro do rúmen, podendo afetar a fermentação e reduzir o CVMS.

4.5 - Proteína dietética

Alguns conceitos básicos sobre proteína nos alimentos: *proteína solúvel*: aminoácido, NH₃, nitratos, nitritos, peptídeos etc. São compostos nitrogenados prontamente utilizados pela microbiota retículo-ruminal. Há altas taxas tanto de liberação de NH₃ quanto de assimilação desta forma de nitrogênio para a síntese de proteína microbiana, desde que haja sincronia entre a disponibilidade de nitrogênio e de energia fermentável no retículo-rúmen; *proteína degradada no rúmen (PDR)*: proteína de origem dietética, hidrolisada no retículo-rúmen por proteases e peptidases microbianas (protozoários e bactérias), liberando aminoácidos, que, por sua vez, são deaminados (*Deaminases* bacterianas), liberando NH₃, fonte de nitrogênio para a síntese de proteína microbiana; *proteína não degradada no rúmen (PNDR)*: proteína de origem dietética que não é hidrolisada no retículo-rúmen por protozoários e bactérias, chegando intacta no intestino, onde sofre processo de digestão simples.

Seguem algumas recomendações do NRC (2001) para PNDR: máximo: 41% PNDR/PB; mínimo: 30% PNDR/PB; início da lactação: 35 a 38% PNDR/PB; meio da lactação: 33 a 35% PNDR/PB. Todos esses dados são expressos na MS total. A Tabela 8 exhibe alimentos comumente utilizados no balanceamento de dietas para vacas de leite e seus respectivos valores e frações proteicas.

Algumas considerações gerais sobre as fontes de proteína devem ser mencionadas, por exemplo:

- 1) em alimentos conservados (silagens e fenos), atenção para a indisponibilização da PB pelas reações do Tipo Maillard (caramelização). Havendo, devem ser

feitos ajustes na dieta para suplantam o déficit proteico gerado por este tipo de reação;

- 2) há necessidade de analisar os alimentos para a concentração de PB;
- 3) a quantidade de proteína solúvel na dieta não deve ultrapassar 50% do total da PDR. Logo, cuidados devem ser tomados quanto ao teor de proteína solúvel dos alimentos utilizados na formulação de dietas totais;
- 4) deve-se evitar associar subprodutos de grãos (cevada úmida, resíduo de destilaria, glúten de milho) com silagem de milho, em função da deficiência de lisina (Lys) destes alimentos;
- 5) dietas com mais de 40% PNDR/PB total da dieta, na MS, podem reduzir o consumo e a digestibilidade de alimentos, em função de um insuficiente suprimento de PDR para otimizar a fermentação retículo-ruminal.

Tabela 8. Proteína bruta e frações solúveis e de taxa de degradação (Kd) da proteína de alguns alimentos concentrados e forrageiros.

Alimentos	% de PB	PB solúvel	Kd da PB, %/h
- Concentrados energéticos -			
Milho, grão	9,1	9,40	3,4
Milho de alta umidade	8,6	-	4,5
Cevada, grão	14,4	-	-
Arroz, farelo integral	13,9	-	5,6
Arroz, farelo desengordurado	17,5	-	3,3
Aveia, grão	14,2	-	-
Mandioca, raspa integral	3,3	-	12,8
Trigo, farelo	16,6	28,0	15,2
Sorgo, grão	9,5	15,8	3,9
- Concentrados proteicos -			
Canola, farelo	40,0	-	-
Algodão, farelo	40,9	17,7	6,5
Milho, glúten farelo	24,4	56,6	7,7
Milho, glúten	63,6	-	4,2
Amendoim, farelo	58,3	-	-
Soja, farelo	48,8	6,8	9,8
Soja, grão cru	39,0	50,4	3,7
Soja, grão tostada	49,3	-	-
Girassol, farelo	35,3	-	18,0
Ureia	285,0	100,0	**
- Subprodutos -			
Polpa cítrica	7,15	29,1	3,7
Algodão, caroço	22,6	-	2,9
Casca de soja	11,7	-	4,7
- Volumosos -			
Cana-de-açúcar	2,7	1,5	6,7
<i>Brachiaria brizantha</i> , cv. Marandu	7,9	-	3,9
<i>Panicum maximum</i> , cv. Tanzânia	8,7	-	4,1
<i>Pennisetum purpureum</i> , cv. Napier	12,8	11,8	3,6
Capim-tifton 85	9,8	17,4	3,7
Silagem de milho	7,3	25,9	3,8
Silagem de sorgo	8,3	-	1,8
Silagem de gramínea*	5,8	56,9	3,5

**Pennisetum purpureum* (capim-elefante). **instantâneo.

Fonte: Adaptado de Valadares Filho et al. (2006).

4.6 – Energia

Nos Estados Unidos, os nutrientes digestíveis totais (NDT) têm sido o sistema energético predominante nas últimas décadas. Há duas razões para a sua permanência: as concentrações de NDT dos alimentos podem ser medidas e há grande número de dados energéticos dos alimentos neste sistema. No entanto, o sistema tem problemas: as perdas energéticas em gases e urina, no incremento calórico e no trabalho necessário para movimentar a digesta através do trato digestivo não são consideradas pelo sistema, e estas perdas são muito variáveis entre os alimentos. Logo, o NDT é superestimado em alimentos de baixa digestibilidade e subestimado naqueles de maior digestibilidade. A predição do conteúdo de energia dos alimentos é mais precisa pela utilização do sistema de energia líquida ou EL (para manutenção – ELM, ganho – ELG e lactação – ELI).

Entretanto, os valores de EL dos alimentos foram obtidos por equações que convertem os valores de NDT para EL. Logo, tanto para o NDT quanto para a ELI dos alimentos, a energia está superestimada em 7-8%. Parte desta variação é consequência do aumento no consumo de matéria seca, mas, quando este consumo for ajustado, a diferença reduz para 5-6%.

As equações simplificadas de predição dos valores energéticos preditos para os alimentos são, segundo Weiss (1998): $NDT = [(kg\ PBD) + (kg\ FDN_{ND}) + (kg\ CNFD) + (kg\ EED \times 2,25)] / kg\ consumo\ de\ MS$, sendo: PBD a PB digestível (*consumo de PB x digestibilidade da PB*), FDN_{ND} a FDN digestível e corrigida para o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), CNFD o carboidrato não fibroso digestível, EED o extrato etéreo digestível.

Outras equações importantes em nutrição de gado de leite (NRC, 1989, 2001):

- a) $ED\ (Mcal/kg\ de\ MS) = 0,04409 \times NDT\ (\%)$;
- b) $EM\ (Mcal/kg\ de\ MS) = 0,82ED$;
- c) $ELM\ (Mcal/kg\ de\ MS) = -1,12 + 1,37EM - 0,138EM^2 + 0,0105EM^3$;
- d) $ELG\ (Mcal/kg\ de\ MS) = -1,65 + 1,42EM - 0,174EM^2 + 0,0122EM^3$;
- e) $ELI\ (Mcal/kg\ de\ MS) = (0,703 \times EM) - 0,19$;
- f) $ELI\ (Mcal/kg\ de\ MS) = 0,0245 \times NDT\ (\% \ da\ MS) - 0,12$,

sendo ED a energia digestível, EM a energia metabolizável, ELM a energia líquida para manutenção, ELG a energia líquida para ganho de peso.

A substituição da energia do tecido corporal é mais eficiente em vacas que se encontram em lactação que aquelas no período seco. A eficiência relativa de conversão da energia contida no alimento em leite é de 61-64%, em reserva corporal de gordura de 59 a 75%. Já a eficiência para conversão da energia das reservas corporais em leite é de 82%, mostrando que a vaca de leite é mais eficiente em converter a energia corporal que a energia dietética em leite. Ao mesmo tempo, ela é mais eficiente em converter a energia dietética em reservas corporais durante a lactação (75%) que no período seco (59%) (Noller e Moe, 1995).

4.7 – Minerais

As concentrações dietéticas dos principais minerais e vitaminas na dieta de vacas durante o período seco e em lactação podem ser observadas nas Tabela 6 e 7. Os valores foram obtidos das recomendações do NRC (2001).

5 - NOVAS FRONTEIRAS NA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS

5.1 - Nitrogênio Ureico no Leite – NUL

A utilização de dietas com alto teor proteico, especialmente proteína de rápida degradabilidade retículo-ruminal, ou dietas com desbalanço entre carboidratos e nitrogênio, pode elevar a concentração de nitrogênio não proteico no leite, mensurável pela quantificação da ureia ou outra fonte de nitrogênio não proteico no leite. A ureia no leite (MUN – “*milk urea nitrogen*” ou NUL – “*nitrogênio ureico no leite*”) é altamente relacionada com a ureia sanguínea que, por sua vez, reflete o excesso de proteína ou insuficiência de carboidratos fermentáveis no retículo-rúmen. Cada unidade de NUL representa a necessidade de excreção de quase 90g de proteína, ou quase 180g de farelo de soja.

De forma geral, concentrações aceitáveis de NUL variam entre 12 a 16mg/dL. Concentrações acima deste valor indicam excesso de proteína degradável e/ou falta de carboidratos. Quando o NUL está alto e a proteína do leite baixa, a maior probabilidade é que haja excesso de proteína degradável e falta de carboidratos fermentáveis no retículo-rúmen. Caso o NUL seja alto, mas a proteína do leite esteja normal, apenas a primeira situação pode estar ocorrendo (excesso de proteína degradada no retículo-rúmen).

No caso de valores reduzidos de NUL (menor do que 12mg/dL), a sugestão é que os valores de proteína da dieta são insuficientes (especialmente solúvel) caso a proteína do leite seja baixa, ou haja excesso de carboidratos caso a proteína do leite seja elevada. A Tabela 9 resume essas possibilidades.

Butler (2004) postulou que o aumento na concentração proteica (% PB) ou na de proteína degradável (%PDR/PB) ou solúvel (%SolP/PB) no rúmen provocaria efeitos prejudiciais aos índices reprodutivos de rebanhos compostos por vacas leiteiras de alta produção. Segundo o autor, as taxas de prenhez caíram aproximadamente 20%, quando a concentração de ureia no leite (NUL) ultrapassou 19mg/dL. Ao citar outros trabalhos, o mesmo autor sugere valor de 15,4mg/dL de leite.

Em trabalhos nacionais, Pereira (2005) suplementou vacas Holandesas com 6,0 kg/dia de concentrado com concentrações crescentes de PB: 15,2; 18,2 e 21,1%. O autor observou NUL de 14,1; 14,6 e 15,8mg/dL, respectivamente, para os suplementos testados, não sendo observado efeito ($P>0,05$) do teor nem do consumo diário de PB

sobre o NUL. Garcia (2007) suplementou (entre 7 a 8kg/dia MS) vacas de mesma raça com concentrado de 21% PB (média), variando a fonte de carboidrato: milho grão moído (MG); milho grão moído e polpa cítrica (MG+PC); polpa cítrica (PC) e silagem de grão úmido de milho (SGU). Os resultados foram, respectivamente, 16,3; 17,2; 16,7 e 15,3mg/dL (P>0,05). Todos esses resultados anteriores estão abaixo do limite crítico mencionado por Butler (2004), de 19mg/dL.

A interpretação das concentrações de NUL no tanque de leite ou individualmente é diferente. As análises de NUL no tanque são úteis para monitorar o fornecimento de proteína e possivelmente identificar rebanhos em que altos teores de ureia no sangue estão reduzindo a fertilidade. A vantagem da análise no tanque é o custo reduzido e a ausência de variação circadiana. Porém, esta não é sensível o suficiente para detectar problemas alimentares em lotes específicos do rebanho, em que a análise individual ou de grupos é recomendada.

Tabela 9. Interpretação dos valores de nitrogênio ureico no leite (mg/dL) para rebanhos leiteiros com vacas no início da lactação.

Proteína do leite	MUN < 12mg/dL	MUN entre 12 a 18mg/dL	MUN > 18mg/dL
Menor que 3,0%	Deficiência de proteína da dieta (solúvel e degradada no retículo-rúmen)	Deficiência de proteína dietética, de carboidratos ruminais ou de aminoácidos essenciais	Excesso de proteína (solúvel ou degradada no retículo-rúmen), deficiência de carboidratos e desbalanço de aminoácidos
Maior que 3,2%	Suprimento adequado de aminoácidos, deficiência de proteína solúvel e degradável ou excesso de carboidrato ruminal	Balanço adequado de aminoácidos, balanço adequado de carboidratos no retículo-rúmen	Excesso de proteína degradável ou solúvel, deficiência de carboidratos

Fonte: Adaptado de Fonseca e Santos (2000).

5.2 - O Ácido Linoleico Conjugado – CLA

Os alimentos de origem animal, principalmente o leite de vaca, possuem alguns micronutrientes que apresentam efeitos positivos à saúde humana na prevenção de doenças, entres os quais estão os isômeros (posicional e geométrico) do ácido linoleico. Estes isômeros são referenciados pela sigla “CLA” (“*Conjugated Linoleic*”).

Acid'), pois apresentam ligações duplas separadas por uma ligação simples entre carbonos. O ácido linoleico (*Cis*-9 *Cis*-12 ácido octadecadienoico ou C_{18:2} ou ômega-6/ Ω -6) é um ácido graxo considerado essencial por não ser sintetizado pelo organismo, sendo necessária sua ingestão por meio da dieta.

A descoberta do CLA ocorreu quando um grupo de pesquisadores observou a presença de fatores anticarcinogênicos em hambúrguer de carne bovina, que foram identificados como isômeros octadecadienoicos do ácido linoleico. Dentre os alimentos que apresentam maior quantidade de CLA, estão os alimentos originados de animais ruminantes (leite, carne). A Tabela 10 descreve a concentração de CLA em alguns alimentos.

Tabela 10. Concentração de CLA nos vários alimentos de origem animal¹.

Alimentos	Total de CLA (mg/g de gordura)	Isômero <i>Cis</i> -9 <i>Trans</i> -11 (%)
<i>Produtos lácteos</i>		
Leite homogeneizado	5,5	92
Creme de leite	4,6	90
Iogurte integral	4,8	84
Iogurte <i>light</i>	1,7	83
Sorvete	3,6	86
Queijo tipo <i>cheddar</i>	3,6	93
Queijo tipo muçarela	4,9	95
Manteiga	4,7	88
<i>Carnes</i>		
Carne bovina	4,3	85
Carne de vitelo	2,7	84
Carne ovina	5,6	92
Carne suína	0,6	82
Carne de frango	0,9	84

¹Concentração dietética e nutricional desejada: 2,5 a 17,7mg/g de CLA na gordura do leite.

Fonte: Adaptado de Bauman et al. (2000, 2001).

Nos últimos anos, as pesquisas sobre os efeitos biológicos do CLA têm aumentado de forma exponencial, devido aos vários efeitos do CLA na saúde humana, como efeito anticarcinogênico, antiaterogênico, antidiabético (tipo II), alteração no metabolismo de lipídios e imunomodulador.

Estudos com modelos animais têm identificado vários isômeros possíveis do CLA, devido à ocorrência de várias posições das ligações duplas (8-10, 9-11, 10-12, 7-9 etc.) e à configuração dessas ligações (*Cis-cis*, *Cis-Trans*, *Trans-Cis*, *Trans-Trans*). Existe possibilidade de mais de 20 tipos diferentes de isômeros, sendo o *Cis*-9 *Trans*-11 C_{18:2} (Tabela 10) aquele que predomina na gordura dos ruminantes e apresenta atividade anticarcinogênica. O *Trans*-10 *Cis*-12 C_{18:2} possui efeito sobre o metabolismo de lipídios, alteração da composição corporal em animais em crescimento e redução da produção de gordura no leite. Pesquisas com outros isômeros estão sendo realizadas com o intuito de identificar possíveis efeitos biológicos específicos.

O isômero *Cis-9 Trans-11* do ácido linoleico corresponde de 80 a 90% do total dos isômeros de CLA encontrados na gordura corporal e no leite dos ruminantes (Tabela 10). Em função da sua concentração nos produtos de origem de ruminantes, este ácido graxo foi denominado de ácido rumênico. A formação desse CLA pode ocorrer durante a bio-hidrogenação retículo-ruminal, conforme o esquema da Figura 7.

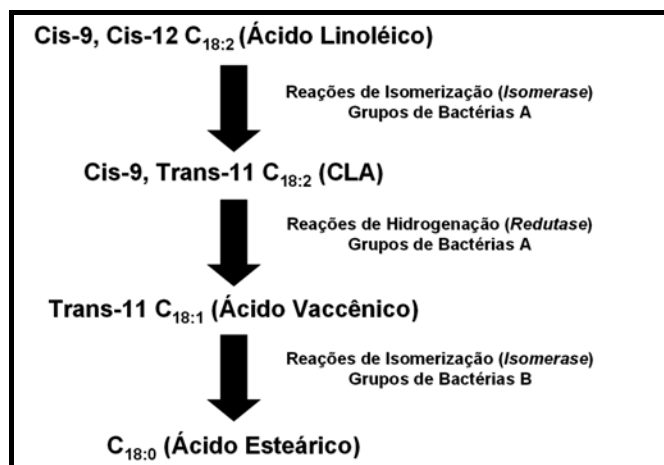


Figura 7. Modelo de bio-hidrogenação ruminal completa do ácido linoleico.
Fonte: Adaptado de Van Soest (1994).

O CLA não é originado somente de fontes lipídicas bio-hidrogenadas no retículo-rúmen. Pesquisadores (Griinari et al., 2000) procuraram avaliar a origem endógena do CLA (*Cis-9 Trans-11 C_{18:2}*) na gordura do leite de vacas. Foi avaliada a potencialidade do *Trans-11* como substrato para síntese endógena (glândula mamária) do *Cis-9 Trans-11*. Para essa pesquisa, dois experimentos foram conduzidos:

- a) 1^o experimento → infundiu-se no abomaso 12g/dia do ácido graxo *Trans-11 C_{18:1}*, durante três dias. No período de infusão, observou-se aumento de 40% de *Cis-9 Trans-11 C_{18:2}* na gordura do leite, indicando que vacas leiteiras apresentam capacidade de síntese endógena de *Cis-9 trans-11* a partir do *Trans-11*;
- b) 2^o experimento → procurou quantificar a potencialidade da enzima Δ^9 - *Dessaturase* (*Acil-CoA graxo Dessaturase*) na síntese de CLA endógeno. Foram oferecidas dietas contendo soja extrusada para vacas em lactação, com o objetivo de aumentar a concentração do *Trans-11 C_{18:1}* no sangue. Estas vacas receberam também a infusão abomasal de um potente inibidor da enzima Δ^9 - *Dessaturase*. A inibição da enzima Δ^9 - *Dessaturase* resultou em aumento de duas a três vezes a relação dos ácidos graxos $C_{14:0}/C_{14:1}$, $C_{16:0}/C_{16:1}$ e $C_{18:0}/C_{18:1}$ e redução de 40% de *Cis-9 Trans-11 C_{18:2}* na gordura do leite. Portanto, torna-se evidente a grande importância da síntese de *Cis-9 Trans-11 C_{18:2}* endógena na glândula mamária.

As conclusões dessa pesquisa:

1. a glândula mamária pode sintetizar mais de 40 – 60% de todo o CLA secretado no leite;
2. o principal substrato para a síntese de CLA na glândula é o *Trans-11 C_{18:1}*, proveniente dos passos da bio-hidrogenação dos ácidos graxos no retículo-rúmen ou do acúmulo durante dietas ricas em amido ou carboidratos facilmente fermentados no retículo-rúmen;
3. a enzima-chave do processo é a Δ^9 – *Dessaturase*.

A dieta é o principal fator que influencia as concentrações de CLA nos alimentos de origem animal. A Tabela 11 demonstra vários fatores dietéticos que podem influenciar as concentrações de CLA da gordura no leite.

Em suma, pesquisadores afirmaram que a dieta pode influenciar a síntese de CLA por vacas de leite (ruminantes) de três maneiras: 1) dietas que apresentam lipídios disponíveis para síntese de CLA e *Trans-11 C_{18:1}* no rúmen; 2) dietas que alteram o ambiente retículo-ruminal, modificando a população bacteriana responsável pela bio-hidrogenação, induzindo aumento na concentração retículo-ruminal de *Trans-11 C_{18:1}*, principal precursor de CLA na glândula mamária e em outros tecidos; 3) dietas associadas a substratos lipídicos que alteram a população bacteriana, induzindo ao mesmo efeito do item anterior.

Seguem os resultados de pesquisa feita no Brasil no ano de 2005 (Oliveira, 2005) (Tabelas 12 e 13, Figura 8).

Tabela 11. Fatores relacionados com a dieta que afetam a concentração de ácido linoleico conjugado (CLA) na gordura do leite.

Fatores da dieta	Concentração do CLA na gordura do leite
<i>Fontes de lipídios</i>	
Ácidos graxos insaturados x saturados	Aumenta com adição de insaturados
Tipo de ácido graxo vegetal	Aumenta com óleos ricos em ácidos graxos insaturados
Concentração de ácidos graxos vegetais	Aumenta dose dependente
Sais de ácidos graxos vegetais	Aumenta
Grãos integrais de cereais	Não aumenta
Grãos integrais de cereais processados	Aumenta
Adição de óleo de peixe/ farinha de peixe	Aumenta
Suplementação de CLA	Aumenta em dose dependente
Silagem de milho rico em ácido graxo	Não aumenta
<i>Modificação do ambiente retículo-ruminal</i>	
Relação volumoso:concentrado	Efeito variado
Concentração de carboidratos não fibrosos	Pouco efeito
Restrição alimentar	Efeito variado
Ionóforos	Efeito variado
Tampões	Pouco efeito com fibra disponível
Pastagem	Aumenta
Idade da forragem	Aumenta em forragens novas

Fonte: Adaptado de Bauman et al. (1999).

Tabela 12. Produção e composição do leite de vacas alimentadas com diferentes relações de volumoso:concentrado e teores de lipídios na dieta.

Variáveis	Tratamentos ¹				EPM ²
	AFBL	AFAL	BFBL	BFAL	
Leite (kg)	24,66	26,00	25,81	25,54	0,63
LCG 35% (kg)	22,31	22,52	21,44	20,40	0,76
LCST (kg)	20,70	20,86	20,07	19,39	0,66
Proteína bruta (%)	3,07	3,02	3,07	3,10	0,04
Proteína (kg)	0,76	0,79	0,79	0,79	0,02
Gordura (%)	2,90 ^a	2,62 ^{ab}	2,39 ^b	2,20 ^b	0,11
Gordura (kg)	0,72 ^a	0,70 ^a	0,63 ^{ab}	0,58 ^b	0,03
NNP (mg/dL)	13,43 ^a	9,56 ^b	12,20 ^a	11,95 ^a	0,54
Lactose (%)	4,42	4,35	4,39	4,42	0,03
Lactose (kg)	1,10	1,14	1,14	1,13	0,03
Sólidos totais (%)	11,34 ^a	10,89 ^{ab}	10,76 ^b	10,63 ^b	0,12
Sólidos totais (kg)	2,81	2,87	2,80	2,74	0,08

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem entre si, $p > 0,05$, pelo teste de Tukey.

¹ AFBL: alta proporção de forragem e baixo teor de lipídios; AFAL: alta proporção de forragem e alto teor de lipídios; BFBL: baixa proporção de forragem e baixo teor de lipídios; BFAL: baixa proporção de forragem e alto teor de lipídios.

² EPM, Erro-padrão da média.

Fonte: Adaptado de Oliveira (2005).

Tabela 13. Perfil de ácidos graxos na gordura do leite de vacas alimentadas com diferentes proporções de volumoso:concentrado e teores de lipídios na dieta.

Ácidos graxos mg/g de gordura	Tratamentos ¹				EPM ²
	AFBL	AFAL	BFBL	BFAL	
C _{4:0}	30,36 ^a	24,35 ^{bc}	35,61 ^a	32,34 ^a	1,92
C _{6:0}	21,24 ^a	17,18 ^b	18,89 ^{ab}	13,44 ^c	0,91
C _{8:0}	12,74 ^a	9,39 ^b	11,02 ^b	7,27 ^c	0,56
C _{10:0}	28,44 ^a	20,08 ^b	25,01 ^a	16,15 ^c	1,29
C _{12:0}	33,82 ^a	24,35 ^b	30,84 ^a	21,43 ^b	1,38
Total C _{4:0} – C _{12:0}	131,64 ^a	99,23 ^b	125,45 ^a	94,67 ^b	0,92
C _{14:0}	104,16 ^a	86,60 ^b	101,17 ^a	80,95 ^b	2,76
C _{16:0}	276,77 ^a	246,00 ^b	276,75 ^a	239,06 ^b	6,83
C _{18:0}	90,88 ^a	105,90 ^a	68,88 ^b	92,03 ^a	6,21
C _{18:1} <i>Cis</i> -9	230,4 ^b	257,5 ^a	218,6 ^b	249,6 ^a	5,36
C _{18:1} <i>Trans</i> -10	8,90	17,25	18,57	22,66	3,83
C _{18:1} <i>Trans</i> -11	14,71 ^b	36,44 ^a	39,34 ^a	51,66 ^a	7,21
C _{18:2} <i>Trans</i> -10 <i>cis</i> -12	0,46 ^c	0,62 ^b	0,68 ^{ab}	0,79 ^a	0,05
C _{18:2} <i>Cis</i> -9 <i>trans</i> -11	3,72 ^c	4,85 ^b	4,60 ^b	5,89 ^a	0,14
C _{18:2} <i>Cis</i> -9 <i>cis</i> -12	32,16 ^c	39,04 ^b	44,28 ^a	48,97 ^a	1,62
C _{18:3}	4,61 ^{ab}	4,87 ^a	3,85 ^c	4,11 ^{bc}	0,25

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem entre si, $p > 0,05$, pelo teste de Tukey.

¹ AFBL: alta proporção de forragem e baixo teor de lipídios; AFAL: alta proporção de forragem e alto teor de lipídios; BFBL: baixa proporção de forragem e baixo teor de lipídios; BFAL: baixa proporção de forragem e alto teor de lipídios.

² EPM, Erro-padrão da média.

Fonte: Adaptado de Oliveira (2005).

A maior proporção de alimento concentrado (AF x BF) e a adição de ácidos graxos provenientes da soja extrusada (AL x BL) nas dietas aumentaram a concentração de *Trans-10 Cis-12 C_{18:2}*. A consequência desse aumento foi redução na concentração de gordura nos tratamentos com BF em relação ao tratamento AF (Figura 8). Pesquisadores observaram redução de 30% na porcentagem de gordura no leite para dietas com baixa porcentagem de forragem e alto teor de lipídios. Encontraram também reduções de 25 a 50% na concentração da gordura do leite, para infusões no abomaso de 3,5 a 14,0g/dia de *Trans-10 Cis-12 C_{18:2}*. Outros ainda encontraram redução de 27% para dietas com baixa forragem e aumento na concentração de *Trans-10 Cis-12 C_{18:2}* de 0,1 para 6,0 mg/g de gordura.

De acordo com a revisão de Oliveira (2005), os pesquisadores explicaram todos esses achados após biópsia no tecido mamário, quando foi observada redução significativa para a concentração de mRNA das enzimas envolvidas com a “síntese de novo” de gordura (*Acetil-CoA carboxilase* e *ácido graxo sintase*), com o transporte de ácidos graxos da circulação para o interior da célula (*Lipoproteína lipase - LPL*), com a dessaturação dos ácidos graxos (*Estearoil-CoA dessaturase*) e com a síntese de triglicerídeos (*Aciltransferase*).

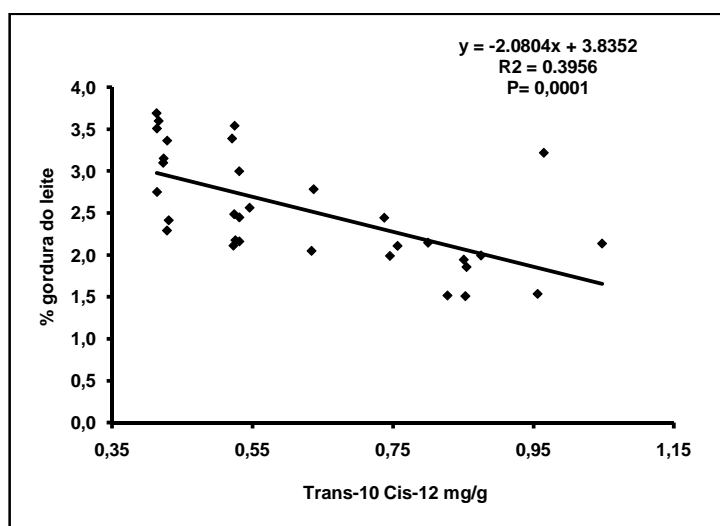


Figura 8. Relação entre a concentração de *Trans-10 Cis-12 C_{18:2}* e porcentagem de gordura no leite, $Y = -2,08 X + 3,84$, em que: Y= porcentagem de gordura, X= aumento na concentração de *Trans-10 Cis-12 C_{18:2}* mg/g na gordura do leite.

Fonte: Oliveira (2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aparentemente, a principal recomendação técnica de profissionais que trabalham com alimentação de vacas de leite gira em torno de um item importante: ao formular dietas, o balanceamento é preferido para animais divididos em lotes, enquanto a oferta dessa mesma dieta balanceada é feita mediante a mistura total entre alimentos volumoso e concentrado.

A evolução genética, visando à produção de leite, levou técnicos e nutricionistas a investirem em conhecimentos de alimentação animal, uma vez que se trata do principal pilar da produção de leite, haja vista que, pelo menos no Brasil, a alimentação de animais de produção representa a maior fatia dos custos totais de uma propriedade rural.

Acompanhando o mérito produtivo das vacas de leite, vieram os estudos de como melhor atender as exigências em macronutrientes (energia, proteína) e micronutrientes (minerais e vitaminas), a partir dos diversos sistemas de predição das exigências nutricionais de bovinos de leite. Estes sistemas, mesmo com deficiências, representaram grande avanço nos conhecimentos de nutrição animal em relação aos anos anteriores, mostrando que ainda há muito para ser estudado e descoberto.

As necessidades nutricionais de bovinos de leite são atendidas por alimentos desde os convencionais (feno de gramíneas, silagem de milho, cana-de-açúcar, milho moído, farelo de soja etc.) até os alternativos (palhas e/ou resíduos de cultura, polpa cítrica, casca de soja etc.). Estes alimentos, de alta qualidade ou não, são fornecidos em dietas bastante equilibradas, sendo capazes de compensar a baixa qualidade de determinados constituintes dessas dietas, permitindo, com limites, que vacas de alta produção sejam capazes de consumir esses alimentos e convertê-los em nutrientes de altíssima qualidade para absorção no retículo-rúmen ou no intestino delgado.

Dentre os nutrientes de maior preocupação no balanceamento de dietas totais para vacas de alta produção, destaca-se a concentração de energia, de proteína e de fibra, com crescente foco nessa última, uma vez que sua qualidade pode interferir diretamente no consumo voluntário de matéria seca e, logo, afetar o desempenho leiteiro de vacas.

Pelo exposto nesse tópico, a dieta influencia a qualidade química do leite, sendo utilizada para manipulação dos constituintes sólidos do leite, notadamente, proteína e gordura. Logo, conhecimento em nutrição e em alimentação de vacas de leite pode influenciar na intensidade de remuneração do produtor de leite, ao afetar a composição do leite e melhorar-lhe o preço, a partir de bonificações feitas pela indústria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351p.

ALLEN, M.S. Fiber requirements: finding an optimum can be confusing. *Feedstuffs*, v.67, n.19, p.13-16, 1995.

ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.3063-3075, 1996.

- AROEIRA, L.J.M. Estimativas de consumo de gramíneas tropicais. In: TEIXEIRA, J.C. (Org.) *Anais do Simpósio Internacional de Digestibilidade em Ruminantes*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. p.127-163.
- BALIEIRO NETO, G.; MELLOTTI, L. Produção de ácidos graxos voláteis e contagem de protozoários ruminais em bovinos suplementados com gordura. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v.44, p.115-121, 2007.
- BAUMAN, D.E.; BARBANO, D.M.; DWYER, D.A. et al. Technical note: production of butter with enhanced conjugated linoleic acid for use in biomedical studies with animal models. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.2422-2425, 2000.
- BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. In: AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1999, Ithaca, NY. *Proceedings...* Ithaca, NY: Cornell University, 1999. p.1–15.
- BAUMAN, D.E.; PETERSON, D.G.; CORL, B.A. et al. Update on conjugated linoleic acids (CLA). In: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, 2001, Syracuse, NY. *Proceedings...* Ithaca, NY: Cornell University, 2001. p.170-177.
- BUTLER, W.R. Relação entre a concentração de proteína da dieta, ambiente uterino e concepção em vacas leiteiras. In: NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 8., 2004, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia, Conapec Jr; Botucatu: UNESP/FMVZ, 2004. p.101-109.
- CHALUPA, W.; SNIFFEN, C.J.; FOX, D.G. et al. Model generated protein degradation nutritional information. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURE, 1991, Ithaca. *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, 1991. p.44-51.
- COPPOCK, C.E. Management of dairy cows in group housing. *J. Dairy Sci.*, v.60, p.1327-1336, 1976.
- ENSMINGER, M.E.; OLENTINE, C.G. *Feeds & Nutrition*. Clovis, CA: Ensminger Publ., 1978. p.701-742.
- FONSECA, L.F.L.; SANTOS, M.V. *Qualidade do leite e controle de mastite*. São Paulo: Lemos Editorial, 2000. 175p.
- FORBES, J.M. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.3029-3035, 1996.
- FORBES, J.M. The multifactorial nature of food intake control. *J. Anim. Sci.*, v.81, suppl. E2, p.E139-E144, 2003.

FORBES, J.M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford, UK: CAB Internacional, 1995. 532p.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3578-3596, 1992.

GARCÍA, G.A.G. *Silagem de grão úmido de milho ou de polpa de citros para vacas leiteiras em pasto de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.)*. 2007. 52f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

GOMES, S.P.; CAMPOS, M.M.; BORGES, A.L.C.C. Teores adequados de fibra na dieta de vacas leiteiras. *Rev. Leite Integral Cad. Esp.*, n.3, p.14-22, 2007.

GRIINARI, J.M.; CORL, B.A.; LACY S.H. et al. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ desaturase. *J. Nutr.*, v.130, p.2285-2291, 2000.

HEINRICH, A.J. Nutrition and management of replacement cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.59, p.155-166, 1996.

IGBOKWE, I.O. The effects of water deprivation in livestock ruminants: An overview. *Nutr. Abstr. Rev. Ser. B*, v.67, p.905-914, 1997.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.3851-3863, 1993.

LOPES, F.C.F. *Taxa de passagem, digestibilidade in situ, consumo, composição química e disponibilidade de capim-elefante (Pennisetum purpureum, Schumack) pastejado por vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação*. 2002. 223f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

MCGILLARD, M.L.; SWISHER, J.M.; JAMES, R.E. Grouping lactating cows by nutritional requirements for feeding. *J. Dairy Sci.*, v.66, p.1084-1093, 1983.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1463-1481, 1997.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C. *Forage quality, evaluation, and utilization*. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p.450-493.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7.ed. rev. Washington: National Academy Sciences, 2000. p.85-96.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 1989. 157p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NOLLER, C.H.; MOE, P.W. Determination of NRC energy and protein requirements for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. *Anais...* Viçosa, MG: JARD Ed., 1995. p.53-76.

NUNES, I.J. *Nutrição animal básica*. Belo Horizonte: Copiadora Breder, 1995. 334p.

OLIVEIRA, M.A. *Proporção de forragem e teor de lipídios, na dieta de vacas leiteiras, sobre o consumo, a produção e composição do leite*. 2005. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.*, v.63, p.1634-1648, 1986.

PEREIRA, F.R. *Teores de proteína bruta para vacas leiteiras lactantes em pastejo de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.)*. 2005. 60f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B. et al. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12 year literature review. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.3182-3213, 1998.

SCHWAB, C.G. Amino acid nutrition of dairy cow: current status. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 1996, Ithaca. *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, 1996. p.184-198.

SHIRLEY, R.L. Water requirements for grazing ruminants and water as a source of minerals. In: McDOWELL, L.R. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. Orlando: Academic Press, 1985. p.37-57.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.

SOARES, J.P.G.; BERCHIELLI, T.T.; AROEIRA, L.J.M. et al. Estimativa de consumo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), fornecido picado para vacas lactantes utilizando a técnica do óxido crômico. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.811-820, 2004.

SOUSA, B.M. *Consumo e ambiente ruminal de vacas Holandês-Zebu em lactação sob pastejo de Brachiaria spp. suplementadas com diferentes quantidades de concentrado*. 2006. 77f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

STALLINGS, C.C. How to balance rations for groups of cows. *Hoard's Dairyman*, p.133, 146, 1985.

UNIVERSITY OF ALBERTA. Applied dairy science [online]. Edmonton, AB, Canadá. Disponível em: <<http://www.afns.ualberta.ca/drtc/>>. Acessado em: out. 2002.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA Jr.; V.R. et al. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. 2.ed. Viçosa: DZO/UFV, 2006. 329p.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of ruminant*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

WATTIAUX, M.A.; GRUMMER, R.R. Lipid metabolism in dairy cows. Madison, WI: University of Wisconsin, Babcock Institute for International Dairy Research and Development. Chapt. 4. Disponível em: <<http://babcock.cals.wisc.edu>>. Acessado em: mar. 2009.

WEISS, W.P. Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.830-839, 1998.

CAPÍTULO 7

DIETAS PARA VACAS EM PERÍODO DE TRANSIÇÃO

*Bolivar Nóbrega de Faria*¹

RESUMO

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma visão geral do período de transição, mostrando as mudanças metabólicas ocorridas para que o animal saia de uma condição de gestante não lactante para lactante não gestante, mudanças essas que resultam em queda na ingestão de matéria seca que, juntamente com uma necessidade energética maior, leva a um balanço energético negativo. Esta fase da vida produtiva de uma vaca de leite, quando mal manejada, pode ocasionar problemas na lactação, gerando menores ganhos e índices produtivos. Tendo em vista a diminuição desses problemas, alguns pontos importantes relacionados à ingestão de matéria seca e exigências nutricionais nesse período são apresentados e discutidos, visando à formulação de dietas mais adequadas para este período.

INTRODUÇÃO

O período de transição tem sido tradicionalmente considerado como sendo as três últimas semanas pré e as três primeiras semanas pós-parto (Grummer, 1995; Drackley, 1999), momento marcado pela mudança de um estado não lactante para lactante. Para que ocorra essa transição de gestante não lactante para lactante, o animal passa por várias mudanças endócrinas drásticas (Tucker, 1985), que, devido à magnitude das variações, segundo Grummer et al. (2004), constituem um período único na vida produtiva do animal.

Face às alterações hormonais, várias mudanças metabólicas são observadas nos diversos tecidos corporais. Didaticamente, as alterações metabólicas no período de transição podem ser divididas em duas partes: a primeira, pré-parto, em que os estoques maternos de nutrientes são direcionados para o crescimento e a sobrevivência fetal, além da preparação da glândula mamária para o início da lactação, e a segunda, pós-parto, em que o metabolismo materno está inteiramente voltado para a síntese de colostro e posterior produção copiosa de leite.

1 - PRÉ-PARTO

A primeira parte do período de transição está associada ao grande aumento no tamanho do concepto (tecidos uterinos, placenta, membranas fetais e o feto) e à

¹ Médico Veterinário, Dsc. Prof. Adjunto III, ReHAgro/PUC Minas CEP 30310-300, Belo Horizonte, MG. bolivar.faria@gmail.com

consequente demanda de nutrientes. Bell et al. (1995) estimaram que o aumento do requisito de energia do útero gravídico de vacas do 210^o para o 270^o dia de gestação se elevou de 631 para 821kcal/dia, enquanto, para proteína bruta, foi de 62 para 117g/dia (Tabela 1). Estes dados mostram aumentos próximos de 30 a 50% na energia e proteína, respectivamente, requeridas para promover a manutenção do concepto nos últimos 60 dias de gestação, o que implica várias adaptações metabólicas por parte da mãe.

Tabela 1. Deposição de energia e proteínas no útero e feto de uma vaca da raça Holandesa durante o período final de gestação.

Dias de gestação	Energia ¹		Proteína ²	
	Útero	Feto	Útero	Feto
210	631	500	76	54
230	694	601	90	73
250	757	703	103	91
270	821	805	117	110
Variação	30,1%	61,0%	53,9%	103,7%

¹ kcal/dia, ² g/dia.

Fonte: Bell et al. (1995).

Os últimos dias de gestação coincidem com a formação de colostro e o aumento da demanda da glândula mamária por glicose, aminoácidos, ácidos graxos, minerais e vitaminas. O fluxo sanguíneo mamário, o consumo de oxigênio e a absorção de glicose e acetato aumentam consideravelmente entre o segundo dia pré-parto e o primeiro dia pós-parto, mostrando que a glândula mamária está prestes a iniciar a produção copiosa de leite. Com o aumento da demanda energética e proteica dos animais nessa fase, era de se esperar o aumento na ingestão de matéria seca (IMS) (Bell, 1995). No entanto, o aumento da demanda pela mãe e concepto não é compensado por maior ingestão de alimentos; ao contrário, o consumo próximo ao parto reduz-se drasticamente (Grant e Albright, 1995; Grummer, 1995).

O declínio na ingestão de matéria seca se inicia três semanas pré-parto, sendo esta queda mais acentuada na semana final de gestação (Drackley, 1999; Ingvarstein e Andersen, 2000). A extensão desse decréscimo no consumo é variável, mas uma redução de aproximadamente 30% tem sido constantemente observada (Bertics et al., 1992; Vazquez-Añon et al. 1994; Grum et al., 1996; Rabelo et al., 2003).

A queda na ingestão de matéria seca é observada tanto em primíparas quanto em pluríparas, mas em proporções diferentes (Tabela 2). Estudo realizado por Marquardt et al. (1977) indicou que há queda na ingestão de matéria seca durante as últimas duas semanas de gestação de 25% e 56% para vacas jovens (primeiro e segundo parto) e vacas adultas (três ou mais partos), respectivamente.

Tabela 2. Variação da ingestão de matéria seca (%PV) de primíparas e pluríparas durante as três últimas semanas pré-parto.

Período pré-parto	Ingestão de matéria seca ¹	
	Primíparas	Pluríparas
-21	1,7	2,0
-1	1,3	1,4
Variação	23%	30%

¹(%PV); ² Dias em relação ao parto.

Fonte: Bertics et al. (1992).

Em outros trabalhos, têm sido observadas variações diferentes. Vandehaar et al. (1999) verificaram queda na ingestão de matéria de 26% e 36% entre os dias -21 a -1 pré-parto para primíparas e pluríparas, respectivamente. Mesmo com a variação observada entre os diversos trabalhos na literatura, sempre as fêmeas adultas apresentam maior queda na ingestão de matéria seca durante o pré-parto quando comparadas às primíparas (Grummer et al., 2004).

2 - PÓS-PARTO

A segunda parte do período de transição tem início após o parto, com a produção de colostro e o início da produção copiosa de leite (Tucker, 1985). No pós-parto, há aumento no metabolismo mamário com elevação do fluxo sanguíneo e captação de nutrientes pela glândula mamária (Bell, 1995). Um bom exemplo da magnitude do metabolismo mamário pode ser evidenciado pela captação de glicose requerida para a síntese de lactose (Tabela 3), o mais importante soluto osmótico do leite. De acordo com Bell (1995), a captação mamária de glicose no primeiro dia pós-parto é cerca de nove vezes àquela observada pelo mesmo tecido nove dias antes do parto.

Nesta fase do período de transição, a glândula mamária passa a desempenhar importante papel no metabolismo animal. As exigências metabólicas dessa fase são ainda maiores que as observadas no final da prenhez, uma vez que a glândula mamária requer maior demanda de nutrientes, principalmente em vacas de alta produção.

Tabela 3. Estimativa da captação mamária de nutrientes durante o início da lactação (quarto dia) para uma vaca produzindo 30kg de leite.

Nutrientes	Captação mamária		
	g/dia	Mcal/dia	g de N/dia
Glicose	1.775	6,6	----
Aminoácidos	1.374	8,0	220
Acetato	1.224	11,3	----

Fonte: Bell (1995).

Poucos dias após o parto, a exigência mamária de glicose, aminoácidos, ácidos graxos não esterificados (AGNE) e energia é, respectivamente, aproximadamente 2,7; 2; 4,5 e 3 vezes superior àquela observada pelo útero gravídico durante o final da gestação. Overton et al. (1998) estimaram que a demanda de glicose em uma vaca Holandesa durante os últimos 21 dias de gestação é de 1000 a 1100g/d e que este valor se eleva para aproximadamente 2500g/d no 21^o dia pós-parto.

De forma semelhante ao observado durante o pré-parto, o aumento na demanda de nutrientes necessária para o suprimento das exigências do animal não é acompanhado pela ingestão de alimentos. Diferentemente do pré-parto, a vaca em lactação aumenta gradativamente a ingestão de matéria seca no pós-parto. No entanto, a elevação do consumo é menor do que a elevação na demanda de nutrientes (Ingvarsen e Andersen, 2000).

3 - BALANÇO ENERGÉTICO NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO

Em vacas leiteiras, o pico de produção de leite ocorre entre a quarta e a oitava semana pós-parto. Já o pico de ingestão de matéria seca só irá ocorrer entre a 10^a e a 14^a semana pós-parto. Dessa forma, há um desencontro entre o momento de maior demanda de nutrientes e a maior ingestão de matéria seca. Observa-se, assim, que, tanto no pré quanto no pós-parto, há desequilíbrio entre as necessidades do animal e a ingestão de nutrientes. Com isso, as exigências energéticas e proteicas que não são supridas pela ingestão de matéria seca passam a ser obtidas por meio da mobilização das reservas corporais. Esta situação é normalmente caracterizada como balanço energético negativo, comumente observado durante as últimas três semanas de gestação e nas primeiras semanas de lactação.

O sistema nutricional proposto pelo National Research Council – NRC (2001) permite prever o aumento na demanda nutricional e a queda na ingestão de matéria seca durante o período de transição, tanto em primíparas quanto em pluríparas. No entanto, algumas ressalvas podem ser feitas. Grummer et al. (2004) conduziram simulação do balanço energético de animais nas três últimas semanas de gestação considerando as exigências nutricionais e os níveis de ingestão de matéria seca propostos pelo NRC (2001) (Tabela 4).

Na simulação (Tabela 5), foram utilizados dois animais fictícios, sendo uma novilha pesando 625kg e uma vaca com 700kg de peso vivo. Os animais apresentavam escore de condição corporal de 3,5, e a novilha apresentava crescimento e ganho de peso diário conforme os preditos pelo NRC (2001). Para a simulação, foi utilizada uma dieta constituída de 40% de silagem de milho, 20% de silagem de leguminosas, 23% de milho triturado, 4% de glúten de milho, 4% de grão de soja tostada, 7,5% de palha e 1,5% de vitaminas e minerais (1,68 Mcal de energia líquida para lactação [NEI]/kg).

Tabela 4. Ingestão de matéria seca e composição adequada da dieta para suprir as necessidades nutricionais de uma vaca de 700kg e uma novilha de 625kg durante o final da gestação e o início da lactação de acordo com o NRC (2001).

IMS (kg/dia)	Prenhez		Lactação
	11,3		14,6
Composição			
EM (Mcal/kg MS)	2,25		2,60
PB (g/kg MS)	125		175
FDN (g/kg MS)	430		355
Nutrientes			
Glicose (g/dia)	1.476		2.089
Acetato (g/dia)	2.196		3.249
Aminoácidos (g/dia)	998		1.650

Fonte: Grummer et al. (2004).

Tabela 5. Ingestão de matéria seca, exigências energéticas e balanço energético de primíparas (625kg) e pluríparas (700kg) durante o final da gestação de acordo com o NRC (2001).

	Gestação	IMS (kg/MS)	Exigências (Mcal)			Balanço energético
			Mant.	Cresc.	Gest.	
Pluríparas	260 dias	13,6	10,2	0	3,5	+9,2 Mcal
	279 dias	9,3	10,0	0	3,7	+2,4 Mcal
Primíparas	260 dias	10,7	10,1	1,5	3,5	+2,5 Mcal
	279 dias	7,8	10,1	1,5	3,7	-2,6 Mcal

Fonte: Grummer et al. (2004).

Dos resultados obtidos na simulação, Grummer et al. (2004) retiraram algumas importantes conclusões. Quando se consideraram apenas as predições do NRC (2001), as pluríparas não apresentaram, em nenhum momento do pré-parto, balanço energético negativo. Ainda de acordo com esses dados, as novilhas apresentaram balanço energético negativo somente nos últimos dias de gestação. O menor balanço energético observado pelas novilhas já era esperado, uma vez que estes animais, além de ingerirem menor quantidade de matéria seca, possuem maior demanda energética, já que ainda estão em crescimento (Grummer et al., 2004).

Por outro lado, o balanço energético positivo durante o pré-parto para os animais adultos não constitui resultado normalmente observado. Esta categoria animal, durante o final de gestação, geralmente apresenta queda mais acentuada na ingestão de matéria seca do que a proposta pelo NRC (2001). Além disso, segundo Grummer et al. (2004), as dietas comumente utilizadas para esta fase da vida produtiva dos animais não costumam apresentar densidade energética tão alta quanto a utilizada na simulação.

Outro fator importante ressaltado por Grummer et al. (2004) é que as exigências nutricionais propostas pelo NRC (2001) não levam em consideração a demanda energética do crescimento e a preparação da glândula mamária para a produção de colostro e leite. Ainda segundo os autores, estas exigências não foram consideradas devido ao pequeno número de pesquisas realizadas nesta área.

Quando as exigências apresentadas pelo NRC (2001) são acrescidas de 3Mcal NEI/dia, propostas por VandeHaar e Donkin (1999) para suprir as exigências de crescimento da glândula mamária, há importante alteração nos valores do balanço energético animal. A plurípara, que não apresentara balanço energético negativo em nenhum momento, passa a apresentá-lo poucos dias antes do parto. Com a primípara, a situação energética se torna ainda pior. Esta categoria animal passa a apresentar balanço energético negativo durante todas as três últimas semanas pré-parto, chegando ao último dia de gestação a valores próximos de -6Mcal.

Este balanço energético negativo que se iniciou no pré-parto prolongar-se-á durante o início do pós-parto, uma vez que há rápida queda na ingestão de matéria seca no pré-parto e lenta elevação no pós-parto, enquanto as exigências nutricionais dos animais continuam a se elevar rapidamente no pós-parto.

O balanço energético negativo tem sido associado ao desencadeamento de várias doenças metabólicas no pós-parto, como fígado gordo, cetose, deslocamento de abomaso para a esquerda, retenção de placenta, mastites, entre outras (Dann et al., 1999). As doenças relacionadas ao período de transição também promovem menor ingestão de matéria seca no período pós-parto, retardando ainda mais a elevação na ingestão e mantendo o balanço energético negativo por tempo ainda maior. Além disso, e também como consequência do menor consumo, vacas acometidas por doenças no período de transição apresentam menor produção de leite (Dann et al., 1999).

4 - PERFIL METABÓLICO DE VACAS NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO

Durante o período de transição, há o aumento na demanda energética e proteica da mãe, o que promove alterações fundamentais no metabolismo materno (Ingvarsen e Andersen, 2000). No pré-parto, o útero gravídico apresenta grande taxa metabólica, sendo o seu consumo de oxigênio/kg, aproximadamente, duas vezes o da mãe (Reynolds et al., 1986).

A maior parte do carbono e do nitrogênio exigidos pelo metabolismo e crescimento do concepto é suprida pela glicose (diretamente e via lactato) e pelos aminoácidos. Os lipídios participam em pequena proporção do suprimento direto de energia para o concepto, uma vez que o transporte transplacentário de ácidos graxos de cadeias curtas e longas, bem como corpos cetônicos, é limitado em ruminantes (Bell, 1995).

No pós-parto imediato, o animal também se apresenta em balanço energético negativo, necessitando de grandes quantidades de glicose, aminoácidos e ácidos graxos utilizados pela glândula mamária para a produção de lactose, proteínas e gordura do leite, respectivamente.

A forma mais simples para suprir o aumento da demanda de nutrientes para o útero gravídico e a glândula mamária seria por meio do aumento da ingestão de matéria seca. A maior ingestão de matéria seca levaria à maior fermentação ruminal e ao aumento na produção de propionato, o maior precursor gliconeogênico em ruminantes (Herdt, 1988). No entanto, normalmente não se observa essa situação durante o período de transição, sendo frequente a queda na ingestão de matéria seca e, conseqüentemente, menor produção ruminal de propionato. Para suprir as necessidades energéticas do pré e pós-parto, praticamente todos os tecidos do organismo passam por adaptações metabólicas, fazendo com que ocorra maior eficiência na utilização dos metabólitos para sustentar a gestação e a lactação (Tabela 6).

De acordo com Reynolds et al. (2003), somente 50% de toda a glicose produzida pelo fígado durante o período de transição é oriunda da gliconeogênese a partir do propionato, sendo o restante da glicose produzida a partir de outros substratos endógenos. O fluxo de glicose através das vísceras portais de vacas leiteiras foi praticamente inexistente e até mesmo negativo durante o período de transição. Além disso, nesta mesma fase, houve aumento de 267% na liberação total de glicose pelos tecidos esplênicos entre o nono dia pré-parto e o 21º de lactação. Neste período, a gliconeogênese hepática foi o principal evento responsável pelo aumento nas concentrações de glicose sanguínea (Reynolds et al., 2003).

Tabela 6. Mudanças metabólicas associadas ao início da lactação em ruminantes.

Função fisiológica	Mudança metabólica	Tecido envolvido
Síntese de leite	↑Capacidade de síntese	Glândula mamária
	↑Fluxo sanguíneo	
	↑Captação de nutrientes	
Metabolismo lipídico	↑Lipólise	Adiposo Outros
	↓Lipogênese	
	↑Utilização de lipídios	
Metabolismo carboidratos	↑Gliconeogênese	Fígado Outros
	↓Utilização de glicose	
	↑Mobilização proteica	

↑ Aumento, ↓ Decréscimo.

Fonte: Ingvarsen e Andersen (2000).

Para elevar o suprimento de nutrientes para o concepto e a glândula mamária, o organismo promove a mobilização das reservas corporais e a síntese de novo dos

nutrientes necessários. Durante o pré-parto, há grande taxa de gliconeogênese a partir de fontes endógenas, tendo como principais substratos o lactato, os aminoácidos e o glicerol (Seal e Reynolds, 1993).

O lactato constitui importante substrato para a gliconeogênese em ruminantes, podendo ser obtido diretamente da dieta e do metabolismo do propionato na parede ruminal, do catabolismo de alguns aminoácidos e por meio do metabolismo da glicose nos músculos e conceito. Apesar de o tecido muscular não poder contribuir diretamente com a elevação das concentrações plasmáticas de glicose, uma vez que este não possui a enzima glicose 6 fosfatase, o músculo desempenha importante papel indireto na gliconeogênese durante o período de transição. Nessa fase, há aumento nas taxas de glicólise com maior produção de lactato muscular (Hough et al., 1985), sendo este liberado na corrente circulatória.

Além da produção muscular, grandes quantidades de lactato são produzidas e liberadas na corrente circulatória materna pelo útero gravídico (Reynolds et al., 1986). A maior produção de lactato, tanto na musculatura quanto no útero, contribui para a elevação de suas concentrações plasmáticas e da taxa de Ciclo de Cori (Baird et al., 1983), aumentando a disponibilidade de glicose sanguínea por meio da gliconeogênese hepática.

Segundo Overton e Waldron (2004), no período de transição, a transformação hepática de lactato em glicose é responsável por cerca de 15 a 20% de toda a glicose produzida no fígado. Além do propionato e do lactato, os aminoácidos também são substratos importantes para a gliconeogênese, podendo contribuir com aproximadamente 9% da glicose produzida em vacas bem alimentadas (Wolff e Bergman, 1972). No período de transição, este valor pode dobrar ou até mesmo triplicar (Reynolds et al., 2003).

No período de transição, quando a demanda de glicose excede a produção e absorção de lactato e propionato, a gliconeogênese a partir de aminoácidos se eleva (Herdt, 1988). Os aminoácidos utilizados na gliconeogênese podem ser obtidos diretamente da dieta ou a partir das reservas corporais, como a musculatura estriada. Durante o final da gestação, ocorre aumento na liberação de aminoácidos pela musculatura materna (Ling et al., 1987). De acordo com Bell (1995), ovelhas em final de gestação alimentadas com dietas pobres em proteínas apresentam decréscimo em suas reservas proteicas, suportando a teoria de que essas foram mobilizadas para suprir as necessidades do conceito e da glândula mamária nesse período.

Botts et al. (1979) estimaram a reserva lábil de proteína de uma vaca lactante em aproximadamente 25% da proteína corporal total. Isso representa, em média, cerca de 20 a 25kg de proteína em uma vaca Holandesa adulta. Os aminoácidos liberados pela mobilização das reservas de proteína podem ser utilizados diretamente pelo conceito, pela glândula mamária e pelo fígado, como combustível para o metabolismo oxidativo, ou de forma indireta, por meio da gliconeogênese hepática.

A glutamina e a alanina são os principais aminoácidos utilizados para a gliconeogênese (Herdt, 1988). Em vacas de leite, a contribuição da alanina para a síntese de glicose dobrou no período de transição, aumentando de 2,3% no nono dia pré-parto para 5,5% no 11º dia pós-parto (Reynolds et al., 2003). Segundo Reynolds et al. (2003), aproximadamente 20 a 30% de toda a glicose produzida no fígado durante o período de transição é derivada da gliconeogênese a partir dos aminoácidos. Para Herdt (1988), o aspartato também pode desempenhar importante papel na gliconeogênese em bovinos.

De acordo com Bell (1995), existem evidências de que, além da maior gliconeogênese no fígado a partir dos aminoácidos, as vacas no período de transição também apresentam redução no catabolismo deste substrato, bem como aumento da síntese proteica hepática. Em vacas de leite, tem-se observado aumento da síntese proteica hepática, que se inicia no final da gestação e tem seu pico no início da lactação.

Esses dados estão de acordo com as observações de hipertrofia e hiperplasia hepática durante o pós-parto imediato em vacas (Campbell e Fell, 1970), podendo indicar uma adaptação do fígado com aumento das enzimas necessárias para a adequação metabólica neste período.

Como último substrato de maior importância na gliconeogênese hepática, tem-se o glicerol, composto de três carbonos liberado pelo tecido adiposo. Esta substância é a porção da molécula do triglicerídeo que faz ligações ésteres com os ácidos graxos de cadeia longa (Nelson e Cox, 2004). Quando os triglicerídios são quebrados nos adipócitos, tanto os ácidos graxos quanto o glicerol são liberados na corrente sanguínea. Dos produtos liberados pela quebra das reservas lipídicas, a única porção que pode ser transformada em glicose no fígado é o glicerol. Este substrato contribuiu com 5% de toda a glicose produzida em ovelhas bem-alimentadas, podendo este valor variar entre 23%, em animais em restrição alimentar (Bergman et al., 1966), e 50%, em animais com cetose (Bergman, 1983). Em vacas no período de transição, a contribuição do glicerol foi quantificada entre 2 a 4% da glicose sanguínea (Reynolds et al., 2003).

Além do aumento da gliconeogênese hepática, existem evidências de que o organismo materno lança mão de outros mecanismos para permitir o aumento na disponibilidade fetal e mamária de glicose, como o decréscimo da utilização de glicose pelos tecidos periféricos, principalmente o tecido muscular (Bell, 1995).

Todos estes mecanismos são utilizados na tentativa de manter constante o nível plasmático de glicose durante o período de transição. No entanto, essa constância nos níveis de glicose não vem sendo observada em vários experimentos realizados.

As concentrações de glicose se mantêm estáveis ou com uma pequena elevação durante a fase pré-parto do período de transição. No momento do parto, há aumento drástico e rápido nas concentrações de glicose, com seu decréscimo ocorrendo imediatamente após o parto (Vazquez-Añon et al., 1994).

O aumento da glicose no parto pode ser o resultado da mobilização de glicogênio do fígado, uma vez que seu estoque hepático sofre grande depleção neste momento. A concentração de glicose e glicogênio pode estar relacionada ao alto nível de corticoide materno (Vazquez-Añon et al., 1994), um fator importante para o desencadeamento do parto.

Após o parto, as concentrações plasmáticas de corticoides voltam ao normal, restaurando as reservas de glicogênio no fígado. No entanto, como a exigência de glicose é muito alta nesta fase, as reservas de glicogênio não são totalmente restauradas, permanecendo abaixo dos níveis observados no pré-parto (Grummer, 1995).

O organismo materno, para sustentar a substancial demanda do concepto e da glândula mamária por glicose e aminoácidos, promove mudanças não somente no metabolismo de carboidratos, mas também no de proteínas e lipídios. Apesar de o feto não usufruir diretamente do metabolismo lipídico, o aumento de suas vias metabólicas tem sido descrito como uma das principais alterações metabólicas durante o período de transição. Para Drackley (1999), o metabolismo lipídico é o ponto-chave na biologia das vacas no período de transição.

As alterações no metabolismo lipídico durante o período de transição têm como função a economia de glicose e, de certo modo, de aminoácidos para posterior utilização pelo concepto (Bell, 1995). O tecido adiposo serve, primariamente, como reserva energética para períodos em que a exigência energética excede a quantidade de energia ingerida pelo animal, como no balanço energético negativo. Nesses casos, o tecido adiposo é mobilizado, ocorrendo maior lipólise em comparação à lipogênese.

Quando a lipólise excede a lipogênese, há liberação de ácidos graxos não esterificados (AGNE) e glicerol na corrente sanguínea. No sangue, estas duas substâncias podem ser transportadas para o fígado ou utilizadas diretamente por outros tecidos periféricos (Murray et al., 1994).

Durante o período de transição, a mobilização das reservas corporais faz com que as concentrações de AGNE no sangue aumentem gradativamente à medida que o animal se aproxima do parto, podendo dobrar entre o 17^o e o segundo dia pré-parto (Grummer, 1993). Os AGNE não utilizados pelos tecidos corporais são captados pelo fígado, sendo a taxa de captação proporcional às concentrações plasmáticas (Bell, 1980).

Após a absorção pelo fígado, os AGNE são ativados pela ação da enzima acil-CoA sintase, formando o acil-CoA graxo. O acil-CoA graxo, por sua vez, pode seguir três rotas principais: ser completamente oxidado a dióxido de carbono, água e energia; ser parcialmente oxidado a corpos cetônicos com menor produção de energia; ser reesterificado formando triglicerídios, que, por sua vez, podem ser exportados para o restante do organismo na forma de lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) (Murray et al., 1994).

A oxidação, total ou parcial, é um processo compartimentalizado, que se inicia quando o acil-CoA graxo é transportado para o interior da mitocôndria. Para isso, um sistema transportador especializado, composto pela carnitil acil transferase I e II, é necessário. Dentro da mitocôndria, os dois caminhos possíveis para o acil-CoA são a oxidação completa, produzindo CO₂ e H₂O e equivalentes redutores, e a oxidação parcial, resultando na síntese de corpos cetônicos (acetoacetato, β-hidroxiacetato e acetona).

Em ruminantes, grande quantidade de corpos cetônicos (β-hidroxiacetato) são produzidos na parede do rúmen, durante a absorção do acetato produzido pela fermentação ruminal. Em vacas bem alimentadas, a produção ruminal é considerada a principal fonte de β-hidroxiacetato plasmático (Heitmann et al., 1987).

No entanto, durante períodos de baixa ingestão de matéria seca ou balanço energético negativo, os corpos cetônicos plasmáticos são originados principalmente da cetogênese hepática (Heitmann et al., 1987). Em vacas lactantes com restrição alimentar, a produção de corpos cetônicos hepáticos se eleva em 50%, enquanto a produção de CO₂ se mantém constante (Drackley et al., 1991). Esses dados mostram que, mesmo com o aumento da cetogênese hepática, a oxidação total dos AGNE se mantém em animais em balanço energético negativo.

Em experimento realizado por Cadorniga-Valiño et al. (1997), observou-se que a cetogênese hepática aumenta com o maior fornecimento de oleatos, sugerindo que a cetogênese pode ser regulada pela disponibilidade de substrato. Portanto, quanto maior a concentração de AGNE, maior poderá ser a produção hepática e as concentrações plasmáticas de corpos cetônicos.

O outro caminho metabólico possível para os AGNE no fígado é a reesterificação em triglicerídios. Quando a taxa de reesterificação dos ácidos graxos hepáticos excede a taxa de metabolização de triglicerídios, por meio da hidrólise, oxidação ou secreção como lipoproteínas, há o acúmulo hepático de lipídios (Herdt, 1988; Overton, 2003).

Quando a deposição de triglicerídios excede a capacidade normal de armazenamento hepático, esta se torna uma patologia de grande importância na bovinocultura de leite moderna, conhecida como esteatose hepática ou fígado gordo. Esta doença metabólica é normalmente associada à maior incidência de doenças infecciosas (mastites e metrites), digestivas (deslocamento de abomaso), bem como de desordens metabólicas (cetose) e de problemas reprodutivos (retenção de placenta) (Bobe et al., 2004).

Além destas doenças, o acúmulo de lipídios no fígado está relacionado ao decréscimo da eficiência metabólica deste órgão (Tabela 7), comprometendo o rendimento animal (Grummer, 1993; Drackley, 1999). Entre os principais efeitos causados pelo acúmulo de trigliceróis no fígado, está o decréscimo na capacidade de síntese de ureia (Strang et al., 1998a), aumentando as concentrações de amônia, que, por sua vez, diminui a habilidade dos hepatócitos em promover gliconeogênese a partir do propionato (Overton et al., 1998).

Apesar de todos os problemas relacionados à esteatose hepática, esta doença é comum em vacas de leite de alta produção durante o período de transição (Murondoti et al., 2004). Considerando-se que a concentração normal de triglicerídios hepáticos está abaixo de 5% da matéria seca do fígado (Bobe et al., 2004), então mais da metade das vacas de alta produção apresentam fígado gordo no primeiro dia pós-parto (Grummer, 1995).

A esteatose hepática normalmente é associada à excessiva mobilização de AGNE para sustentar a produção de leite. No entanto, evidências indicam que a esteatose hepática seria mais bem descrita como uma desordem metabólica do período periparturiente (Grummer, 2004), uma vez que a mobilização de AGNE e o acúmulo de triglicerídios hepáticos se iniciam antes do parto.

Os principais pontos de regulação do metabolismo dos AGNE no fígado são a exportação como lipoproteínas e a captação mitocondrial dos AGNE pela enzima carnitil acil transferase I (Dracley, 1999). Outros pontos possíveis de controle do metabolismo lipídico incluem a regulação da enzima mitocondrial relacionada à cetogênese, a 3-hidroxi-3-metilglutaril CoA sintase, alguns passos da esterificação dos ácidos graxos por meio das enzimas glicerol 3 fosfato aciltransferase e diacilglicerol aciltransferase (Murray et al., 1994).

Tabela 7. Associação entre a esteatose hepática e a função metabólica dos hepatócitos e adipócitos de bovinos.

Hepatócito	Associação ¹	Referências bibliográficas
Gliconeogênese	--	Cadorniga-Valiño et al. (1997) Rukkwamsuk et al. (1999)
Clarence de insulina	-	Strang et al. (1998b)
Cetogênese	±	Drackley et al. (1992)
Lipogênese	+++	Grum et al. (1996) Cadorniga-Valiño et al. (1997)
β-Oxidação	±	Grum et al. (1996) Cadorniga-Valiño et al. (1997)
Oxidação Peroxissomal	-	Grum et al. (2002)
Ureogênese	-	Strang et al. (1998a)
Adipócito		
Lipólise	+++	Rukkwamsuk et al. (1998)

¹Os símbolos +, - e ± significam aumento, decréscimo e associação variável, respectivamente, sendo que a quantidade de símbolos representa pouca, moderada e grande associação.

Apesar de se dar grande importância à esterificação e à exportação dos ácidos graxos hepáticos, estes passos são pouco entendidos em vacas e, principalmente, durante o período de transição. Sabe-se que as taxas de síntese de triacilgliceróis são similares entre ruminantes e não ruminantes, mas, por razões não conhecidas, os ruminantes

possuem uma taxa de secreção hepática de VLDL muito baixa quando comparados aos não ruminantes (Pullen et al., 1990, Katoh et al., 1993).

Dessa forma, os ruminantes se tornam muito mais susceptíveis às grandes mobilizações de AGNE que ocorrem no período de transição.

5 - ALTERNATIVAS PARA DIMINUIR O BALANÇO ENERGÉTICO NEGATIVO DURANTE O PERÍODO DE TRANSIÇÃO

Atualmente, existe grande polêmica com relação à nutrição de vacas de leite no período de transição, principalmente durante o pré-parto (Grummer e Kulick, 2006).

Por várias décadas se recomendou aumentar o fornecimento de concentrado nas últimas três semanas de gestação. Como já é bem determinado que as vacas, durante o período de transição, sofrem queda na ingestão de matéria seca e apresentam balanço energético negativo, o aumento do teor de concentrado na dieta promoveria maior densidade energética da dieta, o que levaria à maior ingestão de energia durante o pré-parto. A maior ingestão de energia seria responsável por melhor balanço energético, menor incidência de doenças metabólicas e maior produção de leite no pós-parto.

No início da década de 90, um experimento muito interessante foi realizado por Bertics et al. (1992) para avaliar a contribuição da depressão da ingestão da matéria seca antes do parto sobre a produção de leite. Foram utilizadas 22 vacas multíparas recebendo a mesma dieta, com produção de leite próxima à lactação anterior, sendo que metade destas vacas possuía o rúmen canulado. Aos 16 dias pré-parto, os animais foram divididos em dois grupos, sendo alimentados com dieta constituída por 25% de concentrado e 75% de forragem, balanceada conforme as recomendações propostas pelo NRC (1989).

O primeiro grupo, chamado controle, alimentava-se *ad libitum*, sendo as sobras mensuradas diariamente. O outro grupo (alimentação forçada), com os animais contendo a cânula ruminal, recebia a dieta, se alimentava, e as sobras da dieta eram recolhidas e colocadas via cânula no rúmen, fazendo-se uma alimentação forçada. Dessa forma, o grupo com alimentação forçada sempre ingeria a totalidade da dieta fornecida.

Além da mensuração da ingestão de matéria seca, também foram determinadas nestes animais as concentrações plasmáticas de β -hidroxibutirato, AGNE, glicose, a concentração hepática de lipídios totais, triglicerídios e glicogênio durante o período de transição, bem como a produção de leite no pós-parto.

A ingestão de matéria seca foi significativamente superior para os animais que se alimentaram de maneira forçada quando comparados aos animais com alimentação *ad libitum*, havendo interação significativa entre o tempo e o tratamento. Além disso, os

animais que se alimentaram *ad libitum* apresentaram rápida queda na ingestão de matéria seca na última semana de gestação.

Nas últimas três semanas pré-parto, as concentrações hepáticas de triglicerídios aumentaram 227% para as vacas com alimentação não forçada contra 75% para os animais com alimentação forçada. No pós-parto, nenhuma variação significativa para estes parâmetros foi observada. Segundo os autores, estes resultados mostram que outros fatores além da ingestão estão relacionados com a etiologia da esteatose hepática.

A concentração plasmática de ácidos graxos aumentou durante o pré-parto, no entanto não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos. No pós-parto, no dia 14, os animais com alimentação forçada apresentaram concentrações superiores ($P < 0,05$) de AGNE sanguíneo. Para as concentrações de glicose, observou-se diferença significativa entre os tratamentos dois dias antes do parto. De acordo com Bertics et al. (1992), a maior concentração de glicose para os animais alimentados de maneira forçada pode estar relacionada à maior ingestão de matéria seca.

Os autores concluíram que a ingestão de matéria seca constitui fator crítico no desenvolvimento da esteatose hepática. Concluíram também que o melhor *status* de carboidrato dos animais, principalmente pela elevação sérica de glicose durante o final da gestação, poderia ser benéfico. Com isso, o aumento da quantidade de carboidratos não fibrosos (grãos) na dieta ou a utilização de aditivos gliconeogênicos seria vantajoso para o perfil metabólico dos animais. A partir destas conclusões, vários outros experimentos foram realizados na tentativa de se aumentar a densidade energética da dieta, por meio do maior fornecimento de gorduras, carboidratos não fibrosos, aditivos gliconeogênicos, entre outros.

O mecanismo principal proposto pelos experimentos com a utilização de aditivos gliconeogênicos e de carboidratos não fibrosos na dieta é a redução da mobilização das reservas corporais. Com o fornecimento de altos níveis de carboidratos na dieta, espera-se aumento na produção de propionato no rúmen. A maior produção de propionato levaria à maior gliconeogênese hepática, elevando as concentrações de glicose e desencadeando maiores concentrações plasmáticas de insulina (Ingvarsen e Andersen, 2000). Um dos efeitos do aumento da insulina seria sobre o metabolismo lipídico, inibindo a liberação de AGNE do tecido adiposo (Chilliard et al., 2000).

Dentre os aditivos utilizados em vários experimentos durante o período de transição, podem-se destacar os ionóforos e o propileno glicol. O propileno glicol é um diálcool com três carbonos, normalmente utilizado, em vários alimentos processados, como umectante, agente plastificante, conservante e, quando em grandes quantidades, como fonte para a síntese de carboidratos nos animais. Como veículo ou solvente, pode ser incorporado a medicamentos orais, tópicos ou injetáveis em quantidades de até 96% (Christopher et al., 1990).

Nos ruminantes, por ser composto gliconeogênico, o propileno glicol tem sido utilizado principalmente no tratamento de doenças metabólicas como a cetose (Johnson, 1954; Kauppinen e Gröhn, 1984) e a esteatose hepática (Herdt e Emery, 1992) no pós-parto. Pesquisas mais recentes têm sido realizadas com o fornecimento deste aditivo no pré e/ou pós-parto visando não só prevenir doenças metabólicas, mas também alcançar melhores desempenhos produtivos.

Até meados da década de 90, os trabalhos demonstravam efeitos gliconeogênicos e hiperinsulinêmicos do propileno glicol, porém não havia resultados disponíveis a respeito da dose e via de administração mais indicadas. Grummer et al. (1994) avaliaram a administração de quatro doses de propileno glicol (0, 296, 592 e 887mL) por via oral em novilhas Holandesas sob restrição alimentar (50 a 70% do consumo voluntário). A restrição alimentar teve como objetivo mimetizar alterações de consumo e metabolismo energético que normalmente estão presentes durante o período de transição.

Foi encontrado efeito linear positivo da dose de propileno glicol nos níveis plasmáticos de glicose e insulina, e negativo para β -hidroxibutirato e AGNE. A maior resposta por mililitros de propileno glicol ocorreu na dose de 296mL, embora apenas a maior dose (887mL) tenha sido eficiente para restaurar o perfil metabólico pré-restrição alimentar. Entretanto, estes autores concluíram que doses de 296mL foram tão efetivas quanto 887mL na redução da mobilização de gordura durante o período de restrição alimentar.

Nos experimentos realizados com a utilização de propileno glicol para vacas leiteiras, o seu fornecimento tem sido variável. As maneiras mais comuns de administração têm sido por meio de “drench”, ração total, misturado apenas no concentrado, ou por meio de cânulas ruminais. Christensen et al. (1997), fornecendo 2,5mL de propileno glicol/Kg PV^{0,75} (cerca de 341mL para vacas e 307mL para novilhas), avaliaram diferentes formas de fornecimento (“drench”, por meio de concentrado separado da forragem ou como parte da ração total). A administração na forma de “drench” ou concentrado produziu níveis de insulina superiores aos observados no fornecimento do aditivo como parte da ração total (TMR), sendo mais eficientes ainda na redução dos níveis plasmáticos de AGNE em vacas sob restrição alimentar. Entretanto, não foram observadas diferenças entre as concentrações sanguíneas de β -hidroxibutirato e glicose.

Quanto ao ambiente ruminal, houve decréscimo da porcentagem de acetato e da relação acetato:propionato com aumento da porcentagem molar de propionato e isoalato. Estes resultados foram mais significativos nos animais tratados com o propileno glicol fornecido como “drench” ou como concentrado fornecido separado do volumoso.

Apesar dos resultados obtidos por Grummer et al. (1994) e da facilidade de se fornecer propileno glicol como parte do concentrado, vários são os relatos quanto à rejeição ao aditivo fornecido na dieta devido à sua baixa palatabilidade (Johnson,

1954; Emery et al., 1964; Fisher et al., 1971, 1973). Considerando-se que vacas de alta produção no período de transição já apresentam queda significativa na ingestão de matéria seca, o fornecimento de aditivos pouco palatáveis não seria uma prática aconselhável. Entretanto, o fornecimento de quantidades pequenas de propileno glicol não tem afetado o consumo alimentar durante os períodos experimentais.

O fornecimento de propileno glicol durante o período de transição tem apresentado efeitos variados sobre os parâmetros sanguíneos, a incidência de doenças metabólicas, a produção e a constituição do leite. Studer et al. (1993) forneceram um litro de propileno glicol como “drench” durante os 10 dias antes do parto e observaram redução significativa nos níveis plasmáticos de β -hidroxibutirato (BHBA) e AGNE, assim como aumento nas concentrações de insulina durante o tratamento. Além disso, houve redução no acúmulo de triglicerídios de 32 a 42% no primeiro e no 21^o dia pós-parto, respectivamente.

Juchen (2000), fornecendo 300 mL de propileno glicol na forma de “drench” para vacas no período pré-parto, observou maiores concentrações plasmáticas de glicose e menores de BHBA, havendo efeito da interação tempo x tratamento. O fornecimento do aditivo implicou ainda maiores concentrações de insulina e menor atividade da aspartato aminotransferase que os demais tratamentos.

Quanto à produção de leite, Emery et al. (1964) observaram efeito sobre a produção de leite em apenas um dos três rebanhos avaliados, enquanto, em outros trabalhos (Studer et al., 1993; Formigoni et al., 1996, Juchen, 2000), verificaram-se diferenças significativas na produção de leite e seus componentes.

Outros aditivos utilizados durante o período de transição são os ionóforos, antibióticos coccidiostáticos constituídos de poliéteres carboxílicos produzidos por várias cepas de *Streptomyces sp.* Dentre os vários ionóforos conhecidos, cerca de 120 formas naturais (Nagaraja et al., 1997), os mais utilizados na alimentação de bovinos são a monensina, lasalocida, salinomocina e a narasina (Rodrigues, 2000).

Por definição, os ionóforos são moléculas de baixo peso molecular capazes de interagir estequiometricamente com íons metálicos, servindo como transportadores, mediante os quais estes íons podem ser levados através de uma membrana lipídica bimolecular (Rodrigues, 2000).

As respostas encontradas com a utilização dos ionóforos são bastante variáveis, fenômeno que pode ser explicado em parte pelos diferentes protocolos, doses e tipos de ionóforos utilizados, condições experimentais, diferenças nas dietas e condições fisiológicas dos animais em que são realizados os experimentos com estes aditivos.

Goodrich et al. (1984) revisaram as respostas obtidas em experimentos, envolvendo mais de 16.000 animais, durante a década de 1970 e início dos anos 1980. Estes autores observaram que rebanhos alimentados com dietas contendo monensina obtiveram ganhos de peso cerca de 1,6% maiores, consumiram 6,4% menos

alimentos e necessitaram de 7,5% menos alimentos/100kg de ganho quando comparados com os animais alimentados com dietas-controle.

Ainda segundo Goodrich et al. (1984), a utilização de monensina resultou em aumento na relação alimento/ganho de 2,9Mcal de energia metabolizável/kg de matéria seca (MS) da dieta. As concentrações de monensina utilizadas nestes experimentos foram variadas ($31,8 \pm 7,5$ mg/kg de MS), sendo que altas concentrações não promoveram maiores aumentos na conversão alimentar em relação às menores concentrações.

O modo de ação dos ionóforos parece ter interferido no fluxo iônico normal e na dissipação do gradiente de prótons e cátions através da membrana dos microrganismos. A grande importância destes sistemas para os microrganismos é que eles são os responsáveis pelo aporte de aminoácidos, açúcares e outros íons contra um gradiente de concentração. Como esta interferência pode ser compensada às custas de ATP, as células que possuem um sistema de transporte de elétrons acoplado à extrusão de prótons e/ou síntese de ATP terão melhores condições de sobreviver, apesar das maiores exigências em energia, em detrimento das células que dependem da fosforilação no nível de substrato, via ATPase (Bergen e Bates, 1984).

Os ionóforos exercem ação seletiva sobre as bactérias, de forma que as Gram negativas sobrevivem graças ao fato de o sistema enzimático fumarato-redutase, que acopla o transporte de elétrons à extrusão de prótons via membrana plasmática, ser mais prevalente neste tipo de microrganismo (Rodrigues, 2000). Entretanto, este não seria o único mecanismo responsável pela resistência deste tipo de bactéria, sendo que a presença da parede celular seria uma importante barreira na ação dos ionóforos (Russell e Strobel, 1988).

Diferentemente das Gram negativas, as bactérias Gram positivas possuem capacidade restrita de gerar gradientes de prótons e, portanto, dependem de um gasto direto de ATP para promover o transporte ativo através da membrana (Rodrigues, 2000), o que as torna mais sensíveis à presença dos ionóforos. Com isso, os ionóforos conseguem inibir bactérias ruminais produtoras de hidrogênio, formato, acetato, butirato, lactato e amônia, mas as produtoras de succinato e propionato, bem como os organismos utilizadores de lactato, seriam resistentes a estes antibióticos (Russell e Strobel, 1988).

Classicamente os ionóforos são conhecidos por alterarem a proporção molar de ácidos graxos voláteis (AGV) produzidos no rúmen, devido ao aumento do ácido propiônico em detrimento dos ácidos acético e/ou butírico, geralmente sem causar grandes alterações sobre a produção total de AGV (Schelling, 1984).

Este aumento na produção de propionato ruminal interessa aos pesquisadores que trabalham com período de transição. Os maiores níveis de propionato no rúmen disponibilizariam maior massa de glicose para o animal, resultando em elevação das concentrações plasmáticas de glicose, aumento do balanço energético, da condição corporal e da produção de leite (Bagg, 1997). Além disso, a massa de ionóforos

utilizados na dieta é mínima, ponto importante para o animal que apresenta queda na ingestão de matéria seca tão grande durante o período de transição.

A utilização de cápsulas intrarruminais de monensina durante o período de transição ou somente no pós-parto tem levado ao decréscimo na incidência de cetose subclínica (Duffield et al., 1998b). Em adição à menor concentração plasmática de β -hidroxibutirato, a utilização da monensina tem promovido o aumento nas concentrações de glicose no período pré e pós-parto (Duffield et al., 1998a). No entanto, estes resultados também não são constantemente observados nos experimentos realizados durante o período de transição. Resultados diferentes dos primeiros experimentos foram observados por Duffield et al. (2003) quando os ionóforos não foram capazes de melhorar significativamente o perfil metabólico de vacas no período de transição alimentadas com monensina.

Outro exemplo da variação das respostas encontradas com a utilização de ionóforos é o experimento conduzido por Vallimont et al. (2001), que, utilizando 300 mg/dia de monensina na dieta de vacas no período de transição, não observaram diferença significativa nas concentrações plasmáticas de AGNE entre os tratamentos.

Ainda na tentativa de aumentar as concentrações plasmáticas de glicose e insulina para diminuir a mobilização das reservas corporais, vários experimentos têm sido realizados utilizando dietas ricas em carboidratos não fibrosos durante o período de transição. Minor et al. (1998) observaram queda significativa nas concentrações sanguíneas de AGNE quando foram utilizadas dietas ricas em carboidratos no período de transição. No entanto, não houve diferenças entre os tratamentos para os níveis de AGNE no pós-parto imediato. Mais estudos realizados na mesma linha de pesquisa têm apresentado grandes variações nos resultados, ocorrendo ou não diferenças significativas nos níveis plasmáticos de AGNE após o parto (Tabela 8). A mesma variação tem sido evidenciada quanto ao conteúdo de triglicerídios no fígado.

As falhas nas respostas à utilização de maiores concentrações de carboidratos na dieta podem estar relacionadas às grandes variações endócrinas do período de transição. Dentre estas variações, pode se destacar a resistência à insulina, o que faz com que as variações na concentração dos níveis séricos de insulina sejam menos eficientes na prevenção da mobilização das reservas corporais (Friggens et al., 2005).

A utilização de dietas ricas em carboidratos não fibrosos tem se mostrado mais eficiente em promover aumentos significativos na ingestão de matéria seca durante o período de transição. No entanto, estes efeitos não têm se estendido para o pós-parto (Tabela 9).

Quanto à produção de leite, os resultados da utilização de dietas mais ricas em grãos também não têm se mostrado consistentes (Tabela 9).

Tabela 8. Resultados de pesquisas com fornecimento de dietas com altos teores de carboidratos não fibrosos (CNF) durante o período de transição e seus efeitos sobre as concentrações plasmáticas de insulina e ácidos graxos não esterificados (AGNE) no pós-parto.

Referências	Insulina	AGNE
Kunz et al. (1985)	----	↓
Grum et al. (1996)	↑	----
Minor et al. (1998)	----	↓
Dann et al. (1999)	----	----
Vandehaar et al. (1999)	----	----
Holcomb et al. (2001)	↑	↓
Rabelo et al. (2001)	----	----

--- : sem alteração

Outra forma de se aumentar a densidade energética de uma dieta é por meio da maior inclusão de gordura (Chilliard, 1993). Este artifício também foi proposto para ser utilizado durante o período de transição, uma vez que se torna possível aumentar a quantidade de energia fornecida na dieta sem aumentar a quantidade de alimento fornecido (Kronfeld, 1982).

Os ácidos graxos de cadeia longa fornecidos na dieta são absorvidos com a produção de quilomícrons e liberados na corrente linfática. Com isso, os ácidos graxos de cadeia longa seriam disponibilizados diretamente para os tecidos periféricos, sem sua passagem pelo fígado (Kronfeld, 1982). Com o aumento da disponibilidade de energia para os tecidos periféricos, a mobilização das reservas corporais diminuiria, reduzindo também as concentrações de AGNE no plasma (Kronfeld, 1982).

Alguns experimentos tentaram comprovar esta hipótese (Skaar et al., 1989; Douglas et al., 1998), mas a adição de gordura na dieta não levou ao decréscimo plasmático de AGNE durante o período de transição. No entanto, em experimento realizado por Grum et al. (1996) com a adição de gordura na dieta, observaram-se resultados interessantes. Nesse experimento, foram utilizadas 30 vacas multíparas no período de transição, divididas em três grupos, que receberam as seguintes dietas durante o pré-parto: dieta rica em carboidratos não fibrosos (grãos), dieta rica em gordura (6,5% de gordura) e a dieta-controle.

Durante o período experimental, foi estudada a ingestão de matéria seca, a produção de leite, as concentrações plasmáticas de insulina, glicose e AGNE, bem como a proporção de lipídios no fígado. A ingestão de matéria seca diminuiu significativamente nos animais alimentados com a dieta rica em gordura quando comparada ao tratamento rico em carboidratos não fibrosos.

Tabela 9. Resultados de pesquisas recentes examinando o fornecimento de dietas com altos ou baixos teores de carboidratos não fibrosos (CNF) durante o período de transição e seus efeitos sobre a ingestão de matéria seca (IMS), produção de leite e concentração de triglicerídios (TG) hepáticos.

Referências	CNF (%MS ³)	FDN (%MS ³)	IMS pré-parto (kg/d)	IMS pós-parto (kg/d)	Leite (kg/d)	TG hepático (%MS ³)
Grum et al. (1996) ¹	18	60	9,7	17,9	35,1	5,9
	28	50	11,6*	18,7	35,5	7,3
Minor et al. (1998) ²	35	49	10,2	----	----	6,2
	44	30	13*	----	----	5,6
Mashek e Beede (2000) ²	35	39	----	----	37,4	----
	38	35	----	----	37,4	----
Keady et al. (2001) ²	13	61	9,28	15,2	27,4	----
	28	47	11,03*	15,1	28,0	----
Holcomb et al. (2001) ²	25	44	10,7	21,2	35,8	----
	30	39	14,1*	20,5	29,9	----
Doepel et al. (2002) ²	24	52	13,9	13,3	30,9	9,8
	30	44	12,8	14,4	33,8	7,1*
Rabelo et al. (2003) ²	38	40	11,3	16,2	41,4	9,2
	40	32	13,0*	16,7	39,4	8,7
Douglas et al. (2004) ¹	24	47	15,1	21,1	40,2	5,4
	31	41	13,9	20,9	40,0	7,6
Smith et al. (2005) ²	34	44	13,8	19,2	41,8	----
	40	37	13,7	18,7	40,6	----

¹Fornecimento da dieta a partir do início do período seco; ²Fornecimento da dieta a partir da terceira semana pré-parto; ³Porcentagem de matéria seca, FDN fibra insolúvel em detergente neutro.

*Diferença significativa (P<0,05) entre os tratamentos com baixo e alto teor de carboidratos não fibrosos.

Fonte: Grummer e Kulick (2006).

A dieta rica em gordura proporcionou aumento significativo nas concentrações plasmáticas de AGNE antes do parto, sendo iguais nos outros tratamentos no período pós-parto. As concentrações plasmáticas de glicose permaneceram iguais entre os tratamentos, e a concentração de insulina foi mais alta no pré e pós-parto para a dieta rica em grãos em relação à dieta com gordura. Imediatamente após o parto, as concentrações hepáticas de lipídios totais e triglicerídios foram significativamente menores nos animais alimentados com a dieta rica em gordura.

Aparentemente, a maior concentração de AGNE no pré-parto proporcionou a adaptação do fígado quanto à metabolização e exportação dos AGNE (Grum et al., 1996). Entretanto, não ficou claro neste experimento se a maior concentração sérica de AGNE era determinada pela inclusão de gordura na dieta ou pela menor ingestão de matéria seca, que promoveu maiores mobilizações das reservas corporais.

Com isso, os autores concluíram que o metabolismo lipídico foi alterado nas vacas alimentadas com dieta rica em gordura durante o período seco, mas que não era possível distinguir se este efeito foi causado pela composição da dieta ou pela ingestão de nutrientes durante o período experimental.

Em experimento subsequente, Douglas et al. (1998) postularam que a maior concentração plasmática de AGNE foi promovida principalmente pela menor ingestão de matéria seca durante o pré-parto, sendo esta a grande responsável pela redução dos lipídios hepáticos no pós-parto. Outros estudos também têm demonstrado que promover menor ingestão de matéria seca durante o pré-parto leva ao menor acúmulo de lipídios no fígado, melhorando sua resposta metabólica (Friggens et al., 2005). Entretanto, a prescrição de restrição alimentar para animais que sabidamente estão em balanço energético negativo parece contrassenso.

Grummer e Kulick (2006) apresentaram nova interpretação para os resultados obtidos por Bertics et al. (1992), comparando-os aos de Grum et al. (1996). Segundo os autores, nos dois experimentos, pode-se observar que a ingestão de matéria seca durante o pré-parto foi mais constante para os animais com restrição alimentar (Bertics et al., 1992) e para os animais com dieta rica em gordura (Grum et al., 1996). Quando se comparam os dados, é possível observar que nestes animais a queda na ingestão de matéria seca foi menor nos últimos dias de gestação.

De acordo com estes dados, nem a maximização da ingestão de matéria seca nem a restrição alimentar seriam medidas totalmente corretas, mas sim a tentativa de fazer com que a queda na ingestão de matéria seca seja a menor possível no final do período pré-parto.

No entanto, de acordo com Friggens et al. (2005), os resultados dos experimentos com período de transição apresentados sugerem que a queda na ingestão de matéria seca e a concomitante mobilização das reservas corporais não se devem unicamente ao mau manejo alimentar, existindo outros fatores importantes neste período.

Hayirli et al. (2002), na tentativa de relacionar os fatores animais e da dieta que influenciam na ingestão de matéria seca durante o período de transição, avaliaram os dados gerados por 16 experimentos diferentes conduzidos em diversas universidades norte-americanas, totalizando 699 animais recebendo 19 dietas diferentes. Como conclusão, obtiveram que a dieta, a ordem de parto e a condição de escore corporal afetam a ingestão no período de transição, mas que 51% da depressão da ingestão de matéria seca pode estar relacionada com o proximidade do parto (Figura 1), ou seja, a variação hormonal dos animais ao longo do período de transição.

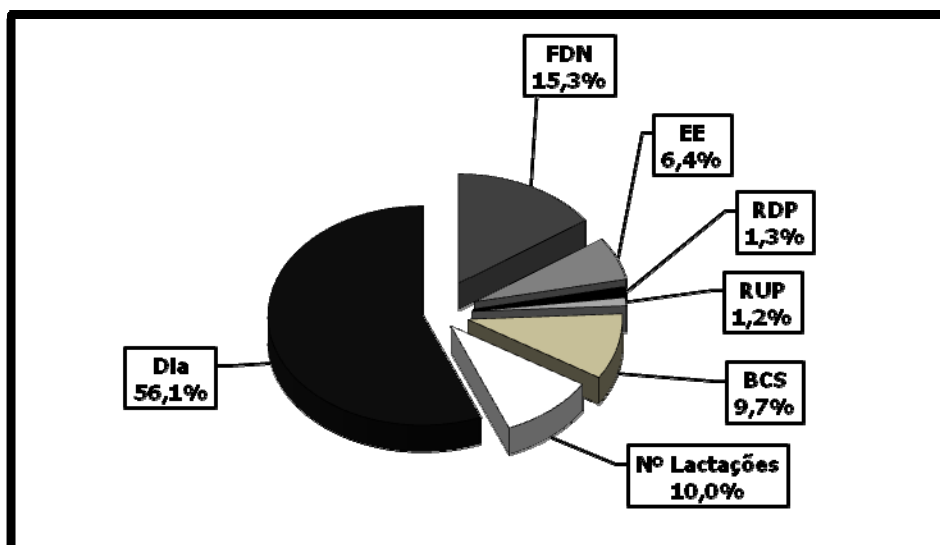


Figura 1. Influência (%) de fatores relacionados ao animal, dia, número de lactações, condição de escore corporal (BCS), e fatores relacionados à dieta, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), proteína degradável (RDP) e não degradável (RUP) no rúmen com a variação da ingestão de matéria seca no pré-parto em relação ao dia de gestação.

Fonte: Hayirli et al. (2002).

Evidências indicam que a queda da ingestão de matéria seca durante o período periparturiente é um fenômeno natural, comum a várias espécies (Ingvartsen e Andersen, 2000). O incomum é a dimensão da mobilização de reservas corporais e o grande balanço energético negativo que as vacas apresentam neste período. Apesar da grande importância desse período nas vacas, as razões para o declínio da ingestão de matéria seca durante o período de transição ainda não foram elucidadas (Grummer et al., 2004).

Forbes (1978) relatou que o motivo da queda do consumo durante o período de transição está relacionado fisicamente com o crescimento do útero gravídico. Em vacas Holandesas, somente o feto, o líquido amniótico e os anexos placentários podem apresentar um peso aproximado de 70kg. O grande volume uterino seria o responsável pela compressão dos órgãos abdominais. O rúmen, maior órgão da cavidade abdominal, seria pressionado, diminuindo a capacidade de ingestão do animal.

Entretanto, existem grandes diferenças entre a velocidade de crescimento fetal e a queda na ingestão de matéria seca durante o período final da gestação. Além disso, se o útero gravídico fosse o responsável pela menor ingestão, este efeito seria praticamente retirado no momento do parto. No entanto, o que se observa é que a retomada do consumo se dá de forma muito mais lenta do que a involução uterina.

Embora trabalhando com vacas de corte, Stanley et al. (1993) evidenciaram a pouca influência do útero gravídico sobre a ingestão de matéria seca durante o período de transição. Esses pesquisadores mensuraram a capacidade de enchimento ruminal (Tabela 10), não observando alterações suficientemente grandes para explicar a queda na ingestão de matéria seca durante o período de transição.

Tabela 10. Alterações na capacidade de enchimento ruminal de uma vaca Holandesa durante o pré e pós-parto.

Capacidade ruminal	Dias				
	-34	-20	-6	8	22
Litros	108	106	102	142	133
% Capacidade	57,3	55,5	53,1	51,0	58,9

Fonte: Stanley et al. (1993).

De acordo com Hayirli et al. (2002), 51% da variação da ingestão de matéria seca durante o período de transição pode ser relacionada aos dias próximos ao parto. Quando se considera o animal durante o período de transição, observa-se que as maiores mudanças que ocorrem nos dias próximos ao parto são endócrinas, que, por sua vez, promovem mudanças metabólicas.

6 – DIETAS NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO

Devido à grande variação na ingestão de matéria seca ao longo do período de transição (principalmente no pré-parto) e ao rápido aumento de demanda de nutrientes pela glândula mamária e útero gravídico com a proximidade do parto, a formulação de dieta única que atenda perfeitamente as exigências das vacas leiteiras neste período se torna muito difícil no dia a dia de uma propriedade leiteira. Para que as necessidades nutricionais dos animais sejam supridas de forma correta, seria necessária a formulação de dietas diariamente, levando em consideração as necessidades dos animais e os dias em relação ao parto. A formulação diária da dieta é uma prática inviável na bovinocultura, por isso deve-se trabalhar com valores médios referentes ao pré-parto.

Apesar de existirem algumas críticas referentes às recomendações do NRC (2001) quanto às exigências nutricionais do período de transição (Tabela 12), especialmente no pré-parto, os valores nutricionais médios preconizados servem de base para a formulação das dietas no pré-parto, apresentando bons resultados e sendo utilizados pela grande maioria dos nutricionistas.

Outro grande problema na formulação de dietas para o pré-parto é a ingestão de matéria seca. Como os animais apresentam queda acentuada na ingestão, torna-se difícil o fornecimento das quantidades adequadas de alimento para os animais. A formulação da dieta fica ainda mais difícil ao se considerar os dias em relação ao parto, uma vez que os animais estão alocados em lotes e que cada animal apresenta

um dia diferente pré-parto, ou seja, cada um tem uma quantidade de ingestão de matéria seca predita diferente. Além disso, se for fornecida uma quantidade excessiva de matéria seca, a ingestão de energia e proteínas poderá ser muito alta, o que é contraindicado para animais no pré-parto. Uma boa alternativa para se contornar este problema é a utilização de um valor único de ingestão de matéria seca, independente do dia em relação ao parto. A utilização de 11kg de matéria seca por dia na formulação de dietas do pré-parto tem sido muito comum e vem apresentando bons resultados em múltíparas. Já para as primíparas, a ingestão de 9kg de matéria seca ao dia parece a mais adequada para a formulação de dietas dos lotes de pré-parto.

Apesar dos valores médios de ingestão de matéria seca acima citados, faz-se necessário o acompanhamento das sobras de dieta deixadas pelos animais. Quando a sobra for superior a 5% do fornecido, deve-se diminuir o fornecimento da dieta na tentativa de se diminuir o desperdício. No entanto, quando não for observada nenhuma sobra no cocho, a dieta não precisa ser alterada, desde que a quantidade de matéria seca seja a preconizada, uma vez que os trabalhos indicam que uma pequena restrição alimentar neste período pode ser benéfica ao animal.

Ainda sobre as primíparas no período de transição, deve-se, sempre que possível, privilegiar este tipo de animal por meio da formação de lotes exclusivos com esta categoria. Tal medida vale tanto para animais no pré quanto no pós-parto. Tal simples medida promoverá a maior ingestão de matéria seca ao longo de todo o período de transição e lactação subsequente, já que diminuirá a competição com animais adultos.

Tabela 11. Níveis mínimos propostos pelo NRC (2001) para primíparas (625kg) no período de transição (270 dias de gestação) com ingestão de matéria seca diária de 10,6kg e 3,5 de escore de condição corporal.

Nutriente	Recomendações
NEL (Mcal/kg)	1,54 – 1,62
Proteína bruta (%)	13,5 – 15,0
Proteína degradável no rúmen – PDR (%)	10
Proteína não degradável no rúmen – PNDR (%)	3,5
FDN (%)	25 – 33
FDA (%)	17 – 21
Carboidrato não fibroso – CNF (%)	36 – 43

FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; NEL: energia líquida.
Fonte: Adaptado de NRC (2001).

Tabela 12. Níveis mínimos propostos pelo NRC (2001) para multíparas (751kg) no período de transição (270 dias de gestação) com ingestão de matéria seca diária de 13,7kg e 3,5 de escore de condição corporal.

Nutrientes	Recomendações
NEL (Mcal/kg)	1,54 – 1,62
Proteína bruta (%)	12
Proteína degradável no rúmen – PDR (%)	10
Proteína não degradável no rúmen – PNDR (%)	2
FDN (%)	25 – 33
FDA (%)	17 – 21
Carboidrato não fibroso – CNF (%)	36 – 44

FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; NEL: energia líquida. Fonte: Adaptado de NRC (2001).

Outro ponto muito importante para a formulação de dietas no período de transição são os alimentos a serem utilizados. Estes variam de região para região, e também em função da disponibilidade devido a variações de preços ao longo do ano. Apesar de não haver grandes problemas com a alteração dos alimentos ao longo do ano, uma regra fundamental deve ser respeitada, independente do que for disponível: os principais alimentos utilizados na dieta do pós-parto imediato sempre serão os mesmos a serem utilizados na formulação da dieta do pré-parto.

A preocupação na utilização dos mesmos alimentos se deve à adaptação da microbiota ruminal ao longo do período de transição. A ideia inicial de se fornecer dietas balanceadas no período de transição visa, justamente, à adaptação ruminal, diminuindo a incidência de problemas metabólicos como a acidose ruminal, o deslocamento de abomaso e as laminites. Para que essa adaptação seja benfeita, pelo menos 50% dos alimentos utilizados na dieta pós-parto devem ser mantidos na dieta do pré-parto, sendo que nestes 50% sempre estarão os utilizados em maior volume, como os volumosos (silagem de milho, silagem de sorgo, cana-de-açúcar etc.) e os principais concentrados (derivados de soja e milho).

Apesar da preocupação com a adaptação ruminal, a utilização de alguns alimentos deve ser evitada ou até mesmo descartada no pré-parto, ainda que estes entrem na formulação da dieta pós-parto. Como principais exemplos estão a ureia e o bicarbonato. A primeira deve ser evitada devido a sua grande metabolização hepática, que está diminuída no período de transição, podendo levar a problemas metabólicos neste período. O segundo, o bicarbonato, deve ser evitado no pré-parto devido a suas cargas positivas, que levam à maior predisposição à retenção de placenta e hipocalcemia pós-parto.

Na escolha dos alimentos, devem-se privilegiar alimentos que sejam gliconeogênicos, ou seja, alimentos que estimulam a produção ruminal de propionato, como o milho. O fornecimento de substâncias gliconeogênicas leva à maior síntese hepática de glicose, o principal substrato energético ao longo do período de transição. As fontes

gliconeogênicas devem ser preferencialmente utilizadas não somente no período de transição mas também ao longo de todo o período de balanço energético negativo.

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de todos os estudos realizados com o período de transição, a formulação de dietas ideais neste período visando à maior produção de leite e à menor incidência de doenças metabólicas ainda é um desafio. Esta fase do período produtivo das vacas de leite ainda não foi totalmente elucidada e, por isso, qualquer mudança brusca no manejo dos animais nessa fase deve ser evitada. A principal recomendação sobre o período de transição é que nessa fase se faça a adaptação dos animais à nova dieta do pós-parto, sempre com a manutenção de um ambiente adequado para possibilitar uma boa ingestão de matéria seca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAGG, R. Mode of action of ionophores in lactation dairy cattle. In: USEFULNESS OF IONOPHORES IN LACTATING DAIRY CATTLE. SYMPOSIUM, 1997, Guelph. *Proceedings...* Guelph: Ontario Veterinary College, 1997. p.13-21.
- BAIRD, G.D.; VAN DER WALT, J.G.; BERGMAN, E.N. Whole body metabolism of glucose and lactate in productive sheep and cows. *Br. J. Nutr.*, v.50, p.249-265, 1983.
- BELL, A.W. Lipid metabolism in the liver and selected tissue in whole body of ruminants. *Prog. Lipid Res.*, v.18, p.117-164, 1980.
- BELL, A.W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim Sci.*, v.73, p.2820-2833, 1995.
- BELL, A.W.; SLEPETIS, R.; EHRHARDT, R.A. Growth and accretion of energy and protein in the gravid uterus during late pregnancy in holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.1954-1961, 1995.
- BERGEN, W.G.; BATES, D.B. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. *J. Anim. Sci.*, v.58, p.1465-1483, 1984.
- BERGMAN, E.N. The pools of cellular nutrients: Glucose. In: RIIS, P.M. *Dynamic biochemistry of animal production*, Amsterdam: Elsevier, 1983. p.173-196.
- BERGMAN, E.N.; ROE, W.E.; KON, W. Quantitative aspects of propionate metabolism and gluconeogenesis in sheep. *Am. J. Physiol.*, v.211, p.793-799, 1966.

BERTICS, S.J.; GRUMMER, R. R.; CADORNIGA-VALINO, C. et al. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.1914-1922, 1992.

BOBE, G.; YOUNG, J.W.; BEITZ, D.C. Invited review: pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows. *J Dairy Sci*, v.87, p.3105-3124, 2004.

BOTTS, R.L.; HEMKEN, R.W.; BULL, L.S. Protein reserves in the lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.*; v.62, p.433-440, 1979.

CADÓRNIGA-VALIÑO, C.; GRUMMER, R.R.; ARMENTANO, L.E. et al. Effects of fatty acids and hormones on fatty acid metabolism and gluconeogenesis in bovine hepatocytes. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.646-656, 1997.

CAMPBELL, R.M.; FELL, B.F. Observations on hypertrophy of the liver in breeding ewes. *Res. Vet. Sci.*, v.11, p.540-547, 1970.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; FAULCONNIER, Y. et al. Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.*, v.59, p.127-134, 2000.

CHRISTENSEN, J.O.; GRUMMER, R.R.; RASMUSSEN, F.E. et al. Effect of method of delivery of propylene glycol on plasma metabolites of feed-restricted cattle. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.563-568, 1997.

CHRISTOPHER, M.M.; ECKFELDT, J.H.; EATON, J.W. Propylene glycol ingestion causes D-lactic acidosis. *Lab. Invest.*, v.62, p.114-118, 1990.

DANN, H.M.; VARGA, G A.; PUTTNAM, D.E. Improving energy to late gestation and early postpartum dairy cows. *J Dairy Sci*, v.82, p.1765-1778, 1999.

DOEPEL, L.; LAPIERRE, H.; KENNELLY, J.J. Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.2315-2334, 2002.

DOUGLAS, G.N.; DRACKLEY, J.K.; OVERTON, T.R. et al. Lipid metabolism and production by Holstein cows fed control or high fat diets at restricted or ad libitum intakes during the dry period. *J. Dairy Sci.*, v.81, suppl. 1, 1998. p.295. (Abstract).

DOUGLAS, G.N.; OVERTON, T.R.; BATEMAN, H.G. et al. Peripartum metabolism and production of holstein cows fed diets supplemented with fat during the dry period. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.4210-4220, 2004.

DRACKLEY, J.K. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *J. Dairy Sci.*, v.82, p.2259-2273, 1999.

DRACKLEY, J.K.; BEITZ, D.C.; YOUNG, J.W. Regulation of in vitro palmitate oxidation in liver from dairy cows during early lactation. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.1884-1892, 1991.

DRACKLEY, J.K.; RICHARD, M.J.; BEITZ, D.C. et al. Metabolic changes in dairy cows with ketonemia in response to feed restriction and dietary 1,3-butanediol. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.1622-1634, 1992.

DUFFIELD, T.; BAGG, R.; KELTON, D. et al. A field study of dietary interactions with monensin on milk fat percentage in lactating dairy cattle. *J Dairy Sci.*, v.86, p.4161-4166, 2003.

DUFFIELD, T.F.; SANDALS, D.; LESLIE, K.E. Effect of prepartum administration of monensin in a controlled-release capsule on postpartum energy indicators in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, v.81, p.2354-2361, 1998a.

DUFFIELD, T.F.; SANDALS, D.; LESLIE, K.E. Efficacy of monensin for the prevention of subclinical ketosis in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2866-2873, 1998b.
EMERY, R.S.; BROWN, R.E.; BLACK, A.L. Detection, occurrence, and prophylactic treatment of bordiline ketosis with propylene glycol feeding. *J Dairy Sci*, v.47, p.1074-1079, 1964.

FISHER, L.J.; ERFLE, J.D.; SAUER, F.D. Effects of propylene glycol or glycerol supplementation of the diet of dairy cows on feed intake, milk yield and composition, and incidence of ketosis. *Can. J. Anim. Sci.*, v.53, p.289-296, 1973.

FISHER, L.J.; ERFLE, J.D.; SAUER, F.D. Preliminary evaluation of the addition of glucogenic materials to the rations of lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.*, v.51, p.721-727, 1971.

FORBES, J.M. Integration of metabolic and physical control into a model of feeding behaviour in ruminants. *J. Physiol.*, v.281, p.37-38, 1978.

FORMIGONI, A.; CORNIL, M.; PRANDI, A. et al. Effect of propylene glycol supplementation around parturition on milk yield, reproduction performance and some hormonal and metabolic characteristics in dairy cows. *J. Dairy Res.*, v.63, p.11-24, 1996.

FRIGGENS, N.C.; ANDERSEN, J.B.; LARSEN, T. et al. Priming the dairy cow for lactation: a review of dry cow feeding strategies. *Anim Res*, v.53, p.453-473, 2005.

GOODRICH, D.R.; GARRET, J.E.; GAST, M.A., et al. Influence of monensin on the performance of cattle. *J. Anim. Sci.*, v.58, p.1484-1497, 1984.

GRANT, R.J.; ALBRIGHT, J.L. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.2791-2803, 1995.

GRUM, D.E.; DRACKLEY, J.K.; CLARK, J.H. Fatty acid metabolism in liver of dairy cows fed supplemental fat and nicotinic acid during an entire lactation. *J Dairy Sci.*, v.5, p.3026-3034, 2002.

GRUM, D.E.; DRACKLEY, J.K.; HANSEN L.R. et al. Production, digestion, and hepatic lipid metabolism of dairy cows fed increased energy from fat or concentrate. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.1836-1849, 1996.

GRUMMER, R.R. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci*, v.76, p.3882-3896, 1993.

GRUMMER, R.R. Impact of changes organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.2820-2833, 1995.

GRUMMER, R.R.; KULICK, A. Alto teor de forragem ou alto teor de grãos para vacas no período de transição pré-parto? In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 10., 2006, Uberlândia, MG. *Anais...* Uberlândia: Conapex Jr; Botucatu: UNESP, 2006. p.71.

GRUMMER, R.R.; MASHEK, D.G.; HAYIRLI, A. Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim.*, v.20, p.447-470, 2004.

GRUMMER, R.R., WINKLER, J.C.; BERTICS, S.J. et al. Effect of propylene glycol dosage during feed restriction on metabolites in blood of prepartum holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.3618-3623, 1994.

HAYIRLI, A.; GRUMMER, R.R.; NORDHEIM, E.V. et al. Models for predicting dry matter intake of holsteins during the prefresh transition period. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.1771-1779, 2002.

HEITMANN, R.N.; DAWES, D.J.; SENSENIG, S.C. Hepatic ketogenesis and peripheral ketone body utilization in the ruminant. *J. Nutr.*, v.117, p.1174-1180, 1987.

HERDT, T.H. Fuel homeostasis in the ruminant. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim.*, v.4, p.213-231, 1988.

HERDT, T.H.; EMERY, R.S. Therapy of diseases of ruminant intermediary metabolism. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim.*, v.8, p.91-106, 1992.

HOLCOMB, C.S.; VAN HORN, H.H.; HEAD, H.H. et al. Effects of prepartum dry matter intake and forage percentage on postpartum performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.2051-2058, 2001.

HOUGH, G.M.; McDOWEL, G.H.; ANNISON, E.F. et al. Glucose metabolism in hind limb muscle of pregnant and lactating ewes. *Proc. Nutr. Soc. Aust*, v.10, p.239, 1985.

INGVARTSEN, K.L., ANDERSEN, J.B. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1573-1597, 2000.

JOHNSON, R.B. The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *Cornell Vet.*, v.40, p.6-21, 1954.

JUCHEM, S.O. *Suplementação de propileno glicol e monensina sódica para vacas leiteiras no período de transição*. 2000. 99f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

KATOH, N.; MINOURA, S.; UCHIDA, E. et al. Effect of estradiol administration and subsequent nonfeeding on liver estrogen receptor, serum apolipoprotein B-100, and serum triglyceride concentrations in steers. *Am. J. Vet. Res.*, v.54, p.1476-1482, 1993.

KAUPPINEN, K.; GRÖHN, Y. Treatment of bovine ketosis with invert sugar, glucocorticoids, and propylene glycol. *Acta Vet. Scand.*, v.25, p.467-469, 1984.

KEADY, T.W.J.; MAYNE, C.S.; FITZPATRICK, D.A. et al. Effect of concentrate feed level in late gestation on subsequent milk yield, milk composition, and fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.1468-1479, 2001.

KRONFELD, D.S. Major metabolic determinants of milk volume, mammary efficiency, and spontaneous ketosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.65, p.2204-2212, 1982.

KUNZ, P.L.; BLUM, I.C.; HART, H. et al. Effects of different energy intakes before and after calving on food-intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Anim. Prod.*, v.40, p.219-231, 1985.

LING, P.R.; BISTRAN, B.R.; BLACKBURN, G.L. et al. Effect of fetal growth on maternal protein metabolism in postparturient rat. *Am. J. Physiol.*, v.252, p.E380-E390, 1987.

MARQUARDT, J.R.; HORST, R.L.; JORGENSEN, N.A. Effect of parity on dry matter intake at parturition in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.60, p.929-934, 1977.

MASHEK, D.G.; BEEDE, D.K. Peripartum responses of dairy cows to partial substitution of corn silage with corn grain in diets fed during the late dry period. *J. Dairy Sci.*, v. 83, p. 2310-2318, 2000.

MINOR, D.J.; TROWER, S.L.; STRANG, B.D. et al. Effects of nonfiber carbohydrate and niacin on periparturient metabolic status and lactation of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.189-200, 1998.

MURONDOTI, A.; JORRITSMA, R.; BEYNEN, A.C. et al. Unrestricted feed intake during the dry period impairs the postpartum oxidation and synthesis of fatty acids in the liver of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.672-679, 2004.

MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A. et al. *Harper bioquímica*. 7.ed. São Paulo: Atheneu, 1994. 763p.

NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J. et al. Manipulation of ruminal fermentation In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. *Rumen microbial ecosystem*. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1997. p.523-632.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 1989. 157p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 260p.

NELSON, D.L.; COX, M.M. *Lehninger principles of biochemistry*. 4.ed. New York: W.H. Freeman, 2004. 976p.

OVERTON, T.R. Managing the metabolism of transition cows. In: WESTERN DAIRY MANAGEMENT CONFERENCE 6, 2003, Reno, NV. *Proceedings...* Chaipaign, IL: ADSA, 2003. p.7-16.

OVERTON, T.R.; DRACKLEY, J.K.; OTTEMANN-ABBAMONTE, C.J. et al. Substrate utilization for hepatic gluconeogenesis is altered by increased glucose demand in ruminants. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.1940-1951, 1998.

OVERTON, T.R.; WALDRON, M.R. Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.E105-E119, 2004.

PULLEN, D.L.; LIESMAN, J.S.; EMERY, R.S. A species comparison of liver slice synthesis and secretion of triacylglycerol from nonesterified fatty acids in media. *J Anim Sci*, v.68, p.1395-1399, 1990.

RABELO, E.; BERTICS, S.J.; MAKOVIC, J. et al. Strategies for increasing energy density of dry cow diets. *J Dairy Sci*, v.84, p.2240-2249, 2001.

RABELO, E.; REZENDE, R.L.; BERTICS, S.J.; GRUMMER, R.R. Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows. *J Dairy Sci*, v. 86, p. 916-925, 2003.

REYNOLDS, C.K.; AIKMAN, P.C.; LUPOLI, B. et al. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.1201-1217, 2003.

REYNOLDS, L.P.; FERREL, C.L.; ROBERTSON, D.A.; et al. Metabolism of the gravid uterus, foetus and utero-placenta at several stages of gestation in cows. *J. Agric. Sci.*, v.106, p.437-444, 1986.

RODRIGUES, P.H.M. *Efeitos dos níveis de monensina e proporções volumosos/concentrados na ração sobre a utilização dos alimentos e parâmetros da fermentação ruminal em animais ruminantes*. 2000. 169f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

RUKKWAMSUK, T.; WENSING, T.; GEELLEN, M.J. Effect of overfeeding during the dry period on regulation of adipose tissue metabolism in dairy cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2904-2911, 1998.

RUKKWAMSUK, T.; WENSING, T.; GEELLEN, M.J. Effect of overfeeding during the dry period on the rate of esterification in adipose tissue of dairy cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.1164-1169, 1999.

RUSSEL, J.B.; STROBEL, H.J. Effects of additives on in vitro ruminal fermentation: a comparison of monensin and bacitracin, another gram-positive antibiotic. *J. Anim. Sci.*, v.66, p.552-558, 1988.

SCHELLING, G.T. Monensin mode of action in the rumen. *J. Anim. Sci.*, v.58, p.1518-1527, 1984.

SEAL, C.J.; REYNOLDS, C.K. Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. *Nutr. Res. Rev.*, v.6, p.185-208, 1993.

SKAAR, T.C.; GRUMMER, R.R.; DENTINE, M.R. et al. Seasonal effects of prepartum and postpartum fat and niacin feeding on lactation performance and lipid metabolism. *J. Dairy Sci.*, v.72, p.2028-2038, 1989.

SMITH, K.L.; WALDRON, M.R.; DRACKLEY, J.K. et al. Performance of dairy cows as affected by prepartum dietary carbohydrate source and supplementation with chromium throughout the transition period. *J. Dairy Sci.*, v.88, p.255-263, 2005.

STANLEY, T.A.; COCHRAN, R.C.; VANZANT, E.S. et al. Periparturient changes in intake, ruminal capacity, and digestive characteristics in beef cows consuming alfalfa hay. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.788-795, 1993.

STRANG, B.D.; BERTICS, S.J.; GRUMMER, R.R. et al. Effect of long-chain fatty acids on triglyceride accumulation, gluconeogenesis, and ureagenesis in bovine hepatocytes. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.728-739, 1998a.

STRANG, B.D.; BERTICS, S.J.; GRUMMER, R.R. et al. Relationship of triglyceride accumulation to insulin clearance and hormonal responsiveness in bovine hepatocytes. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.740-747, 1998b.

STUDER, V.A.; GRUMMER, R.R.; BERTICS, S.J. et al. Effect of prepartum propylene glycol administration on periparturient fatty liver in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.2931-2939, 1993.

TUCKER, H.A. Endocrine and neural control of mammary gland. In: Larson, B.L. *Lactation*. Ames, IA: The Iowa State University Press, 1985. p.39-79,

VALLIMONT, J.E.; VARGA, G.A.; ARIELI, A.; et al. Effects of prepartum somatotropin and monensin on metabolism and production of periparturient holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.2607-2621, 2001.

VANDEHAAR, M.J.; DONKIN, S.S. Protein nutrition of dry cow. In: EASTRIDGE, M.L. (Ed.). TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 1999, Ft. Wayne, IN. *Proceedings ...* Columbus, OH: The Ohio State University, 1999. p.113-130,

VANDEHAAR, M.J.; YOUSIF, G.; SHARMA, B.K. et al. Effect of energy and protein density of prepartum diets on fat and protein metabolism of dairy cattle in the periparturient period. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.1282-1295, 1999.

VAZQUEZ-ANON, M.; BERTICS, S.J.; LUCK, M. et al. Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.1521-1528, 1994.

WOLFF, J.E.; BERGAMAN, E.N. Gluconeogenesis from plasma aminoacids in feed sheep. *Am. J. Physiol.*, v.223, p.455-460, 1972.

CAPÍTULO 8

MANIPULAÇÃO DA FERMENTAÇÃO RUMINAL

Bolivar Nóbrega de Faria¹, Leonardo Andrade Leite²

RESUMO

Este capítulo visa apresentar algumas técnicas utilizadas na tentativa de se maximizar a produção animal pela alteração do ambiente ruminal. Serão abordadas desde técnicas simples de manejo e alimentação, como o uso de dieta total, frequência de fornecimento de alimentos, até o uso de substâncias que atuam especificamente sobre a microbiota ruminal, como os ionóforos e os antibióticos não ionóforos.

INTRODUÇÃO

Os ruminantes possuem dois sistemas metabólicos que diferem em relação a suas exigências nutricionais: o metabolismo microbiano ruminal e o metabolismo dos tecidos animais. A busca pela maximização ou otimização da produtividade dos ruminantes envolve, obrigatoriamente, o fornecimento de alimentos e as condições que possam suprir as necessidades dos dois sistemas.

O rúmen é um ambiente aberto, servido e contaminado por um ecossistema no qual os alimentos consumidos são fermentados a ácidos graxos voláteis (AGV) e biomassa microbiana, servindo de fonte energética e proteica, respectivamente, para o animal (Weimer, 1998). A microbiota ruminal tem a capacidade de, por meio dos processos de fermentação e degradação ruminal, utilizar alimentos com baixo valor biológico para os ruminantes e transformá-los em proteína de alto valor biológico e energia, que serão utilizadas pelos bovinos para a síntese de leite e crescimento.

Na bovinocultura moderna, a tentativa da maximização da produção animal tem, muitas vezes, promovido grandes alterações no ambiente ruminal, com instabilidade da microbiota e queda do pH ruminal. Estas alterações fazem com que o metabolismo e o crescimento da microbiota ruminal sejam insuficientes para suportar altas produções, devido à menor produção de proteína microbiana e AGV. Essas alterações levam não só a menores desempenhos produtivos, mas, muitas vezes, a enfermidades clínicas e subclínicas, tais como a acidose aguda, crônica ou o timpanismo.

Nos ruminantes, os alimentos fornecidos são fermentados pelos microrganismos ruminais antes da sua digestão intestinal. A fermentação ruminal produz AGV,

¹Médico Veterinário, Dsc. Prof. Adjunto III, ReHAgro/PUC Minas 30310-300, Belo Horizonte, MG. bolivar.faria@gmail.com

²Médico Veterinário, DSc.

principalmente ácidos propiônico, butírico e acético, além de algumas vezes ácido lático, e essa produção de ácidos, somada aos ácidos presentes no alimento (silagens), promove um abaixamento do pH ruminal, a níveis, muitas vezes, inferiores a 5,5.

Além dos problemas relacionados à menor estabilidade do ambiente ruminal, práticas errôneas de manejo nutricional levam à menor eficiência de utilização de energia pelo rúmen, sendo essa menor eficiência mensurada pela maior taxa de produção de metano. A metanogênese é um processo que nutricionalmente implica perdas energéticas, sendo que a ingestão de grãos pode ser relacionada com a diminuição na concentração de metano no rúmen. Esse efeito pode ser relacionado com a habilidade dos microrganismos em fermentarem o amido, promovendo menor relação acetato/propionato por meio do aumento de propionato, observando-se a diminuição na produção de metano e o aumento na retenção da energia pelo animal.

Com o objetivo de se obter o máximo de eficiência na produção ruminal e animal, práticas modernas de alimentação têm sido utilizadas na tentativa de se manipular a fermentação do rúmen, melhorando o desempenho ruminal e a produção animal. Existem várias propostas de fermentação ruminal; as principais envolvem aumento da fermentação da fibra, redução da proteólise, diminuição da metanogênese e manutenção do pH ruminal (Weiner, 1998). Estas alterações na fermentação ruminal podem ser obtidas não somente por meio da utilização de aditivos, como ionóforos, probióticos e ácidos orgânicos, mas também por meio de medidas simples, como fornecimento de dietas completas, maior frequência de fornecimento de alimentos, utilização de fibra fisicamente efetiva e utilização de lipídios na dieta.

1 - DIETAS COMPLETAS

Segundo Spain (1997), em um sistema de alimentação, muitos fatores influenciam a ingestão de matéria seca. A formulação da dieta, a forma da mistura e a administração que assegurem uma função ruminal normal são prioridades para se alcançar máximo consumo e produtividade.

Um manejo alimentar bastante usual em sistemas menos tecnificados consiste no fornecimento de concentrado durante a ordenha, geralmente de acordo com os níveis de produção, ficando o volumoso disponível nos cochos durante todo o dia ou parte deste (Copcock et al., 1981). Entretanto, são apontadas algumas limitações dessa prática, como a rápida ingestão de alimentos ricos em carboidratos prontamente fermentáveis, levando frequentemente a marcantes flutuações na concentração de metabólitos ruminais com diminuição na ingestão de volumosos por várias horas após o fornecimento de concentrado, mesmo quando forragens frescas são oferecidas (Robinson, 1989).

Os termos de dieta completa, dieta total, ração total, ração completa e “total mixed rations” (TMR) referem-se ao fornecimento de volumosos, concentrados, suplementos

proteicos, vitaminas, minerais e outros aditivos em uma mistura única (Owen, 2009). Os ingredientes devem ser misturados o suficiente para prevenir separação e escolha, sendo a dieta fornecida *ad libitum* (Coopock et al., 1981).

A mistura de todos os ingredientes permite maior precisão no balanceamento da dieta, eliminando a seleção pelo animal. Cada porção ingerida é nutricionalmente adequada para um grupo particular de vacas agrupadas de acordo com as suas exigências (Coopock et al., 1981; Spain, 1997 e Owen, 2009), possibilitando variações na relação volumoso:concentrado. Quando os animais são agrupados de acordo com as exigências nutricionais, o uso de dietas completas permite formulações especiais para vacas de maior produção (que necessitam de dieta de maior densidade energética), principalmente no início da lactação (Coopock et al., 1981).

A maior frequência de consumo de pequenas quantidades da ração ao longo do dia proporciona maior ingestão de matéria seca (Coopock et al., 1981) por beneficiar a manutenção de um ambiente ruminal mais estável, prevenindo, assim, as desordens metabólicas. Isto é particularmente importante quando rações ricas em amido são fornecidas (Owen, 2009).

Além disso, o nitrogênio não proteico (NNP) é mais bem utilizado quando consumido frequentemente em pequenas proporções (Coopock et al., 1981; Owen, 2009) e de forma sincronizada com fontes de energia contendo amido (Coopock et al., 1981; Yan et al., 1998; Hristov et al., 2005). Do contrário, pode-se observar redução da atividade microbiana ruminal, levando à queda na ingestão dos alimentos e, conseqüentemente, da produção de leite (Yan et al., 1998).

2 - FREQUÊNCIA DE FORNECIMENTO DE ALIMENTOS

O aumento na frequência de fornecimento da dieta pode ter efeito estabilizador nos parâmetros da fermentação ruminal, o que pode ser explicado pela diminuição na quantidade de material fermentável ingerido a cada refeição, promovendo menores picos de fermentação. Assim, alimentações mais frequentes quando dietas ricas em carboidratos prontamente fermentáveis são oferecidas aumentam a relação acetato/propionato e diminuem as quedas acentuadas de pH do líquido ruminal (Liboux e Peyraud, 1999).

Comparando-se frequências diferentes de fornecimento de uma dieta completa (duas ou seis vezes ao dia), Liboux e Peyraud (1999) observaram marcante declínio do pH ruminal após cada alimentação quando a dieta foi fornecida duas vezes ao dia, persistindo por muitas horas e retornando gradualmente aos valores iniciais até a próxima refeição. Em contraste, o pH ruminal apresentou menores variações pós-prandiais quando do fornecimento de seis alimentações diárias. Apesar das menores flutuações com o aumento na frequência de fornecimento da dieta, a média diária dos valores de pH ruminal foram equivalentes entre os tratamentos. Resultados semelhantes foram obtidos por Shabi et al. (1998), que também registraram maior

estabilidade no pH ruminal com o aumento da frequência de fornecimento alimentar de duas para quatro vezes ao dia.

Além das alterações no pH ruminal, alimentações mais frequentes resultam em diminuição nas flutuações e na concentração ruminal de amônia (Hongerholt et al., 1998; Shabi et al., 1998; Liboux e Peyraud, 1999). Segundo Shabi et al. (1998), a maior frequência de fornecimento alimentar parece estar associada à melhor utilização do nitrogênio amoniacal.

De acordo com alguns pesquisadores (Shabi et al., 1998; Yan et al., 1998; Liboux e Peyraud, 1999), não houve efeito do maior número de fornecimento alimentar sobre a produção de AGV totais, ocorrendo alterações apenas na relação acetato/propionato.

Em relação à ingestão de matéria seca, Nocek e Braund (1985), comparando quatro frequências de fornecimento de uma dieta completa com 60% de concentrado na matéria seca, não observaram diferenças significativas entre as frequências estudadas. Istasse et al. (1986) compararam o fornecimento de concentrado duas vezes ao dia com o uso de dieta completa *ad libitum* e dois níveis de inclusão de concentrados (40 ou 60%). Com 40% de concentrado na dieta, não foram observados efeitos significativos na produção de leite. Entretanto, com 60% de concentrado, a produção de leite foi significativamente maior quando as vacas receberam dieta completa. Estes autores atribuíram tal efeito à maior ingestão de matéria seca da dieta completa, pois, quando a dieta foi fornecida apenas duas vezes ao dia, os animais passaram um período maior sem se alimentar devido ao efeito inibidor representado pela ingestão de grandes quantidades de concentrado.

3 - FIBRA FISICAMENTE EFETIVA

Os efeitos da quantidade e fonte de forragem na produção e manutenção da composição do leite são conhecidos há muito tempo. A falta de forragem (fibra) na dieta desencadeia uma cascata de eventos que conduzem a vários problemas de saúde, incluindo acidose ruminal, abscessos de rúmen e fígado, laminite e deslocamentos de abomaso. Isto acarreta desde a queda de produção e diminuição no teor de gordura do leite até, em casos extremos, a morte do animal (Mertens, 2000).

A utilização de dietas por vacas de leite é influenciada pela composição química e física da ração. Os carboidratos podem constituir cerca de 70% da matéria seca das rações do gado leiteiro, sendo as maiores fontes precursoras de energia. A partição de parte da matéria seca em carboidratos fibrosos e não fibrosos promove a separação entre os alimentos e suas frações com distintas propriedades nutricionais (Mertens, 2000).

Segundo Mertens (1997), a fibra pode ser definida nutricionalmente como sendo uma fração dos alimentos que é pouco digestível ou indigestível, ocupando espaço no trato gastrointestinal dos animais. Por meio da ingestão de partículas grandes, as vacas

mantêm uma manta de fibra entrelaçada flutuante no rúmen, que estimula a ruminação pelo atrito com sua parede e retém as partículas de menor tamanho, proporcionando tempo suficiente para sua digestão. Após vários ciclos de ruminação, as partículas fibrosas são reduzidas a um tamanho que permite sua saída do rúmen (Mertens, 2000).

Em função da importância da fibra é que muitos nutricionistas têm o princípio de manter a relação concentrado/volumoso na dieta em valores próximos a 40/60. Entretanto, este princípio é antigo e falho, sendo atualmente o nível de fibra da dieta melhor avaliado pelo teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN). O método primário de análise de fibras era o procedimento de fibra bruta (FB), sendo o mais adotado pela indústria na formulação de rações. No entanto, com o advento do sistema de determinação de FDN e da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), o sistema de fibra bruta tornou-se desacreditado pelos nutricionistas, pois este procedimento não computa uma porção variável de hemiceluloses e lignina (Eastridge, 1997).

A recomendação atual é a de que, para garantir o mínimo de fibra, a dieta deve conter entre 28 e 30% de FDN da matéria seca total da dieta, sendo que pelo menos 75% desta FDN devem ser oriundos de forragem. Todavia, mesmo quando dietas com teores mínimos de fibra são fornecidas, pode não haver fibra suficiente para promover ótima fermentação ruminal e produção. Isto se deve ao fato de a FDN ser um valor obtido por meio de análise química, não importando o tamanho das partículas. Dessa forma, forragens excessivamente picadas ou subprodutos fibrosos podem ter altos valores de FDN e, ainda assim, não apresentarem o mesmo efeito da fibra longa (Mertens, 2000).

Na tentativa de obter um valor que represente o mais próximo da realidade dos efeitos da fibra na dieta, criou-se a FDN fisicamente efetiva (FDNef). A FDNef é relacionada com as propriedades físicas da fibra que estimulam a ruminação e permitem a formação da manta fibrosa no rúmen. A principal resposta animal associada à FDNef é a ruminação (Mertens, 2000).

A FDNef é o produto do teor de FDN de um alimento por seu fator de efetividade. O fator de efetividade varia de zero, quando a FDN no alimento não estimula a ruminação, a um, quando a FDN promove o máximo de ruminação. Por ser relacionada ao teor de fibra, tamanho de partícula e sua redução em tamanho, a FDNef está relacionada à estratificação do conteúdo ruminal, que é um fator crítico na retenção seletiva de partículas pequenas no rúmen; à estimulação da ruminação e à motilidade ruminal.

A utilização de FDNef promove maior estimulação da ruminação que, por sua vez, estimula maior secreção de saliva. Por ser rica no tampão bicarbonato, a saliva é um fator importante na manutenção do pH ruminal em valores adequados para a fermentação. Portanto, a utilização de FDNef não só está relacionada à menor taxa de passagem dos alimentos no rúmen, com o seu maior aproveitamento, mas também à

maior estabilidade do pH ruminal, o que refletirá diretamente na saúde animal e no maior teor de gordura do leite. A recomendação básica é que as dietas de vacas em lactação devem possuir no mínimo 21% de FDNef para manutenção do pH ruminal e do teor de gordura do leite (Mertens, 2000).

Mesmo sendo um conceito mais refinado que a fibra bruta, os valores de FDNef preconizados podem ser inadequados em dietas com gramíneas com alta FDN associadas a grandes quantidades de grãos, devido ao excesso de carboidratos não estruturais de rápida fermentação. Neste caso, valores superiores de FDNef podem ser mais seguros. Uma opção para este tipo de dieta é a inclusão de subprodutos fibrosos como a polpa de cítrus ou a casca de soja em substituição à parte dos grãos, promovendo maior efetividade da fibra sem diminuir a quantidade de carboidratos não estruturais (Mertens, 2000).

4 – IONÓFOROS

São antibióticos coccidiostáticos constituídos de poliéteres carboxílicos produzidos por várias cepas de *Streptomyces sp.* Dentre os vários ionóforos conhecidos, cerca de 120 formas naturais (Nagaraja et al., 1997), os mais utilizados na alimentação de bovinos são monensina, lasalocida, salinomocina e narasina (Rodrigues, 2000).

Por definição, os ionóforos são moléculas de baixo peso molecular, capazes de interagir estequiometricamente com íons metálicos, servindo como transportadores, mediante os quais estes íons podem ser levados através de uma membrana lipídica bimolecular (McGuffey et al., 2001).

As respostas encontradas com a utilização dos ionóforos são bastante variáveis, fenômeno que pode ser explicado em parte pelos diferentes protocolos, dose e tipo de ionóforo utilizado, condições experimentais, diferenças nas dietas e condições fisiológicas dos animais em que são realizados os experimentos com estes aditivos.

Goodrich et al. (1984) realizaram uma extensa revisão sobre as respostas obtidas em experimentos com mais de 16.000 animais durante a década de 70 e início dos anos 80. Estes autores observaram que rebanhos alimentados com dietas contendo monensina obtiveram ganhos de peso cerca de 1,6% maiores, consumiram 6,4% menos alimentos e necessitaram de 7,5% menos alimentos/100kg de ganho quando comparados com os animais alimentados com dietas-controle.

Ainda segundo Goodrich et al. (1984), a utilização de monensina resultou em aumento na relação alimento/ganho de 2,9Mcal de energia metabolizável/kg de matéria seca (MS) da dieta. As concentrações de monensina utilizadas nestes experimentos foram as mais variadas ($31,8 \pm 7,5$ mg/kg de matéria seca), sendo que altas concentrações não promoveram maiores aumentos na conversão alimentar em relação às menores concentrações.

Quanto aos dados referentes ao metabolismo energético dos vários experimentos realizados com monensina, eles sugerem que a utilização deste aditivo promove aumento na digestibilidade da matéria seca, reduz a produção de calor e aumenta a energia líquida de manutenção da dieta. Os dados mostraram que o uso de ionóforos promove um efeito protetor sobre a proteína da dieta, além de reduzir a produção de ácido láctico, controlar a coccidiose, prevenir o timpanismo e controlar a mosca do chifre (Goodrich et al., 1984).

Segundo Schelling (1984), os mecanismos de ação dos ionóforos podem ser diferenciados em ação básica, ocorrendo na membrana celular dos microrganismos ruminais, e ação sistêmica, composta por sete maneiras de ação, todas resultantes da alteração do metabolismo bacteriano no rúmen, que acabam por afetar a resposta animal.

4.1 - Tipo básico de ação dos ionóforos

O modo de ação básico dos ionóforos parece interferir no fluxo iônico normal através da membrana dos microrganismos e dissipação do gradiente de prótons e cátions, sistemas estes responsáveis pelo aporte de aminoácidos, açúcares e outros íons contra um gradiente de concentração. Como esta interferência pode ser compensada às custas de ATP, as células que possuem um sistema de transporte de elétrons acoplado à extrusão de prótons e/ou síntese de ATP terão melhores condições de sobreviver, apesar das maiores exigências em energia, em detrimento das células que dependem da fosforilação no nível de substrato, via ATPase (Bergen e Bates, 1984).

De acordo com Rodrigues (2000), para que os ionóforos consigam desempenhar suas funções de maneira eficiente, eles devem formar complexos suficientemente estáveis com cátions e serem capazes de se dividir entre a superfície e o interior da membrana, ou seja, devem ter propriedade lipofílica e de superfície ativa. Quando complexados com o cátion, devem ser altamente lipofílicos, permitindo que a transferência de um cátion através da membrana ocorra a uma taxa suficientemente alta, o que é possível devido a rearranjos conformacionais da estrutura tridimensional da molécula.

Os íons metálicos como o potássio (K^+) e o sódio (Na^+) só podem se ligar aos ionóforos quando o grupo carboxil estiver dissociado. Entretanto, os ionóforos não possuem a mesma afinidade por todos os cátions. A afinidade da monensina pelo Na^+ é cerca de dez vezes maior que pelo K^+ , o que já não ocorre com a lasalocida, que possui alta afinidade pelo K^+ e a mesma afinidade pelo Na^+ ou pelo Ca^{++} (Bergen e Bates, 1984).

Tanto a monensina como a lasalocida são mais efetivas em pH baixo (Russel e Strobel, 1988), sendo que a quantidade de monensina necessária para causar uma inibição de 50% no crescimento em culturas de *Streptococcus bovis* é 16 vezes menor em pH 5,7 quando comparada a um pH de 6,7. Trabalhos prévios têm indicado que a lasalocida é menos afetada pelos aumentos de pH. Este tipo de ionóforo é ainda mais

lipofílico que a monensina, ligando-se mais firmemente às bactérias Gram positivas (Chow et al., 1994).

Os ionóforos exercem ação seletiva sobre as bactérias, de forma que as Gram negativas sobrevivem graças ao fato de o sistema enzimático fumarato-redutase, que acopla o transporte de elétrons à extrusão de prótons via membrana plasmática, ser mais prevalente neste tipo de microrganismo (Chen e Wolin, 1979). Entretanto, este não seria o único mecanismo responsável pela resistência deste tipo de bactéria, sendo a presença da parede celular uma importante barreira na ação dos ionóforos (Russel e Strobel, 1988).

Diferentemente das Gram negativas, as bactérias Gram positivas possuem uma capacidade restrita de gerar gradientes de prótons e, portanto, dependem de um gasto direto de ATP para promover o transporte ativo através da membrana (Hefner e Harold, 1982, citados por Rodrigues, 2000), o que as torna mais sensíveis à presença dos ionóforos.

Com isso, os ionóforos conseguem inibir bactérias ruminais produtoras de hidrogênio, formato, acetato, butirato, lactato e amônia, mas as produtoras de succinato e propionato, bem como os organismos utilizadores de lactato, seriam resistentes a estes antibióticos (Russel e Strobel, 1988).

4.2 - Ação sistêmica dos ionóforos

Conforme Schelling (1984), o tipo sistêmico de ação ocorre como consequência das alterações causadas na microbiota ruminal devido à forma básica de ação dos ionóforos, sendo que as principais modificações ocorrem na produção de AGV; no consumo dos alimentos; na produção de gases; nas digestibilidades; na utilização da proteína; no enchimento ruminal e na taxa de passagem; além de outras formas.

Classicamente os ionóforos são conhecidos por alterarem a proporção molar de AGV produzidos no rúmen, devido ao aumento do ácido propiônico (C₃) em detrimento dos ácidos acético (C₂) e/ou butírico (C₄), geralmente sem causar grandes alterações sobre a produção total de AGV (Schelling, 1984).

O ácido propiônico é o único AGV usado para a gliconeogênese no fígado ou para entrar diretamente no ciclo dos ácidos tricarbônicos e ser diretamente oxidado. Se houver maior produção de propionato, o animal terá, conseqüentemente, maior substrato para a glicólise, o que promove maior produção de fatores reduzidos, podendo levar a maiores produções de energia (Schelling, 1984).

Em uma vaca lactante, o propionato pode servir como fonte para a produção de cerca de 50% da glicose necessária para o metabolismo do animal. Como a glicose é necessária para a síntese da lactose e esta é a principal substância reguladora da osmolaridade e do volume do leite, a glicose pode ser, então, considerada o metabólito limitante da produção do leite. Dessa forma, o aumento de propionato no

rúmen promove um maior fluxo de glicose para o animal lactante, que resulta em elevação das concentrações plasmáticas de glicose, aumento do balanço energético, da condição corporal e da produção de leite (Bagg, 1997).

Schelling (1984), após realizar extensa revisão de literatura sobre a monensina, afirma que os ionóforos podem deprimir o consumo de alimentos na ordem de 10,7% quando os animais são alimentados com dietas com grandes proporções de concentrado, ou elevar o consumo em até 15% em dietas a pasto.

Rogers e Davis (1982) explicaram que a diminuição no consumo era provavelmente devido ao aumento do tempo de retenção dos alimentos no rúmen. Para Van Soest (1983), outra explicação para a menor ingestão seria devido à maior produção de ácido propiônico, que, por sua vez, aumentaria os níveis plasmáticos de glicose e estimularia os centros da saciedade.

O aumento de consumo dos animais em dietas predominantemente volumosas seria explicado pelas alterações na digestibilidade da forragem, já que os níveis de ácido propiônico não seriam suficientes para estimular o centro da saciedade (Schelling, 1984).

Além de maior produção de propionato, também se observa uma queda na produção de metano no rúmen. A extensão desta redução é variável, sendo encontrados valores entre 4 e 31% (Johnson e Johnson, 1995). Esta menor produção de metano seria responsável por um terço do aumento da energia utilizada por animais alimentados com monensina (Nagaraja et al., 1997).

Como os ionóforos não inibem as bactérias metanogênicas, a queda na produção do metano seria devido à redução de seus precursores, como o H_2 e o formato. Esta redução dos precursores de metano seria responsável por apenas 45% do efeito dos ionóforos sobre a produção de metano, sendo o restante consequência da menor ingestão de alimentos (Nagaraja et al., 1997). Além dos efeitos sobre a produção de metano, Chalupa et al. (1980) observaram menor produção de dióxido de carbono com altos níveis de ionóforos.

Os ionóforos podem causar pequena a moderada melhora na digestibilidade dos alimentos, dependendo das condições experimentais. Estas condições não estão definidas, podendo sofrer interferências de fatores como o consumo de alimentos, o enchimento ruminal, a taxa de passagem, entre outros (Rodrigues, 2000).

O aumento da digestibilidade dos alimentos obtidos com o emprego de ionóforos tem sido frequentemente explicado pelo aumento do tempo de retenção da MATÉRIA SECA no rúmen decorrente do menor consumo voluntário (Rogers e Davis, 1982).

Entretanto, Branine e Galyean (1983) observaram que a monensina aumentou em 1,4 a 1,6% o desaparecimento *in situ* da matéria seca do alimento em novilhos sob pastoreio, provavelmente pelo aumento da degradação da parede celular. Os autores

explicaram tal fato como sendo decorrente do aumento do pH ruminal e não da diminuição da taxa de passagem de fluidos.

Segundo Russel e Strobel (1989), muitos experimentos *in vivo* demonstraram não haver decréscimo na digestibilidade durante a suplementação com monensina, pois, quando a ingestão diminui, a taxa de passagem de sólidos no rúmen também é reduzida, havendo, assim, maior tempo para a digestão.

Diversos fatores podem alterar os efeitos dos ionóforos sobre a digestibilidade e degradabilidade dos alimentos. Rodrigues (2000), ao alimentarem bezerros e ovelhas com dietas peletizadas contendo 20, 40 e 60% de volumosos de alta e média qualidade, observaram que a monensina diminuía a digestibilidade da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) em dietas com grandes quantidades de concentrado, mas aumentava a digestibilidade destas frações fibrosas em dietas predominantemente volumosas. Os resultados foram explicados por um possível aumento no tempo de retenção da fibra no rúmen, fato esse considerado vantajoso nessas dietas.

Estudos têm demonstrado haver diminuição na digestibilidade da celulose no período de adaptação à monensina, porém este efeito já não foi mais detectado 21 dias após o período de adaptação (Schelling, 1984).

Além da interação com o nível de fibra da dieta, espera-se que a concentração do ionóforo também interfira nos resultados de digestibilidade, fato esse demonstrado por Faulkner et al. (1985), que, ao alimentarem bovinos adaptados à monensina e recebendo dietas ricas em fibras, observaram uma resposta quadrática para a digestibilidade da matéria orgânica e FDN. Neste experimento, foram encontrados melhores resultados quando se utilizaram doses intermediárias de monensina (100 mg/animal/dia), concluindo que o fornecimento de 200mg/animal/dia do aditivo é suficientemente alto para proporcionar uma menor digestão em animais submetidos a dietas ricas em fibra.

Uma considerável fração da proteína da dieta dos ruminantes é fermentada em amônia e AGV no rúmen. O excesso de amônia é absorvido pela parede ruminal e convertido em ureia no fígado. Parte da ureia é reciclada pelo organismo como constituinte da saliva ou através do sangue, sendo reutilizada pela microbiota ruminal. Quando há excesso de ureia sanguínea, essa pode ser eliminada na urina (Church, 1988).

Vários trabalhos têm demonstrado os efeitos benéficos dos ionóforos sobre a utilização da proteína pelo animal. O efeito dos ionóforos seria a redução da proteólise e, principalmente, da degradação dos peptídeos e a deaminação dos aminoácidos no rúmen (Nagaraja et al., 1997).

Vários pesquisadores observaram que o pico de concentração pós-prandial de peptídeos livres no rúmen foi duas vezes maior em animais alimentados com

monensina, aumentando-se, assim, o fluxo de peptídeos para o abomaso. No entanto, o aumento na taxa de passagem do nitrogênio proteico pelo rúmen é dependente do tipo de fonte proteica da dieta (Nagaraja et al., 1997).

As espécies de bactérias fermentadoras de carboidratos têm sido responsabilizadas como as principais bactérias produtoras de amônia no rúmen, principalmente a *Provetella ruminicola*. Esta bactéria Gram negativa, entretanto, não é sensível aos ionóforos (Nagaraja et al., 1997).

Russel et al. (1988), citados por Nagaraja et al. (1997), isolaram três espécies de Gram positivas (*Peptosestreptococcus anaerobius*, *Clostridium sticklandii* e *Clostridium aminophilium*) que são sensíveis à monensina e não são proteolíticas, mas possuem atividade específica na produção de amônia, sendo esta ação cerca de 20 vezes maior que a encontrada nas bactérias proteolíticas. A redução da degradação peptídica e a deaminação dos aminoácidos pelos ionóforos têm sido atribuídas à inibição destes microrganismos.

Os ionóforos têm sido ainda relacionados com um decréscimo da atividade da uréase ruminal. Isto pode ser o resultado de uma seleção desfavorável às bactérias ureolíticas ou da inibição do transporte de níquel para estas bactérias. Os ionóforos podem possuir efeito benéfico sobre a utilização da ureia pelos ruminantes, uma vez que as bactérias que hidrolisam a amônia por meio da uréase estão com menor atividade, diminuindo a velocidade de produção de amônia, promovendo, assim, sua maior assimilação pela microbiota ruminal (Nagaraja et al. 1997).

Além da menor deaminação, o uso de ionóforos pode promover maior absorção dos aminoácidos no intestino por ação direta destes aditivos sobre o animal. Da mesma forma que nas bactérias, os ionóforos podem atuar sobre os transportadores de aminoácidos, possibilitando sua maior absorção intestinal. Com isso, os ionóforos podem promover maior retenção de nitrogênio e eficiência na utilização dos aminoácidos. Considerando-se ainda que a utilização destes aditivos promova maiores concentrações plasmáticas de glicose, conseqüentemente níveis mais elevados de insulina também estarão presentes, o que acarretará em menor “turne over” proteico (Owens e Bergen, 1983, citados por Bergen e Bates, 1984).

Em pesquisas realizadas por Lemenager et al. (1978), citadas por Rodrigues (2000), novilhos recebendo dieta à base de 70% de volumoso de baixa qualidade demonstraram que a monensina diminuiu a taxa de passagem sólida e o volume do líquido ruminal em 43,6 e 26,2%, respectivamente, e apresentou tendência em diminuir a taxa de passagem de líquidos em 30,8%, porém nenhum efeito foi observado sobre a matéria seca no enchimento ruminal. Ao utilizarem dietas predominantemente concentradas, a monensina diminuiu significativamente a taxa de passagem de líquidos de 9,6 a 22,0%.

Entretanto, estudos realizados por Rogers et al. (1982) mostraram que a monensina não alterou o volume do líquido ruminal, a taxa de passagem de líquidos pelo rúmen, o

fluxo total de líquidos e o fluxo total de líquidos por Kg de matéria seca consumida em novilhos submetidos a uma dieta com 50% de volumoso. Estes pesquisadores afirmam que a taxa de passagem de líquidos seria diminuída em virtude de uma marcante redução na ingestão de água e no fluxo salivar decorrente da menor ingestão. Essa diminuição na ingestão de alimentos permitiria um aumento no tempo de retenção da matéria seca no rúmen, a qual seria em grande parte responsável pelos efeitos dos ionóforos.

4.3 - Outros métodos de ação dos ionóforos

Entre outros métodos de ação dos ionóforos, inclui-se a menor possibilidade de incidência de doenças, como cetose e acidose, e efeitos sobre alguns parasitas. Estas doenças podem, além de promover menores produções, acarretar maior taxa de descarte involuntário no rebanho e conseqüentemente comprometer de maneira significativa o rendimento econômico gerado por ele.

Duffield (1997) trabalhou fornecendo cápsulas de liberação lenta de monensina para 1100 vacas, durante três semanas pré-parto, e observou redução significativa na incidência de casos subclínicos de cetose, redução nas concentrações de β -hidroxibutirato e aumento dos níveis de glicose no sangue. Além disso, o autor encontrou maior produção de leite mesmo em animais com escore corporal mais alto. Estes efeitos dos ionóforos também foram evidenciados por Beckett et al. (1998), que encontraram menor ($p < 0,05$) incidência de cetose, distocias e outras patologias.

Na prevenção da acidose, tanto a monensina quanto a lasalocida conseguem inibir a maior parte das bactérias produtoras de lactato, como o *Streptococcus bovis* e os *Lactobacilos* spp., sem inibir as bactérias utilizadoras de lactato, como a *Megasphaera elsdenii*, *Anaerovibrio* spp e as *Selenomonas* spp (Goodrich et al., 1984).

5 - ANTIBIÓTICOS NÃO IONÓFOROS

A administração de antibióticos por via oral, sejam estes misturados aos alimentos ou acrescidos à água de beber, pode ser um meio efetivo de se prevenir complicações durante períodos de adaptação a novas dietas (Zinn, 1992). Além disso, o uso de antibióticos tem propiciado um menor custo de produção seja para a produção de carne, leite ou lã (Nagaraja et al., 1997).

Os antibióticos não ionóforos aprovados para o uso em dietas de ruminantes representam um grupo muito diverso, possuindo diferentes características químicas, espectro antimicrobiano, modo de ação, peso molecular e habilidade de ser absorvido pelo intestino. Os antibióticos que, em baixas concentrações, ou mesmo em níveis terapêuticos, não são absorvidos pelo intestino são mais aceitos para utilização como aditivo alimentar de bovinos devido ao menor período de carência e à ausência de resíduos nos produtos de origem animal (Nagaraja et al., 1997).

Segundo Nagaraja et al. (1997), os antibióticos são utilizados como aditivo alimentar em concentrações subterapêuticas por duas razões principais: aumentam a eficiência e a conversão alimentar e atuam profilaticamente contra microrganismos específicos.

O mecanismo preciso com que os antibióticos promovem o aumento no crescimento e na eficiência alimentar não é bem entendido. Entretanto, tem sido aceito que os efeitos se devem principalmente à sua ação sobre a flora microbiana ruminal e intestinal. Pelo menos quatro formas de ação têm sido postuladas para se explicar o efeito promotor de crescimento dos antibióticos: efeito metabólico, os antibióticos influenciariam as taxas e vias metabólicas dos animais; efeito conservador dos nutrientes, os antibióticos alterariam a população microbiana ruminal, resultando em uma conservação dos nutrientes; controle de doenças subclínicas, os antibióticos suprimiriam as bactérias causadoras de infecções clínicas e subclínicas; modificação da fermentação ruminal, os antibióticos alterariam a população microbiana do rúmen, aumentando sua eficiência de fermentação.

5.1 – Avopracina

É um glicopeptídeo produzido pelo *Streptomyces candidus*. Este antibiótico possui uma grande afinidade por parede celular de bactérias Gram positivas e atuam sobre a síntese de peptidoglicanos pela inibição da incorporação do *N*-acetilglucosamina, sendo, portanto, inefetivo contra Gram negativas (Nagaraja et al., 1997).

Vários autores têm observado um aumento nas proporções molares de propionato e uma queda de aproximadamente 16% na produção de metano quando se adiciona este antibiótico na dieta em meios de cultura. Tem sido observado, ainda, um impacto benéfico deste antibiótico sobre o metabolismo de proteínas. A avopracina também possui alguns efeitos pós-ruminais, sendo evidenciado o aumento na absorção de aminoácidos, provavelmente relacionado ao aumento da atividade da dipeptidase na mucosa intestinal (Nagaraja et al., 1997).

O efeito como promotor de crescimento deste antibiótico é igual e, em alguns casos, superior aos obtidos com a monensina, sendo que, com doses de 15 a 60 mg/Kg de alimento, promove um aumento nos ganhos médios de 5,4 a 10,%, respectivamente (Nagaraja et al., 1997).

5.2 – Clortetraciclina

As tetraciclinas são potentes inibidores da digestão da celulose *in vitro*. Entretanto, estudos de digestibilidade *in vivo* têm sido contraditórios. Para a maior parte destes estudos, o efeito da suplementação da dieta com clortetraciclina tem promovido pequenas alterações na digestão total no trato digestório (Zinn, 1992).

Em experimento realizado por Zinn (1992), foi observado que o uso de clortetraciclina oral promoveu um aumento na taxa de passagem da matéria orgânica pelo intestino delgado, sendo a digestão pós-ruminal da FDA maior nos animais tratados com o

antibiótico, o que compensou a menor digestão ruminal. A proporção molar de propionato foi maior, a de acetato, butirato e metano menores, não sendo encontradas diferenças no pH ruminal. Apesar destes resultados, o autor concluiu que a energia digestível foi menor quando se utilizou o antibiótico.

A utilização de pequenas doses, 22mg de clortetraciclina por Kg da dieta, tem promovido uma queda de 5 a 15% na digestão total no trato digestório da FDA. Os efeitos da suplementação com altos níveis deste antibiótico não têm sido avaliados (Zinn, 1992).

5.3 – Flavomicina

A flavomicina é produzida por várias cepas de *Streptomyces*, incluindo *S. bambergiensis*, *S. ghanensis*, *S. geysiriensis* e *S. ederenis*, sendo aprovada como aditivo alimentar para ruminantes nos EUA (Nagaraja et al., 1997).

Este antibiótico é um glicolípide que possui atividade antimicrobiana contra bactérias Gram positivas. A utilização diária deste antibiótico (0,2 e 0,5mg/Kg PV) promove maior produção de lã e ganho de peso, mas não há alterações nas concentrações de AGV e amônia ruminal, sugerindo que sua ação seria sobre o metabolismo proteico intestinal (Nagaraja et al., 1997).

5.4 – Virginiamicina

A virginiamicina é um produto da fermentação do *Streptomyces virginiae*, que, segundo Rogers et al. (1995) e Ives et al. (2002), promove maior estabilização da fermentação, diminuindo as oscilações na ingestão dos alimentos.

Este antibiótico é composto de dois fatores principais, M e S, que funcionam sinergicamente bloqueando a síntese de proteínas (Cocito, 1979, citado por Coe et al., 1999). Estudos mostram que tais antibióticos são mais efetivos contra bactérias Gram positivas, tendo um espectro de ação similar aos ionóforos, diminuindo a incidência de abscessos hepáticos em bovinos (Nagaraja e Chengapa, 1998). São também potentes inibidores de bactérias produtoras de ácido lático, podendo ser potencialmente utilizados na prevenção de acidoses ruminais, facilitando uma mais rápida transição entre uma dieta com altos níveis de forragem para dietas ricas em concentrados (Coe et al., 1999).

Quanto à fermentação ruminal, este antibiótico promove um aumento nas concentrações de propionato e butirato, com queda nas concentrações de acetato e lactato, mantendo o pH elevado mesmo em dietas ricas em concentrado (Coe et al., 1999).

5.5 – Tilosina

A tilosina é um produto da fermentação do *Streptomyces fradiae*, tendo atividade *in vitro* contra algumas bactérias Gram negativas, espiroquetas e micoplasmas. Estudos *in vitro* têm mostrado que a tilosina possui uma grande ação como inibidor da digestão da celulose e produção do lactato (Nagaraja e Chengapa, 1998). Entretanto, a alimentação com tilosina não tem nenhum efeito sobre a digestibilidade ruminal da matéria orgânica ou das proteínas, não sendo, dessa forma, afetadas as concentrações ruminais de AGV e amônia (Nagaraja et al., 1997).

Nos Estados Unidos, a maior utilização deste antibiótico é na prevenção de abscessos hepáticos, sendo utilizado rotineiramente em associação com a monensina ou a virginiacina, causados principalmente pelo *Fusobacterium necrophorum*, um microrganismo comum da microbiota ruminal. A inclusão de tilosina na dieta promove uma menor população deste microrganismo no rúmen, além de atuar diretamente no fígado, já que parte do aditivo pode ser absorvido pelo intestino delgado (Nagaraja e Chengapa, 1998).

5.6 – Abelina

A abelina é um icosapeptídeo que promove uma marcante modificação da fermentação ruminal *in vitro*. Em experimento realizado por Hino et al. (1992), foi observado que culturas de microrganismos ruminais submetidos a 12,5 a 25mg/L de abelina aumentaram a produção de propionato e reduziram a produção de metano sem afetar significativamente a produção total de AGV, a sobrevivência dos protozoários ou a digestão da celulose.

O modo de ação da abelina é muito parecido com o dos ionóforos. Este antibiótico também atua como transportador de íons através de uma membrana bilipídica (Kelsh et al., 1992, citados por Hino et al., 1992). Entretanto, diferentemente dos ionóforos, a abelina não é absorvida pelo animal, podendo ser degradada no rúmen ou no intestino. Após a sua degradação, algum metabólito poderá ser absorvido no intestino, mas exercerá uma mínima ou nenhuma toxicidade ao animal. Com isso, a eliminação de resíduos nos produtos de origem animal seria mínima (Hino et al., 1992).

5.7 – Bacitracina

A bacitracina é um antibiótico polipeptídico efetivo contra bactérias Gram positivas que, quando adicionadas às dietas de bovinos, podem aumentar o ganho médio diário e a eficiência alimentar, bem como diminuir a incidência de abscesso hepático (Russel e Strobel, 1988).

Este antibiótico atua promovendo um acúmulo de uridina 5'-difosfato-acetilmuranil-pentapeptídeo, um precursor usado para formar cadeias lineares de peptideoglicanos, inibindo a desfosforilação dos fosfolípedes da membrana. A bacitracina também pode

atuar de maneira secundária, ligando-se à membrana celular, provocando, assim, distúrbios em outras funções (Russel e Strobel, 1988).

Quanto à fermentação ruminal, apesar de não ser um antibiótico ionóforo, produz uma ação muito parecida com o fornecimento de monensina. Ela promove uma queda na produção de metano, butirato e digestibilidade da FDN e FDA, aumento da produção de propionato e não promove alterações significativas nas concentrações de acetato (Russel e Strobel, 1988).

5.8 – Polioxinas

As polioxinas são substâncias antifúngicas, isoladas a partir do *Streptomyces cacaoi* que suprimem o crescimento de fungos anaeróbicos. Esta supressão no crescimento fônico se dá pela interferência na síntese de quitina e, por isso, é inefetiva contra bactérias (Misato e Kakiki, 1977, citados por Cann et al., 1993).

Algumas substâncias nitrogenadas, como certos dipeptídeos e aminoácidos como a L-valina, em certas concentrações, podem se tornar antagonistas às polioxinas, inibindo seus efeitos. É possível, dessa forma, que compostos nitrogenados derivados da digestão microbiana possam contribuir para maior resistência dos fungos anaeróbicos ruminais ao tratamento com a polioxina *in vitro* (Cann et al., 1993).

O fornecimento deste antibiótico como aditivo na ração de ruminantes promoveu uma diminuição no crescimento dos fungos, devido a uma menor produção de zoósporos durante os cinco primeiros dias de sua utilização. Uma alta proporção de propionato com decréscimo das concentrações de acetato foi observada durante a utilização da polioxina (Cann et al., 1993).

6 - ÁCIDOS ORGÂNICOS

A literatura apresenta bem documentado que os microrganismos ruminais necessitam, para seu desenvolvimento, de AGV de cadeia curta (como o acetato) e de AGV de cadeia ramificada (como o isovalerato, isobutirato, 2-metilbutirato) estimulando o crescimento bacteriano, além da degradação da parede celular (Gorosito et al., 1985). A crescente preocupação da comunidade científica em avaliar alternativas capazes de potencializar a microflora ruminal, motivada pela necessidade de se estimular a produção de produtos biologicamente seguros, sem a utilização de antibióticos, levou ao aumento do interesse em relação aos produtos que estimulam diretamente os microrganismos ruminais. Alguns desses produtos têm se mostrado promissores, alterando o padrão de fermentação ruminal e estimulando a produtividade animal. Os ácidos orgânicos podem estimular o crescimento de bactérias ruminais, como *Selenomonas ruminantum*, alterando o padrão de fermentação desses microrganismos e promovendo um aumento de produção significativo (Martin et al., 1999).

Vários trabalhos têm examinado os efeitos dos ácidos orgânicos sobre a fermentação dos microrganismos ruminais. Russell e Van Soest (1984) avaliaram a fermentação *in vitro* dos ácidos orgânicos mais comuns observados nas forragens (citrato, *trans*-aconitato, malato, malonato, quinato e shiquimato) pelas bactérias ruminais. Esses autores relatam que, após a adaptação da microbiota ruminal aos ácidos orgânicos, estes são fermentados e transformados rapidamente em AGV, cerca de 10 horas, sendo o acetato e o propionato os principais produtos finais.

Martin e Streeter (1995), observando o efeito da fermentação *in vitro* do malato pelas bactérias ruminais, verificaram que, na ausência de fornecimento de carboidratos, a adição de DL-malato aumentou significativamente a concentração de propionato, diminuindo a relação acetato/propionato, não se observando alterações significativas no pH do meio. Assim como Russell e Van Soest (1984), Martin e Streeter (1995) observaram que a fermentação do malato em culturas de microrganismos ruminais produz acetato e propionato.

Segundo Martin e Streeter (1995), o efeito do DL-malato sobre as concentrações de CH₄, H₂, acetato, propionato, pH e L-lactato, com o fornecimento de substratos compostos de carboidratos solúveis, foi semelhante aos efeitos observados na fermentação ruminal *in vivo* e *in vitro* de ionóforos (monensina e lasalocida). Os efeitos dos ionóforos, como já citados, incluem a diminuição na produção de metano, a produção de lactato e o aumento na relação propionato/acetato. A inibição da metanogênese é atribuída à diminuição na produção de H₂ pelas bactérias sensíveis aos ionóforos (Russell e Strobel, 1989). Quando a metanogênese é inibida, outros produtos reduzidos da fermentação (como o propionato) aumentam em relação à diminuição na concentração de acetato.

Com base em estudos realizados com a bactéria anaeróbica restrita *Selenomonas ruminantium* HD4 (Nisbet e Martin, 1991), observou-se que, na presença de malato e H₂ extracelular, há produção de succinato, um importante precursor de propionato. Estes estudos mostram que o malato pode ser um aceptor de elétrons, oriundos do H₂. Além da própria transformação do malato em succinato, Martin e Streeter (1995) também observaram que a presença do malato parece estimular a produção de succinato e/ou propionato pela bactéria *Selenomonas ruminantium*, resultando na diminuição da disponibilidade de H₂ para as bactérias metanogênicas.

Diferentes mecanismos relacionados ao fornecimento de malato parecem estar associados à redução de quadros de acidose, em relação àqueles observados no fornecimento de ionóforos. Mais do que diminuir a produção de lactato como os ionóforos, o malato estimula a utilização do lactato pela bactéria *Selenomonas ruminantium* HD4 (Nisbet e Martin, 1991). Counotte et al. (1983) concluíram que o DL-lactato não foi um importante precursor de AGV no rúmen durante um programa estável de alimentação, exceto para o período de adaptação a uma nova dieta. Segundo esses autores, a bactéria *Megasphaera elsdenii* é o organismo predominante na fermentação do DL-lactato no rúmen. Quando a concentração de carboidratos solúveis aumenta no fluido ruminal, a porcentagem de DL-lactato fermentada pelo

gênero *Megasphaera elsdenii* também aumenta, pois a fermentação do DL-lactato pela bactéria *Selenomonas ruminantium* é diminuída como resultado da diminuição de substratos, pela presença dos açúcares (Counotte et al., 1981). Kung et al. (1982) observaram que alimentar vacas leiteiras com 140g/dia de ácido málico resultou em um aumento na persistência de lactação, aumentando a produção total de AGV durante o início da lactação. Além disso, não foram observadas alterações significativas no pH ruminal, apesar de as concentrações de lactato no rúmen não terem sido reportadas.

Comparada com a quantidade de pesquisas conduzidas utilizando outros tipos de aditivos (como ionóforos), muito pouca pesquisa tem sido conduzida com o fornecimento de malato ou outros ácidos orgânicos. Devido à necessidade do melhor conhecimento das alterações populacionais dos microrganismos ambientais pelo fornecimento de aditivos como antibióticos, pela seleção de cepas resistentes (patogênicas ou não), maiores pesquisas são necessárias na tentativa de investigar alternativas mais adequadas de manipulação da fermentação ruminal. Segundo Martin e Streeter (1995), pelo estudo dos efeitos do malato sobre a fermentação ruminal, esse ácido pode ser utilizado no desenvolvimento de aditivos ruminais orgânicos, capazes de alterarem o balanço competitivo dentro do rúmen, objetivando mais o estímulo à inibição de microrganismos específicos.

7 – PROBIÓTICOS

Os probióticos podem ser definidos como suplementos alimentares microbianos vivos que afetam de maneira benéfica o animal hospedeiro por melhorar seu balanço microbiano. A maioria dos pesquisadores assume que o termo probiótico se refere a um produto com quantidades significativas e viáveis de bactérias lácticas. Em 1989, o Food and Drug Administration norte-americano recomendou que a utilização do termo “direct-fed microbials” (DFM) seria mais correta que probióticos. O Food and Drug Administration define como DFM uma fonte viva (viável) de microrganismos de ocorrência natural, sendo que isto inclui bactérias, fungos e leveduras (Martin e Nisbet, 1992).

Comparadas aos outros aditivos alimentares, principalmente aos ionóforos, poucas pesquisas têm sido conduzidas para se avaliar os efeitos dos aditivos microbianos sobre o crescimento e o metabolismo, seja do animal ou da microbiota ruminal (Callaway e Martin, 1997). Segundo revisão realizada por Martin e Nisbet (1992), os DFM não bacterianos mais comumente utilizados em dietas de ruminantes consistem em extratos de fermentação de *Aspegillus oryzae* ou culturas de *Sacharomyces cerevisiae*, sendo que, em alguns casos, associação destes também pode ser utilizada.

Ainda de acordo com Martin e Nisbet (1992), os resultados *in vivo* destes aditivos se mostram variados. Algumas pesquisas têm apresentado um aumento no ganho de peso, na produção de leite e na digestibilidade total dos componentes dos alimentos,

mas outras têm observado poucas influências do DFM nestes parâmetros. Pesquisas *in vitro* realizadas com culturas de microrganismos ruminais também têm sido inconsistentes.

Vários pesquisadores verificaram que o fornecimento de DFM propicia um aumento do número de bactérias celulolíticas no rúmen e estimula a produção de alguns produtos finais da fermentação. Isto sugere que estes aditivos podem prover fatores de crescimento para os microrganismos ruminais. Entretanto, outros pesquisadores não observaram estes efeitos na digestão *in vitro* (Martin e Nisbet, 1992).

Os vários resultados obtidos podem estar relacionados com o tipo de dieta que é fornecida aos animais. Resultados obtidos por Fiems et al. (1993), quando forneceram diferentes dietas a animais suplementados com leveduras, mostraram que os efeitos destes aditivos na fermentação ruminal podem ser influenciados pela dieta, sendo os melhores resultados obtidos com animais alimentados à base de silagem de milho.

Para Nagaraja et al. (1997), as pesquisas com aditivos alimentares microbianos têm sido frustrantes, uma vez que as respostas são pequenas e muito variáveis. Entretanto, há progressos quanto ao modo de ação destes aditivos, podendo se prever em quais situações estes aditivos podem propiciar efeitos benéficos aos animais.

7.1 - *Saccharomyces cerevisiae*

Culturas de leveduras estão sendo definidas como sendo um produto seco composto de leveduras e meio de crescimento, desidratado de uma maneira que permita preservar a capacidade fermentadora destes microrganismos (AAFCO, citado por Nagaraja et al., 1997), sendo a levedura mais utilizada o *Saccharomyces cerevisiae* (Martin e Nisbet, 1992).

Como já comentado anteriormente, os resultados obtidos com a utilização de leveduras têm sido os mais variados, sendo que, em muitos casos, não apresentam variações estatisticamente significativas. Estas variações quanto às respostas encontradas podem estar relacionadas às diferentes preparações de leveduras utilizadas, tipo de alimentação e animais utilizados (Hubber et al., 1989, citados por Nagaraja et al., 1997).

Vários modos de ação são sugeridos para explicar os efeitos das leveduras sobre a fermentação ruminal e a produção animal. Um aumento da população bacteriana ruminal parece ser o principal modo de ação sobre a fermentação no rúmen. Entretanto, ainda não estão elucidados quais são os mecanismos que desencadeiam este aumento na microbiota ruminal (Newbold et al., 1996).

A remoção do O₂ do fluido ruminal pelas leveduras foi proposta por Rose (1987), citado por Newbold et al. (1996), como um dos modos de ação, mas não existem evidências experimentais *in vivo* que comprovem esta ação.

Em experimentos *in vitro* realizados por Callaway e Martin (1997), observou-se que a adição de filtrado de *S. cerevisiae* em meios de cultura propiciou um aumento significativo da *Selenomonas ruminantium*, *Megasphaera elsdenii*, *Fibrobacter succinogenes* e *Ruminococcus albus*. Além de aumento da população microbiana, foi observado um aumento nas concentrações de acetato, propionato, AGV totais e na taxa inicial, sem alterar a taxa total, de digestão da celulose. Estes resultados mostram que a utilização de leveduras está associada a um decréscimo do “lag time”, não alterando a taxa final de digestão da celulose.

De acordo com Callaway e Martin (1997), o maior crescimento bacteriano se deve à presença de fatores de crescimento solúveis (vitaminas B, aminoácidos e ácidos orgânicos) presentes no filtrado de leveduras. Ainda segundo os mesmos autores, apesar da síntese microbiana de vitamina B e ácidos orgânicos a partir de constituintes da dieta, esta síntese não seria constante, sendo que o fornecimento de leveduras promoveria maior concentração destas substâncias, melhorando o padrão de fermentação ruminal.

A suplementação da dieta com *S. cerevisiae* não promoveu alterações na digestibilidade ruminal e total da matéria orgânica, no fluxo duodenal de nitrogênio microbiano e não microbiano, na população de protozoários, no pH, na amônia, na concentração de AGV e de alguns metabólitos séricos (glicerol, ácidos graxos não esterificados e β -hidroxibutirato) (Doreau e Jouany, 1998). Entretanto, estes resultados não foram observados por outros pesquisadores (Yoon e Stern, 1996), que verificaram um aumento na digestão ruminal da matéria orgânica e de proteína bruta, com um menor fluxo de nitrogênio para o duodeno, sendo estes resultados devido a um maior crescimento das bactérias proteolíticas ruminais.

Tem sido utilizada a suplementação com leveduras para vacas durante o período de transição, na tentativa de se aumentar a ingestão de matéria seca, a produção de leite e se diminuir a incidência de doenças pós-parto. Com este intuito, Dann et al. (2000) utilizaram *S. cerevisiae* do 14^o dia pré até o 140^o dia pós-parto. Estes pesquisadores observaram que houve uma interação tratamento-dia significativa da ingestão de matéria seca nos primeiros 21 dias pós-parto, sendo que os animais suplementados obtiveram um aumento mais rápido na ingestão da matéria seca quando comparados aos animais-controle. Os animais tratados apresentaram ainda uma menor perda de peso pós-parto, alcançaram o pico de produção mais cedo, no entanto não apresentaram maiores produções de leite ao final de 140 dias pós-parto. Não foi observada nenhuma diferença significativa quanto à incidência de doenças pós-parto (retenção de placenta, cetose, deslocamento de abomaso, hipocalcemia ou mastites).

Resultados de Robinson e Garret (1999) mostraram-se semelhantes aos de Dann et al. (2000) no que se refere à maior ingestão de matéria seca, sendo observada ainda maior produção de leite, principalmente quando utilizaram primíparas. Entretanto, estes resultados são controversos aos obtidos por Robinson (1997).

7.2 - *Aspergillus oryzae*

Preparações de *Aspergillus oryzae* têm sido encontradas em produtos comerciais, sendo as respostas obtidas por estes produtos semelhantes às obtidas com a suplementação com *S. cerevisiae*.

Observa-se um aumento na digestibilidade total do trato digestório da matéria seca e da FDA em animais alimentados com *Aspergillus oryzae*. Além da maior digestibilidade, também é relatada uma mudança no sítio de digestão, sendo uma quantidade significativamente maior de matéria seca degradada no rúmen devido às polissacaridases produzidas por estes microrganismos. Tem sido proposto que a maior digestão da fibra ocorre devido a um sinergismo entre o *A. oryzae* e a microbiota ruminal (Wiedmeir et al., 1987; Gomez-Alarcon et al., 1990; Martin e Nisbet, 1990). O *A. oryzae* atuaria quebrando as ligações entre os polissacarídeos e a lignina da parede celular vegetal através de estearases, estimulando, então, a degradação da fibra no rúmen (Nagaraja et al., 1997).

A utilização deste tipo de aditivo em bezerros recém-nascidos tem demonstrado efeitos benéficos sobre o consumo de matéria seca, o desenvolvimento da parede, a motilidade e a atividade microbiana do rúmen. Dessa forma, a utilização de *A. oryzae* em bezerros pode promover um aumento na atividade metabólica ruminal e ingestão de matéria seca mais prematura, possibilitando um desmame mais precoce (Behara et al., 1991).

Behara et al. (1991) observaram aumento nas concentrações totais de AGV e acetato em bezerros suplementados com *A. oryzae*. Neste mesmo experimento, a quantidade total de bactérias anaeróbias, celulolíticas, hemicelulolíticas e pectinolíticas foi maior, permitindo, assim, maior atividade ruminal.

Segundo revisão de Huber et al. (1994), o fornecimento de extratos de *A. oryzae* tem promovido a queda da frequência respiratória e/ou da temperatura retal em animais em condições de estresse térmico. De acordo com estes autores, tais respostas poderiam estar relacionadas à produção de metabólitos que atuariam sobre os centros de controle da temperatura no sistema nervoso central, uma vez que se observa um aumento na produção de leite em vacas no início da lactação suplementada com este aditivo em locais com temperaturas mais elevadas.

8 – LIPÍDIOS

A principal característica da digestão de ácidos graxos em ruminantes é a transformação estrutural ocorrida no rúmen, antes da sua absorção. Como consequência, a composição dos ácidos graxos absorvidos não reflete a composição dos ácidos graxos da dieta. Os lipídios ingeridos sofrem duas importantes transformações no rúmen: lipólise e bio-hidrogenação. A lipólise causa a liberação de

ácidos graxos dos lipídios esterificados, enquanto a bio-hidrogenação reduz o número de insaturações (Jenkins, 1993).

Os lipídios são importantes para a dieta dos ruminantes, pois contribuem diretamente com 50% da gordura do leite e são considerados a fonte de energia mais concentrada presente no alimento. O interesse na adição de gordura na dieta de vacas em lactação não é recente. Existem citações da utilização de gordura na dieta em 1907 (Palmquist e Jenkins, 1980). Nas últimas quatro décadas, vários estudos têm procurado esclarecer as consequências da suplementação lipídica sobre o metabolismo ruminal, o desempenho animal e a composição do leite produzido.

Os lipídios são compostos insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos, tais como éter dietílico e clorofórmio. Classificam-se de acordo com o comprimento da cadeia carbônica, que pode variar de 1 a 30, ou quanto a sua hidrogenação, podendo ser saturados ou insaturados. Nos ácidos graxos insaturados, tanto o número como o local das ligações duplas (C=C) são importantes, pois o grau de insaturação exerce um efeito marcante na forma como é feita a digestão e, nos ruminantes, pode interagir ou não com a fermentação de carboidratos no rúmen.

8.1 - Influência do lipídio sobre a fermentação no rúmen

O fornecimento de gordura na dieta (saturada ou insaturada) em concentrações elevadas (acima de 5% da matéria seca total) pode causar decréscimo na ingestão de matéria seca e na digestibilidade de alguns nutrientes, especialmente da fibra. Essas alterações da digestibilidade da fibra são acompanhadas por alterações nas proporções dos diferentes AGV no rúmen. Grummer e Luck (1993), fornecendo concentrações variadas de sebo na dieta (0, 1, 2 e 3% da matéria seca), não observaram variações significativas na relação acetato/propionato no rúmen. A suplementação com sebo aumentou a concentração de AGV no fluido ruminal, resultando em decréscimo linear do pH ruminal na medida em que a concentração de sebo foi elevada na dieta. Concentrações maiores de sebo (5,6% da matéria seca) foram utilizadas por Bertrand e Grimes (1997), que observaram diminuição nas porcentagens molares de acetato, propionato e butirato, além da diminuição da relação acetato:propionato.

Entre as sementes oleaginosas mais utilizadas como fonte adicional de gordura na dieta, estão o caroço de algodão, a soja em grão e a semente de girassol. Mohamed et al. (1988) avaliaram os parâmetros ruminais de vacas Holandesas consumindo dietas com diferentes proporções de óleos vegetais (soja e algodão), associados ou não com os mesmos produtos após a extração dos óleos. Esses autores observaram variações significativas nas proporções de propionato e butirato quando a ingestão de óleo foi de 4% da matéria seca, tanto para o óleo de soja como para o de algodão. As concentrações de acetato em relação à proporção total de AGV não variaram entre as dietas. Horner et al. (1988), fornecendo caroço de algodão à dieta de novilhas Holandesas não lactantes (15% da matéria seca), observaram aumento na concentração de acetato e diminuição na concentração de propionato ruminal. Markus

et al. (1996) forneceram sementes de girassol (7,1% da matéria seca) à dieta de vacas leiteiras e não observaram alterações nas concentrações de AGV no fluido ruminal.

As mudanças nos parâmetros da fermentação ruminal em resposta à adição de gordura na dieta têm sido variáveis e relacionadas às porcentagens fornecidas (Grummer e Luck, 1993; Doureau e Jouany, 1998), ao tipo de dieta fornecida (Grummer e Luck, 1993; Salem et al., 1993; Markus et al., 1996; Bertrand e Grimes, 1997) e à resposta individual de cada animal (Kajikawa et al., 1991).

8.2 - Influência dos lipídios sobre a degradação da fibra no rúmen

A influência dos lipídios sobre a degradação da fibra depende da natureza do lipídio fornecido (saturação ou insaturação e esterificação) e da quantidade utilizada. Palmquist e Jenkins (1980) relatou que ácidos graxos insaturados são mais tóxicos aos microrganismos ruminais. Efeitos negativos são observados se a taxa de entrada de ácidos graxos poli-insaturados no rúmen exceder a capacidade das bactérias em converter *trans*-11 C_{18:1} em C_{18:0}. Moore et al. (1969) relataram que o aumento na quantidade de ácidos graxos não esterificados na dieta inibe o segundo passo da bio-hidrogenação.

Segundo Jenkins (1993), os seguintes mecanismos são responsáveis pela diminuição da degradação da fração fibrosa da dieta: formação de uma barreira física, evitando o ataque microbiano; modificação da população microbiana, devido aos efeitos tóxicos da gordura; inibição da atividade microbiana, devido ao efeito da gordura sobre a tensão superficial da membrana celular e diminuição na disponibilidade de certos cátions (Ca e Mg), formando complexos insolúveis com os ácidos graxos de cadeia longa. Este último efeito poderia estar relacionado diretamente com a disponibilidade de cátions para a função microbiana, ou indiretamente sobre o pH do rúmen (Palmquist e Jenkins, 1980).

Conforme Bertrand e Grimes (1997), a adição de 5,6% de gordura na dieta (base da matéria seca) diminuiu a ingestão dos animais. Além disso, a diminuição das porcentagens molares de AGV no rúmen indica que a fermentação ruminal foi diminuída.

De acordo com Palmquist e Jenkins (1980) e Chalupa et al. (1984), gorduras contendo ácidos graxos poli-insaturados, quando incluídas na dieta, diminuem a degradação ruminal da fibra. Segundo esses autores, a inibição das bactérias celulolíticas pelo fornecimento de concentrações elevadas de ácidos graxos insaturados seria o fator predisponente à diminuição da degradação dos carboidratos estruturais. Palmquist et al. (1984), citados por Chalupa et al. (1984), sugerem que o efeito do fornecimento de lipídio sobre a digestão da fibra é menos pronunciado quando a ingestão de fibra da dieta for elevada.

8.3 - Influência dos lipídios sobre o ecossistema do rúmen

Os microrganismos do rúmen exercem um papel fundamental na digestão, promovendo a lipólise e a bio-hidrogenação, tendo como produto final o ácido esteárico (C_{18:0}) (Harfoot et al., 1988). Segundo esses mesmos autores, as bactérias exercem um papel de maior importância para a bio-hidrogenação. Culturas *in vitro* de bactérias têm demonstrado o efeito negativo dos ácidos graxos sobre o crescimento bacteriano (Doreau e Ferlay, 1995). Na presença de ácidos graxos insaturados de cadeia longa e com maior quantidade de formas *cis*, Galbraith et al. (1971) observaram um efeito negativo sobre o crescimento bacteriano no rúmen.

O efeito dos ácidos graxos sobre o crescimento bacteriano no rúmen poderia ser devido à sua adsorção na parede celular, diminuindo a disponibilidade de substrato energético à bactéria, resultando em menor captação de aminoácidos e produção de ATP. Grummer e Luck (1993), fornecendo concentrações variadas de lipídios na dieta, reportaram diminuição significativa do pH ruminal, proporcional ao aumento da inclusão de gordura nas dietas, relacionando esse fato ao aumento da fermentação ruminal. Segundo Galbraith et al. (1971), a adsorção de ácidos graxos pelas bactérias diminui quando o pH ruminal aumenta. Os mesmos autores reportaram que a diminuição na adsorção de ácidos graxos é menos pronunciada quando a concentração de cátions divalentes, principalmente íons cálcio, for elevada. Estes efeitos relacionados aos cátions também são citados por Ferlay e Doreau (1995), que encontraram que a suplementação lipídica diminui a concentração ruminal de íons cálcio.

Nem todos os tipos de bactérias são influenciados da mesma forma pela ação dos lipídios. O crescimento das bactérias celulolíticas apresenta-se mais reduzido em relação às amilolíticas, já as bactérias Gram positivas são mais sensíveis que as Gram negativas (Galbraith et al., 1971). Segundo Bauchart et al. (1990), a suplementação com lipídios aumenta o conteúdo de ácidos graxos das bactérias aderidas à fase sólida e das associadas à fase líquida do rúmen. Esse aumento parece estar relacionado à proporção de inclusão de gordura na dieta e foi observado mesmo quando a gordura foi fornecida com sais de cálcio (Klusmeyer et al., 1991).

Conforme vários autores (Tamminga et al., 1983; Bauchart et al., 1986; Horner et al., 1988), a adição de lipídios à dieta diminui a concentração de protozoários no rúmen. Harfoot et al. (1988) também relataram a ausência de evidências sobre a participação dos fungos na hidrólise dos lipídios da dieta.

8.4 - Influência dos lipídios sobre a utilização do nitrogênio no rúmen

A eficiência de síntese microbiana (fluxo de nitrogênio bacteriano por quantidade de matéria orgânica fermentada) é determinada principalmente pelo balanço entre síntese e degradação de matéria microbiana, sendo este último processo resultado da predação de bactérias pelos protozoários (Church, 1988). Alguns autores citam que a diminuição na população de protozoários e a diminuição da matéria orgânica

fermentada no rúmen são os responsáveis pela redução da eficiência de síntese microbiana no rúmen. Porém, Doreau e Ferlay (1995) relataram que a adição de lipídios à dieta não modificou de forma significativa o ecossistema ruminal, assim como a fermentação da matéria orgânica. Segundo esses autores, a maioria dos experimentos demonstrou pouco efeito dos lipídios sobre a digestão proteica.

Alterações na degradação proteica no rúmen em consequência da adição de gordura na dieta não foram observadas por Doreau e Ferlay (1995). No entanto, Mohamed et al. (1988), Grummer e Luck (1993) e Tesfa (1993) relataram alterações no processo de degradação proteica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manipulação da dieta visando a um ambiente ruminal mais saudável pode propiciar maiores índices produtivos nos ruminantes. As pesquisas com o uso de aditivos na tentativa de se conseguir melhores índices produtivos têm aumentado consideravelmente nos últimos anos. Entretanto, a maioria dos resultados ainda são inconsistentes. Alguns aditivos têm se destacado, como os ionóforos, mas ainda se conhece relativamente pouco sobre os seus mecanismos de ação.

Devido a sua ação sobre a microbiota ruminal, a utilização de ionóforos promove alterações importantes no ambiente ruminal, levando à maior produção de AGV e menor relação acetato:propionato. Mesmo com esta produção elevada de ácidos, o líquido ruminal de vacas alimentadas com este aditivo apresenta pH mais elevado, uma vez que o ionóforo diminui a concentração de bactérias produtoras de ácido láctico. Além dos efeitos sobre o ambiente ruminal, os ionóforos também melhoram o rendimento energético do rúmen devido à menor produção de metano, disponibilizando maior energia para o animal. Com todas estas vantagens, os ionóforos têm sido cada vez mais utilizados na alimentação de vacas leiteiras no Brasil, melhorando os índices produtivos, como a produção de leite e reprodução, e a sanidade do rebanho, com diminuição das acidoses ruminais e dos timpanismos.

Entre os outros aditivos abordados, os ácidos orgânicos e probióticos possuem ações interessantes no rúmen, promovendo sua alteração tanto populacional quanto metabólica. Estes aditivos atuam de forma diferente dos ionóforos, servindo, principalmente, como estimuladores da microbiota ruminal. Tal efeito estimulador da população microbiana promove maior estabilização desta, mantendo mais constante o pH ruminal mesmo em dietas mais ricas em concentrados. Apesar destes efeitos benéficos, a quantidade de pesquisas com estes aditivos em relação aos ionóforos ainda é muito pequena, sendo necessárias mais pesquisas para se verificar sua eficácia e o momento correto de utilização.

Já em relação aos antibióticos não ionóforos, apesar de alguns trabalhos mostrarem seu bom desempenho, também há número insuficiente de pesquisas relatando a sua total eficiência na manutenção da população microbiana e seus efeitos positivos sobre

a produção de leite. Além disso, existe uma grande preocupação na sociedade moderna quanto à utilização cada vez maior de antibióticos na produção animal e suas consequências sobre a saúde humana, o que pode levar a sua menor utilização, mesmo depois de provada a sua eficiência produtiva. Esse problema também é observado na utilização dos ionóforos, os quais, apesar de eficientes no que se refere à elevação da produção animal, já vêm sendo proibidos na bovinocultura em vários países, principalmente nos europeus.

A utilização de aditivos talvez seja a maneira mais prática de se tentar promover a manipulação da fermentação ruminal, no entanto a sua implantação como rotina no manejo nutricional de uma fazenda deve ser considerada como ajuste fino. Antes da sua utilização, outros pontos importantes do manejo nutricional devem ser considerados e implantados com o uso de técnicas simples de manejo e alimentação, como utilização de ração total, maior frequência de fornecimento dos alimentos, utilização de quantidades satisfatórias de fibra de boa qualidade e inclusão de lipídios na dieta, que são uma boa alternativa para se conseguir maior desempenho da microbiota ruminal e conseqüentemente dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAGG, R. Mode of action of ionophores in lactation dairy cattle. In: USEFULNESS OF IONOPHORES IN LACTATING DAIRY CATTLE. SYMPOSIUM, 1997, Guelph. *Proceedings...* Guelph: Ontario Veterinary College, University of Guelph, 1997. p.13-21.

BAUCHART, D.; LEGAY, F.; CARMIER, F. et al. Effets de l'addition de matières grasses non protégées à la ration de la vache laitière sur la concentration et la composition chimique des bactéries et des protozoaires du rúmen. *Reprod. Nutr. Dev.*, v.26, p.309-310, 1986.

BAUCHART, D.; LEGAY, F.; CARMIER, F. et al. Lipid metabolism of liquid-associated and solid-adherent bacteria in rúmen contents of dairy cows offered lipid-supplemented diets. *Br. J. Nutr.*, v.63, p.563-578, 1990.

BECKETT, S.; LEAN, I.; DYSON, R. et al. Effects of monensin on the reproduction, health, and milk production of dairy cows. *J Dairy Sci.*, v.81, p.1563-1573, 1998.

BEHARA, A.A.I.; NAGARAJA, T.G.; MORRILL, J.L. Performance and rumenal function development of young calves fed diets with *Aspergillus oryzae* fermentation extract. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.4326-4336, 1991.

BERGEN, W.G.; BATES, D.B. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. *J. Anim. Sci.*, v.58, p.1465-1483, 1984.

BERTRAND, J.A.; GRIMES, L.W. Influence of tallow and *Aspergillus oryzae* fermentation extract in dairy cattle rations. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1179-1184, 1997.

BRANINE, M.E.; GALYEAN, M.L. Influence of grain and monensin supplementation on ruminal fermentation, intake, digesta kinetics and incidence and severity of frothy bloat in steers grazing winter wheat pasture. *J. Anim. Sci.*, v.58, p.1465-1483, 1983.

CALLAWAY, E.S.; MARTIN, S.A. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and cellulose. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.2035-2044, 1997.

CANN, I.K.O.; KOBAYASHI, Y.; ONODA, A. et al. Effects of some ionophore antibiotics and polyoxins on the growth of anaerobic rumen fungi. *J. Appl. Bacteriol.*, v.74, p.127-133, 1993.

CHALUPA W.; CORBETT, W.; BRETHOR, J.R. Effects of monensin and ampicillin on rumen fermentation. *J. Anim. Sci.*, v.51, p.170-179, 1980.

CHALUPA, W.; RICKABAUGH, B.; KRONFELD, D.S. et al. Rumen fermentation *in vitro* as influenced by long fatty acid. *J. Dairy Sci.*, v.67, p.1439-1444, 1984.

CHEN, M.; WOLIN, M.J. Effect of monensin and lasalocid-sodium on the growth of methanogenic and rumen saccharolytic bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.38, p.72-77, 1979

CHOW, J.M.; VAN KESSEL, J.A.S.; RUSSELL, J.B. Binding of radiolabeled monensin and ruminal microorganisms and feed. *J. Anim. Sci.*, v.72, p.1630-1635, 1994.

CHURCH, D.C. *El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1988. 650p.

COE, M.L.; NAGARAJA, T.G.; SUN, Y.D. et al. Effect of virginiacin on ruminal fermentation in cattle during adaptation to high concentrate diet and during induced acidosis. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.2259-2268, 1999.

COPOOCK, C.E.; BATH, D.L.; HARRIS JR., B. From feeding on ruminal parameters. *J. Dairy Sci.*, v.64, p.12030-1248, 1981.

COUNOTTE, G.H.M.; LANKHORST, A.; PRINS, R.A. Role of DL-lactic acid as an intermediate in rumen metabolism of dairy cows. *J. Anim. Sci.*, v.56, p.1222-1235, 1983.

COUNOTTE, G.H.M.; PRINS, R.A.; JANSSEN, R.H.A.M. et al. The role of *Megasphaera elsdenii* in the fermentation of DL-(2,¹³C)-lactate in the rumen of dairy cattle. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.44, p.2315-2323, 1981.

DANN H.M.; DRAKLEY, J.K.; McCOY, G.C. et al. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of jersey cows. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.123-127, 2000.

DOREAU, M.; FERLAY, A. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism un the rumen: a review. *Livest. Prod. Sci.*, v.43, p.97-110, 1995.

DOREAU, M.; JOUANY, J.P. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on nutrient digestion in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.3214-3221, 1998.

DUFFIELD, T.A. A field study on the efficacy of Rumensin, controlled release capsule (CRC) administered prepartum on the prevention of subclinical ketosis in lactating dairy cattle. In: USEFULNESS OF IONOPHORES IN LACTATING DAIRY CATTLE. SYMPOSIUM. 1997, Guelph. *Proceedings...* Guelph: Ontario Veterinary College, 1997, p.94-123.

EASTRIDGE, M.L. Fibra para vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 9., 1997, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1997. p 33-50.

ELSDALE, W.J.; SATTER, L.D. Manipulation of rumen fermentation. IV. Effects of altering ruminal pH on volatile fatty acid production. *J. Dairy Sci.*, v.55, p.964-970, 1972.

FAULKNER, B.B.; KLOPFENSTEIN, T.J.; TROTTER, N.T. et al. Monensin effects on digestibility, ruminal protein escape and microbial protein synthesis on high-fiber diets. *J. Anim. Sci.*, v.61, p.654-660, 1985.

FERLAY, A.; DOREAU, M. Influence of method of administration of rapessed oil in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.78, p.2223-2242, 1995.

FIEMS L.O.; COTTYN, B.G.; DUSSERT, L. et al. Effect of a viable yeast culture on digestibility and rumen fermentation in sheep fed different types of diets. *Reprod. Nutr. Dev.*, v.33, p.43-49, 1993.

GALBRAITH, H.; MILLER, T.B.; PATON, A.M. et al. Antibacterial activity of long chain fatty acids and the reversal with calcium, magnesium, ergocalciferol and cholesterol. *J. Appl. Bacteriol.*, v.34, p.803-813, 1971.

GOMEZ-ALARCON, R.A.; DUDAS, C.; HUBER, J.T. Influence of cultures of *Aspergillus oryzae* on rumen and total tract digestibility of dietary components. *J. Dairy Sci.*, v.73, p.703-710, 1990.

GOODRICH, D.R.; GARRET, J.E.; GAST, M.A. et al. Influence of monensin on the performance of cattle. *J. Anim. Sci.*, v.58, p.1484-1497, 1984.

GOROSITO, A.R.; RUSSELL, J.B.; VAN SOEST, P.J. Effect of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty acids on digestion of plant cell wall *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, v.68, p.840-847, 1985.

GRUMMER, R.R.; LUCK, L.M. Rumen fermentation and lactation performance of cows fed roasted soybeans and tallow. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.2674-2681, 1993.

HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N. (Ed.). *The rumen microbial ecosystem*. New York: Elsevier Science, 1988. p.285-341.

HINO, T.; TAKESHI, K.; KANDA, M. et al. Effects of abelin, a novel peptide antibiotic, on rumen fermentation *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.2213-2221, 1982.

HONGERHOLT, D.D.; VARGA, G.A.; MULLER, L.D. Effects of feeding dried grass pasture and a grain ration differing in rumen un'degradable protein at two feeding culture. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.74, p.1-13, 1998.

HORNER, J.L.; COPPOCK, C.E.; MOYA, J.R. et al. Effects of niacin and whole cottonseed on ruminal fermentation, protein degradability, and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.1239-1247, 1988.

HRISTOV, A.N.; ROPP, J.K.; GRANDEEN, K.L. et al. Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.*, v.83, p.408-421, 2005.

HUBER J.T.; HIGGINBOTHAM, G.; COMEZ-ALARCON, R.A. et al. Heat stress interactions with protein, supplemental fat, and fungal cultures. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.2080-2090, 1994.

ISTASSE, L.; REID, G. W.; TAIT, C.A.G. et al. Concentrates of dairy cows: effects of feeding method, proportion in diet and type. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.15, p.167-1182, 1986.

IVES, S.E.; TITGEMEYER, E.C.; NAGARAJA, T.G. et al. Effects of virginiamycin and monensin plus tylosin on ruminal protein metabolism in steers fed corn-based finishing diets with or without wet corn gluten feed. *J. Anim. Sci.*, v.80, p.3005-3015, 2002.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.3851-3863, 1993.

JOHNSON, K.A., JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.2483-2492, 1995.

KAJIKAWA, H.; ODAI, M.; SAITOH, M. et al. Effects of whole cottonseed on ruminal properties and lactation performance of cows with different rumen fermentation patterns. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.34, p.203-212, 1991.

- KLUSMEYER, T.H., LYNCH, G.L., CLARK, J.H. et al. Effects of calcium salts of fatty acids and of forage in diet on ruminal fermentation and flow to duodenum of cows. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.2220-2232, 1991.
- KUNG, L.; HUBER, J.T.; KRUMMREY, J.D. et al. Influence of adding malic acid to dairy cattle rations on milk production, rumen volatile acids, digestibility, and nitrogen utilization. *J. Dairy Sci.*, v.65, p.1170-1174, 1982.
- LIBOUX, S.; PEYRAUD, J.L. Effect of forage particle size and feeding frequency on fermentation patterns and site and extent of digestion in dairy cows feed mixed diets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.79, p.297-319, 1999.
- MARKUS, S.B.; WITTENBERG, K.M.; INGALL, J.R. Production responses by early lactation cows to whole sunflower seed or tallow supplementation of a diet based on barley. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.1817-1825, 1996.
- MARTIN, S.A.; NISBET, D.J. Effect of *Aspergillus oryzae* fermentation extract on fermentation of amino acids, bermudagrass and starch by mixed ruminal microorganisms *in vitro*. *J. Anim Sci.*, v.68, p.2142-2149, 1990.
- MARTIN, S.A.; NISBET, D.J. Effect of direct-fed microbials on rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.1736-1744, 1992.
- MARTIN, S.A.; STREETER M.N. Effect of Malate on *In vitro* Mixed Ruminal Microorganism Fermentation, *J. Anim. Sci.*, v.73, p.2141-2145, 1995.
- MARTIN, S.A.; STREETER, NISBET, D.J.; HILL, G.M. et al. Effects of DL-malate on ruminal metabolism and performance of cattle fed high concentrate diet. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.2141-2145, 1999.
- McGUFFEY, R.K.; RICHARDSON, L.F.; WILKINSON, J.I.D. Ionophores for Dairy Cattle: Current Status and Future Outlook. *J. Dairy Sci.* v.84, suppl. E, p.E194-E203, 2001.
- MERTENS, D. Creating a system for meeting the requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.*; v.80, p.1463-1481, 1997.
- MERTENS, D. Physically effective NDF and its use in dairy rations explored. *Feedstuffs*, v.10, n.4, p.16-20, 2000.
- MOHAMED, O.E.; SATTER, L.D.; GRUMMER, R.R. et al. Influence of rietary cottonseed and soybean on milk production and composition. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2677-2688, 1988.

MOORE, J.H.; NOBLE, R.C.; STEELE, W. et al. Difference in the metabolism of esterified and unesterified linoleic acid by rumen microorganisms. *Br. J. Nutr.*, v.23, p.869-878, 1969.

NAGARAJA, T.G.; CHENGAPPA, M.M. Liver abscesses in feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.*, v.76, p.287-298, 1998.

NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J. et al. Manipulation of ruminal fermentation In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. *Rumen microbial ecosystem*. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1997. p.523-631.

NEWBOLD, C.J.; WALLACE R.J.; McINTOSH, F.M. Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as feed additive for ruminants. *Br. J. Nutr.*, v.76, p.249-261, 1996.

NISBET, D.J.; MARTIN, S.A. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *J. Anim. Sci.*, v.69, p.4628-4633, 1991.

NOCEK, J.E.; BRAUND, D.G. Effect of feeding on diurnal dry matter and water composition, liquid dilution rate, and milk yield in first lactation. *J. Dairy Sci.*, v.68, p.2238-2247, 1985.

OWEN, F. Complete rations-should you feed then? Disponível em: <<http://www.ianr.unl.edu/pubs/Dairy/g783.htm>>. Acessado em: jan. 2009.

PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations. *J. Dairy Sci.*, v.63, p.1-14, 1980.

ROBINSON P.H. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on adaptation of cows to diets postpartum. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1119-1125, 1997.

ROBINSON P.H.; GARRET, J.E. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on adaptation of cows to postpartum diets and lactational performance. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.988-999, 1999.

ROBINSON, P.H. Dynamic aspects of feeding management for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.72, p.1197-1209, 1989.

RODRIGUES, P.H.M. *Efeitos dos níveis de monensina e proporções volumosos/concentrados na ração sobre a utilização dos alimentos e parâmetros da fermentação ruminal em animais ruminantes*. 2000. 169f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

- ROGERS, J.A.; BRANINE, M.E.; MILLER, C.R. et al. Effects of dietary virginiamycin on performance and liver abscess incidence in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.9-20, 1995.
- ROGERS, J.A.; DAVIS, C.L. Rumen volatile fat acids production and nutrient utilization in steers fed a diet supplemented with sodium bicarbonate and monensin. *J. Dairy Sci.*, v.65, p.944-952, 1982a.
- ROGERS, J.A.; DAVIS, C.L.; CLARK, J.H. Alteration of rumen fermentation, milk fat synthesis, and nutrient utilization with mineral salts in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.65, p.577-586, 1982b.
- RUSSELL, J.B.; STROBEL, H.J. Effects of additives on *in vitro* ruminal fermentation: a comparison of monensin and bacitracin, another gram-positive antibiotic. *J. Anim. Sci.*, v.66, p.552-558, 1988.
- RUSSELL, J.B.; STROBEL, H.J. Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.55, p.155-159, 1989.
- RUSSELL, J.B.; VAN SOEST, P.J. *In vitro* ruminal fermentation of organic acids common in forage. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.47, p.155-159, 1984.
- SALEM, B. H.; KRZEMINSKI, R.; FERLAY, A.; DOUREAU, M. Effect of lipid supply on *in vivo* digestion in cows: comparison of hay and corn silage diets. *Can. J. Anim. Sci.*, v.73, p.547-557, 1993.
- SCHELLING, G.T. Monensin mode of action in the rumen. *J. Anim. Sci.*, v.58, p.1518-1527, 1984.
- SHABI, Z.; ARIELI, A.; BRUCKENTAL, I. et al. Effect of the synchronization of the degradation of dietary crude protein and organic matter and feeding frequency on ruminal fermentation and flow of digesta to the abomasum of dairy cow. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.1991-2000, 1998.
- SPAIN, J. Estratégias de manejo para sistemas de alimentação com mistura completa. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE INTENSIVA DE LEITE, 3, 1997, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UVMG/EV, 1997. p.117-130.
- TAMMINGA, S.; VAN VUUREN, A.M.; VAN DER KOELEN, C.J. et al. Further studies on the effect of fat supplementation of concentrates fed to lactating dairy cows. 3. Effect on rumen fermentation and site of digestion on dietary components. *Neth. J. Agric. Sci.*, v.31, p.249-258, 1983.
- TESFA, A.T. Effects of rapeseed oil supplementation on digestion, microbial protein synthesis and duodenal microbial amino acid composition in ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.41, p.313-328, 1993.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of ruminant*. [s.l.]: O & B Books, 1983.

WEINER, P.J. Manipulating ruminal fermentation: a microbial ecological perspective. *J. Anim. Sci.*, v.76, p.3114-3122, 1998.

WIEDMEIER, R.D.; ARAMBEL, M.J.; WALTERS, J.L. Effect of a yeast culture *Aspergillus oryzae* fermentation extratics on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.*, v.70, p.2063-2068, 1987.

YAN, T.; PATTERSON, D.C.; GORDON, F.J. The effect of two methods of feeding the concentrate supplement to high genetic merit. *J. Anim. Sci.*, v.67, p.395-403, 1998.

YOON, I.K.; STERN, M.D. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* cultures on ruminal fermentation in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.411-417, 1996.

ZINN, R.A. Influence of oral antibiotics on digestive function in holstein steers fed a 71% concentrate diet. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.213-217, 1992.

CAPÍTULO 9

UTILIZAÇÃO DO BALANÇO CÁTION-ANIÔNICO NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS

*Gustavo Henrique de Frias Castro*¹, *Fernando Pimont Possas*²,
*Lúcio Carlos Gonçalves*³, *Diego Soares Gonçalves Cruz*⁴

RESUMO

O balanço cátion-aniônico da dieta tem sido utilizado como estratégia alimentar em vacas leiteiras. Esta técnica baseia-se na interferência dos íons sódio, potássio e cloro no equilíbrio ácido-básico do organismo animal. Sua aplicação nas dietas de vacas leiteiras concentra-se na dieta de vacas no pré-parto visando atuar no metabolismo do cálcio no período periparto. Em vacas em lactação, utiliza-se o balanço cátion-aniônico no intuito de melhorar a capacidade tamponante dos líquidos orgânicos em vacas de alta produção, ou para fornecer maiores níveis de sódio e potássio para vacas em lactação submetidas ao estresse pelo calor. Atribui-se também ao balanço cátion-aniônico interferência no metabolismo proteico ruminal e do organismo. Dessa forma, a manipulação do balanço cátion-aniônico da dieta funciona como ferramenta preventiva a patologias e/ou perda de produtividade.

INTRODUÇÃO

O balanceamento da dieta é uma ferramenta fundamental em sistemas de produção de leite. Além de proporcionar o fornecimento dos nutrientes necessários para cada categoria animal, pode ainda influenciar funções orgânicas por meio da manipulação da dieta dos bovinos.

Uma destas aplicações é a utilização do balanço cátion-aniônico da dieta (BCA), na tentativa de interferir no equilíbrio ácido-básico de vacas leiteiras. Este é utilizado principalmente em vacas leiteiras, seja no período pré-parto ou no período pós-parto (Sanchez et al., 1994b; Riond, 2001).

¹ Médico Veterinário, DSc, Prof. Adjunto I do Dep. De Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri. Rod. BR 367, km 583, Campus JK, 39100-000 – Diamantina, MG. ghfcvet@yahoo.com.br

² Médico Veterinário, MSc, Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG.

³ Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

⁴ Graduando em Medicina Veterinária, bolsista CNPq, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. diego.soares@hotmail.com

Segundo Berchielli et al. (2006), a hipocalcemia clínica afeta cerca de 3 a 15% das vacas leiteiras de todo o mundo, e a subclínica cerca de 50%. Essas desordens são as maiores causas de perdas de produtividade e aumento à predisposição para doenças secundárias. Além da doença clínica, a hipocalcemia subclínica influencia a incidência de algumas doenças, como distocia, retenção de placenta, deslocamento de abomaso, prolapso uterino, metrite e mastite no período periparto (Riond, 2001).

A temperatura é o principal agente estressor em climas tropicais, estando associada à umidade relativa do ar, à radiação solar e ao vento. Como resposta, os bovinos apresentam alterações no equilíbrio hidroeletrolítico e ácido-básico, diminuição no metabolismo, no consumo voluntário, na fertilidade, no crescimento e no desempenho.

O BCA foi inicialmente pesquisado em aves (Leach, 1979) e hoje tem tido maior atenção em vacas de leite. Sugere-se a utilização de valores de BCA negativo no pré-parto, enquanto, em condições de estresse pelo calor e nos pós-parto, o valor de BCA deve ser positivo (Sanchez et al., 1994b).

1 - EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO E HIDROELETROLÍTICO

O princípio básico do modelo simplificado de íons fortes é que o pH do plasma sanguíneo é determinado por quatro fatores independentes: a pressão parcial de CO₂ (pCO₂), a solubilidade de CO₂ no plasma, que é dependente da temperatura, a diferença de cargas dos íons fortes e a concentração de tamponantes fracos não voláteis (De Garis e Lean, 2009).

Teoricamente, todos os cátions e ânions da dieta são capazes de exercer influência de suas cargas elétricas e, conseqüentemente, alterarem o pH sanguíneo. Os principais cátions presentes na alimentação de vacas leiteiras são sódio (Na⁺), potássio (K⁺), cálcio (Ca⁺²) e magnésio (Mg⁺²). Já os ânions são cloreto (Cl⁻), sulfato (SO₄⁻²) e fosfato (pressupõe-se que seja -3) (Goff, 2009). Depois de absorvidos, a concentração de íons fortes no sangue é regulada pelos rins (Riond, 2001), sendo que, quando são fornecidas altas quantidades de ânions na dieta, a capacidade dos rins em excretar íons H⁺ fica sobrecarregada, não conseguindo, assim, manter o pH sanguíneo em níveis normais (West et al., 1992).

O mecanismo que causa acidose metabólica em vacas leiteiras pode ser explicado pela Teoria da Diferença de Íons Fortes de Stewart (1983) da fisiologia ácido-base, a qual explica que, para manter-se a eletroneutralidade de uma solução, é preciso ter o mesmo número de moles de partículas de cargas positivas (cátions) e negativas (ânions). Caso se adicionem a uma solução (plasma sanguíneo, por exemplo) partículas de cargas positivas, o número de cátions (H⁺) será diminuído e o número de ânions (OH⁻) irá aumentar. Dessa forma, a eletroneutralidade da solução será mantida, porém essa solução tornar-se-á mais alcalina. Já quando se adicionam ânions a uma solução, o mecanismo é o inverso, aumentando-se o H⁺ e, conseqüentemente,

tornando a solução mais ácida. Esses cátions e ânions chegam ao sangue após serem absorvidos no trato digestivo, fazendo com que a diferença cátion-aniônica influencie no pH sanguíneo final (Goff, 2008).

2 - BALANÇO CÁTION-ANIÔNICO

O balanço cátion-aniônico da dieta consiste na diferença entre ânions e cátions presentes na dieta de vacas de leite. Ele se baseia, como visto no tópico anterior, na importância destes elementos na manutenção do equilíbrio ácido-básico.

O potássio é o principal fator que interfere na diferença cátion-aniônica. O potássio é o cátion presente em maior quantidade nas forrageiras comumente usadas na alimentação de ruminantes (Horst et al., 1997), enquanto, de maneira oposta, o ânion que possui a maior capacidade de reduzir a BCA é o cloro (Goff et al., 2007).

Roche et al. (2003) avaliaram quatro dietas com diferentes balanços cátion-aniônicos e observaram que o pH urinário e o pH sanguíneo foram reduzidos quando foram fornecidas dietas com diferença cátion-aniônica negativa.

Charbonneau et al. (2006) avaliaram 35 estudos que mediram o pH sanguíneo e 28 estudos que avaliaram a concentração sanguínea de HCO_3^- de vacas leiteiras no período pré-parto as quais receberam dieta aniônica. Os autores observaram que a redução do BCA resultou em uma acidose metabólica que não foi totalmente compensada. Em alguns estudos, não houve redução do pH sanguíneo pela redução da BCA (Tucker et al., 1988; Vagnoni e Oetzel, 1998). Porém, a revisão feita por Charbonneau et al. (2006) demonstrou um efeito significativo e negativo da redução da BCA sobre o pH do sangue. A redução encontrada nesse estudo foi biologicamente pequena (0,018 unidades de pH, ou 0,25%) e resultou em valores de pH sanguíneo que permaneceram dentro do considerado normal, que seria de 7,35 a 7,45.

Segundo Block (1994), as mudanças resultantes do BCA da dieta podem ocorrer dentro das células e mostrar seus efeitos nas funções celulares pelas alterações da atividade de sistemas enzimáticos e compostos proteicos que requerem condições específicas de pH para manterem suas atividades ótimas. A absorção de bicarbonato pelos rins parece ser o mecanismo principal pelo qual vacas leiteiras respondem à acidose metabólica induzida por sais aniônicos (Vagnoni e Oetzel, 1998).

De acordo com Lean et al. (2006), várias equações foram publicadas para o cálculo do BCA da dieta de vacas leiteiras, em miliequivalentes (mEq) por quilo de matéria seca (MS) (mEq/kg de MS) ou em mEq por 100g de MS (mEq./100g de MS) da dieta. O cálculo dos miliequivalentes se dá a partir da divisão da porcentagem do elemento na dieta dividido pelo seu peso atômico.

A equação 1 foi citada por Ender et al. (1971) e é a mais utilizada, porém não leva em consideração que o cálcio, magnésio e fósforo absorvidos da dieta também podem

influenciar o pH sanguíneo. Além disso, essa equação considera que todos os íons têm o mesmo potencial de acidificação. Posteriormente, Mogin (1981) sugeriu a equação 2, que não leva em conta a capacidade do enxofre em causar acidificação. Horst et al. (1997) propuseram a equação 3 para o cálculo do BCA, considerando a biodisponibilidade dos íons e também o fato de que os íons Na^+ , K^+ e Cl^- são absorvidos totalmente na dieta. Goff et al. (1997) propuseram uma equação baseada nas diferentes capacidades de acidificação da urina de vários cátions e ânions (equação 4). Outra equação (5) foi proposta por Goff et al. (2004), que avaliaram a diferença da capacidade de alterar o *status* ácido-base do sangue de vacas leiteiras usando cloretos e sulfatos, mostrando que os cloretos têm uma capacidade de acidificação 1,6 vez maior que os sulfatos.

1. $\text{BCA} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-});$
2. $\text{BCA} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-);$
3. $\text{BCA} = (0,38 \text{ Ca}^{2+} + 0,30 \text{ Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + 0,60 \text{ SO}_4^{4-} + 0,50 \text{ H}_2\text{PO}_4^{4-});$
4. $\text{BCA} = (0,15 \text{ Ca}^{2+} + 0,15 \text{ Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + 0,60 \text{ S}^{2-} + 0,50 \text{ PO}_3^{3-});$
5. $\text{BCA} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + 0,6 \text{ S}^{2-}).$

Charbonneau et al. (2006) realizaram uma análise de 22 estudos que utilizaram as cinco equações citadas acima. Estes autores compararam a incidência de febre do leite e a alteração do pH urinário observando que a equação 5 obteve a maior correlação com a incidência de febre do leite e pH urinário.

Outras equações são descritas considerando diferentes biodisponibilidades e capacidades de acidificação do pH sanguíneo para os vários cátions e ânions utilizados, porém essas equações têm sido pouco utilizadas.

3 - FONTES CÁTION-ANIÔNICAS

Para que seja atingido o BCA ideal, torna-se necessária a suplementação de cátions ou ânions, se os alimentos não forem capazes de fornecê-los em quantidades suficientes (Bruulsema e Cherney, 1995; Giardini e Dallarmi, 1995). De modo geral, as leguminosas apresentam um BCA positivo ($>4000\text{mEq./Kg}$ de MS), as gramíneas idem ($\cong 2000\text{mEq./Kg}$ de MS), os grãos normalmente são neutros ($\cong 0 \text{ mEq./Kg}$ de MS) e os suplementos proteicos variam de -1000 a $+3000\text{mEq./Kg}$ de MS.

As fontes de ânions mais usadas são os cloretos e sulfatos de cálcio, magnésio e amônia. Os fosfatos não têm sido comumente utilizados devido à sua baixa capacidade de acidificação. Além disso, altas concentrações de fosfatos no sangue podem reduzir a síntese renal de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, provocando uma hipocalcemia. (Horst et al., 1983).

Várias fontes de sais têm sido avaliadas quanto a sua eficiência de indução de acidose metabólica. Ramberg et al. (1996) sugeriram que sulfato de magnésio (MgSO_4) não é efetivo em acidificar e concluíram que a alcalose pode ser considerada uma

deficiência relativa de cloretos. Ácidos clorídrico e sulfúrico são agentes acidificantes e são usados comercialmente. (Dishington, 1975).

As fontes de cloreto diferem entre si quanto a sua palatabilidade, sendo que, para não se ter problema de redução de consumo de matéria seca, é aconselhável se utilizar fontes mais palatáveis. Cloreto de amônia (ou sulfato de amônia) pode ter sabor desagradável quando incluído em rações com pH elevado, devido à conversão do cátion amônio em amônia, provocando um odor desagradável (Goff, 2009). Dentre as fontes de ânions, o ácido clorídrico mostrou ser a fonte mais palatável, porém sua manipulação na forma líquida pode ser perigosa (Goff e Horst, 1998).

Goff et al. (2004) compararam diferentes doses de algumas fontes de ânions comumente utilizadas em dietas de pré-parto em relação a sua capacidade de acidificação do sangue e da urina. Nesse estudo, eles compararam várias fontes de ânions em uma única dose e também compararam as fontes cloreto de cálcio e sulfato de cálcio, cloreto de magnésio e sulfato de magnésio, e ácido clorídrico e ácido sulfúrico em três doses diferentes. Foi observado que a adição de todos os ânions reduziu o valor do pH urinário, exceto o enxofre. O ácido clorídrico foi a fonte que apresentou maior capacidade de acidificação, sendo seguido pelos sais cloreto de amônia e cloreto de cálcio. No mesmo estudo utilizando doses crescentes de ânions para todas as fontes, os pesquisadores observaram que, em doses baixas, os sulfatos e cloretos não tiveram diferença na sua capacidade de acidificação da urina, com exceção do sulfato de magnésio, que obteve uma menor capacidade de acidificação. Porém, em doses mais elevadas, os cloretos apresentaram maior capacidade de acidificação do que os sulfatos. Os autores acreditam que, com altas doses de sulfatos, pode existir algum mecanismo de bloqueio para sua absorção. Outra possibilidade é que os sulfatos são mais rapidamente eliminados do sangue do que os cloretos, pela urina e pela bile, podendo não exercer efeito de acidificação sobre o sangue.

Tucker et al. (1991) compararam a adição do mesmo número de equivalentes de cloretos e sulfatos, e concluíram que os sulfatos possuem 60% da capacidade de acidificação dos cloretos. Goff et al. (2004), ao compararem fontes de sulfatos e cloretos, concluíram que os sulfatos possuem de 55 a 60% da capacidade de acidificação do sangue em relação aos cloretos, sendo que o sulfato de magnésio não foi uma boa fonte acidificante.

4 - UTILIZAÇÃO DO BCA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS

4.1 – Pré-parto

4.1.1 - Metabolismo do cálcio

O cálcio que é absorvido pelo intestino vindo da dieta é momentaneamente insuficiente para substituir as perdas endógenas, de forma que o resultado desse

balanço é a hipocalcemia. Desse modo, a vaca precisa aumentar os níveis sanguíneos de cálcio por meio do aumento da reabsorção pelos túbulos renais, pela mobilização das reservas de cálcio nos ossos pelos osteoclastos e pela absorção do cálcio dietético no intestino, mecanismos estimulados pelo aumento do paratormônio - PTH (Goff et al., 1991b; Horst et al., 1997).

A homeostase do cálcio pode ficar comprometida subitamente no pós-parto de vacas leiteiras. Durante o período seco, as perdas de cálcio devido ao crescimento fetal e as perdas fecais são de 2 a 7g e 5 a 7g de cálcio por dia, respectivamente. No momento do parto, a necessidade de cálcio para produção de colostro é de 2,3g por litro, sendo que, no caso de uma vaca que produza 10 litros de colostro, a perda de cálcio é de 23g, quantidade que chega a nove vezes maior que a presente em todo o *pool* do plasma sanguíneo de cálcio (2,5 a 3g) e duas vezes maior que a quantidade de cálcio presente no *pool* extracelular (9 a 10g) (Riond, 2001). Além disso, quase a metade das vacas leiteiras apresentam hipocalcemia subclínica pós-parto (níveis plasmáticos de cálcio abaixo de 7,5 mg/dl ou 1,8mM) (Goff, 2009).

Alguns fatores foram considerados como possíveis causas de hipocalcemia, como: inadequada produção de PTH ou dihidroxicolecalciferol - $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, e inadequado número de receptores para esses hormônios nos tecidos (Goff et al., 1991b). Porém, Horst et al. (1997) descartaram esta hipótese por observarem níveis mais altos de PTH e $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ circulante em vacas com febre do leite do que em vacas saudas.

Outro fator que pode influenciar na incidência de febre do leite é o fato de que vacas mais velhas apresentam menor eficiência de absorção intestinal do cálcio, menos receptores intestinais para $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ e também menor número de osteoclastos, reduzindo, assim, a resposta ao estímulo de PTH e $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ (Horst et al., 1990). Vacas Jersey possuem menos receptores para $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ do que vacas Holandesas, sendo assim mais susceptíveis à hipocalcemia pós-parto (Goff et al., 1995).

Outro fator relevante na fisiologia da prevenção da hipocalcemia é o magnésio, importante para a ação do PTH e a síntese de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. Vacas com hipomagnesemia apresentam menor resposta dos rins e do tecido ósseo ao estímulo do PTH (Goff, 2000). Isso ocorre porque o magnésio é importante para a função do complexo adenilato ciclase, que age na produção de AMP cíclico, responsável por ativar a resposta nas células-alvo das superfícies ósseas e das células renais (Goff, 2009).

4.1.2 - Mecanismo de ação do BCA

Horst et al. (1997) sugerem que a indução de uma acidose metabólica pela adição de sulfatos e cloretos em dietas de pré-parto aumenta a resposta ao PTH. Essa afirmação é baseada em alguns estudos que mostraram um aumento na reabsorção óssea pela atividade osteoclástica e também um aumento na síntese de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ em vacas, e ambos os processos fisiológicos são controlados pela ação do PTH.

Thilsing-Hansen et al. (2002) sugerem que o mecanismo de ação pela qual uma dieta acidogênica afeta a homeostasia e o metabolismo do cálcio seria o aumento do efeito estimulador do PTH. O aumento da concentração plasmática da hidroxiprolina sugere que a reabsorção óssea pode estar envolvida (Leclerc e Block, 1989), e alguns estudos reportaram um aumento aparente da absorção intestinal do cálcio (Verdaris e Evans 1976; Lomba et al., 1978).

Em um estudo utilizando 47 vacas Jersey divididas em dois grupos, um suplementado com cloretos de amônia, magnésio e cálcio (ânions), e outro com carbonato de cálcio e carbonato de sódio (cátions), em que a dieta catiônica tinha +978mEq./kg de MS, e a dieta aniônica -228mEq./kg de MS, Goff et al. (1991a) observaram que os níveis de PTH e 1,25 (OH)₂D₃ no plasma dos dois grupos antes do parto foram iguais. Nos dois grupos, as concentrações de PTH e 1,25 (OH)₂D₃ no dia do parto aumentaram e permaneceram aumentadas no primeiro dia pós-parto. Porém, as vacas que receberam dieta aniônica tiveram maior capacidade em produzir 1,25 (OH)₂D₃. Gaynor et al. (1989) obtiveram resultado semelhante em seus estudos, em que encontraram maior nível de 1,25 (OH)₂D₃, três dias antes do parto e no dia do parto de vacas que receberam dieta aniônica em relação aos grupos que receberam dietas catiônicas. Goff (2008) acredita que o receptor de PTH é alterado durante a alcalose metabólica, gerando menor sensibilidade nos tecidos ao PTH. Dessa forma, as proteínas na superfície óssea e as células renais responsáveis pelo reconhecimento do PTH possuem menor capacidade de ação quando o pH sanguíneo está elevado.

Goff et al. (1991a) observaram que as concentrações de hidroxiprolina um dia antes do parto foram significativamente maiores em vacas que foram alimentadas com dieta aniônica do que aquelas que receberam dieta catiônica (1,95 e 1,56 pg/mL, respectivamente). Esse resultado confirma o encontrado por Block (1984), que obteve maiores níveis de hidroxiprolina do quinto dia pré-parto ao segundo dia pós-parto em vacas que receberam dieta aniônica em relação à dieta catiônica. Esses resultados sugerem que a atividade osteoclástica é aumentada com o uso de dieta aniônica, aumentando, assim, a capacidade de mobilização de cálcio ósseo para o sangue no periparto. Isso sugere que os osteoclastos de vacas que estão em alcalose metabólica são refratários ao estímulo do PTH, sendo que a reabsorção óssea é essencial para manter a homeostase do cálcio.

Roche et al. (2007) concluíram em seu estudo que os níveis de BCA devem estar próximos de -150 a -200mEq./Kg de MS. Já Horst et al. (1997) recomendam um BCA de -100mEq./Kg de MS. No entanto, Block (1994) ressalta que, junto do BCA negativo, deve-se promover um aumento da concentração de Ca na dieta (1,5% Ca) para que se obtenha sucesso na utilização desta estratégia.

4.1.3 – Resultados

O resultado da utilização de sais aniônicos é a manutenção da homeostasia do cálcio sanguíneo. Dessa forma, evita-se a ocorrência de doenças relacionadas diretamente

com a deficiência de cálcio plasmático e também a ocorrência de doenças secundárias a essa deficiência. Vários estudos demonstraram o aumento nas concentrações plasmáticas de cálcio com a utilização de BCA, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Efeito do balanço cátion-aniônico da dieta (BCA) sobre os níveis de cálcio plasmático no dia do parto.

Autores	BCA (mEq./kg de MS)		Cálcio plasmático (mg/dl)	
	Controle	Aniônica	Controle	Aniônica
Block (1984)	+446,9	-176,4	4,83 _b	7,75 _a
Wu et al. (2008)	+127,0	-154,0	8,55 _b	9,02 _a
Oetzel et al. (1988)	+189,0	-75,0	7,40 _b	8,40 _a
Goff et al. (1991a)	+978,0	-228,0	6,58 _b	7,63 _a

Letras minúsculas diferentes na mesma linha significam diferença estatística ($P < 0,05$).

Segundo De Garis e Lean (2009), antigos estudos mostraram que dietas ricas em cátions (alcalinogênicos) sódio e potássio e com baixos níveis de ânions (acidogênicos) cloro e enxofre aumentaram a incidência de febre do leite, e a situação inversa reduziu a incidência da doença (Ender et al., 1962; Dishington, 1975; Dishington e Bjorntad, 1982). Dessa forma, existe uma relação linear entre a redução do BCA e a redução da incidência de febre do leite (Charbonneau et al., 2006; Lean et al., 2006).

Devido ao aumento dos níveis plasmáticos de cálcio em vacas leiteiras que recebem dietas aniônicas, vários estudos mostram que ocorre uma redução no número de doenças pós-parto, como apresentado nas Tabelas 2 e 3.

Devido à pouca palatabilidade de alguns sais aniônicos e a importância do consumo de matéria seca de vacas no pré-parto para a manutenção da saúde e produtividade, é importante que o uso de dietas com diferenças cátion-aniônicas não interfira no consumo animal.

Tabela 2. Ocorrências de doenças em vacas leiteiras alimentadas com dietas com balanço cátion-aniônico (BCA).

Autores	BCA (mEq./kg de MS)		Ocorrência de doenças (%)	
	Controle	Aniônica	Controle	Aniônica
Block (1984)	+446,9	-176,4	47,4%	0%
Oetzel et al. (1988)	+189,0	-75,0	17%	4%
Goff et al. (1991a)	+978,0	-228,0	26,08%	4,16%
Goff e Horst (1998)	+86,7	-90,7	63%	11%

Tabela 3. Balanço cátion-aniônico da dieta sobre a saúde de vacas leiteiras.

Alterações metabólicas	BCA ⁻¹ (mEq./kg de MS)			
	+150	+50	-50	-150
Febre do leite	0/10	0/10	0/9	0/10
Hipocalcemia	2/10	3/10	0/9	0/10
Retenção de Placenta	4/10 ^a	2/10 ^{ab}	0/9 ^b	0/10 ^b
Edema de úbere	2/10	1/10	1/9	1/10
Deslocamento de abomaso	1/10	0/10	1/9	0/10
Mastite	1/10	1/10	1/9	1/10
Número total de doenças	10	7	3	2

Letras minúsculas diferentes na mesma linha significam diferença estatística (P<0,05).

Fonte: Wu et al. (2008).

Porém, Vagnoni e Oetzel (1998) avaliaram a ingestão de matéria seca de vacas leiteiras no pré-parto alimentadas com três fontes de sais aniônicos e observaram uma redução do consumo em relação à dieta-controle. Segundo os autores, essa redução da ingestão de matéria seca pode ter ocorrido devido à redução da palatabilidade da dieta, ou devido à resposta a uma acidose metabólica induzida pela dieta. Outros estudos também têm evidenciado uma redução no consumo de vacas alimentadas com sais aniônicos (Moore et al., 2000; Gaynor et al., 1989).

Por outro lado, Roche et al. (2007) utilizaram oito vacas múltiparas, gestantes e não lactantes divididas em dois grupos, um usando BCA de -200mEq./Kg de MS e o outro +180mEq./Kg de MS. Os autores observaram uma redução no pH urinário médio para o grupo de baixo BCA (6,4 para baixo BCA e 8,4 para maior BCA) e não evidenciaram diferença significativa no consumo de matéria seca entre os dois grupos. Da mesma forma, outros estudos não mostraram redução no consumo de vacas leiteiras no pré-parto recebendo dietas aniônicas (Block, 1984; Oetzel et al., 1988; Oetzel et al., 1991).

4.1.4 - Monitoramento do BCA

Para que se tenha um controle adequado dos níveis de inclusão dos ânions na dieta, evitando-se, assim, problemas de palatabilidade e excesso de acidificação do pH sanguíneo, torna-se necessário monitorá-los de uma forma prática para que sejam evitados erros tanto de excesso quanto de falta de acidificação. A maneira mais utilizada é a mensuração do pH urinário.

O pH urinário fornece uma avaliação eficiente sobre o pH sanguíneo, de modo que se consegue de forma simples e rotineira mensurar com precisão o efeito do BCA (Wu et al., 2008). Em dietas ricas em cátions, o pH urinário geralmente fica acima de 8,0 (Riond, 2001). A urina das vacas deve ser coletada para análise livre de fezes e de secreções vaginais. Segundo Goff (2009), o pH médio da urina de vacas Holandesas deve ficar entre 6,2 e 6,8; já para vacas Jersey, entre 5,8 e 6,3.

Caso o pH médio da urina das vacas esteja entre 5,0 e 5,5, essas vacas podem estar em uma acidose metabólica descompensada, resultando em queda da ingestão de matéria seca. Nesse caso, deve ser reduzida a inclusão de ânions na dieta. Caso o pH esteja acima de 7,0, a dieta pode não estar sendo eficiente em acidificar o sangue, e a resposta do animal a uma redução dos níveis plasmáticos de cálcio pós-parto será menos eficiente.

Roche et al. (2007), avaliando o pH urinário de vacas leiteiras no pré-parto com BCA, observaram que o pH urinário se manteve relativamente constante durante todo o dia. Além disso, para aumentar a absorção de cálcio e reduzir a incidência de febre do leite, é necessário um mínimo de nove dias de fornecimento da dieta. Segundo Goff (2008), quatro a cinco dias de fornecimento é suficiente para induzir a uma acidose metabólica compensatória. Na Tabela 4, são apresentados resultados de alguns estudos em que se mostra o efeito do BCA no pH urinário.

4.2 – Lactação

Vacas leiteiras de alta produção estão expostas a dietas com alto percentual de concentrado no período pós-parto, com grande quantidade de carboidratos rapidamente fermentáveis no rúmen (Hu et al., 2007). Isto muitas vezes resulta em quadros clínicos ou subclínicos de acidose. Dessa forma, a utilização do BCA na dieta tem sido sugerida como estratégia alimentar, já que pode interferir no equilíbrio ácido-básico do organismo, por meio da ação dos cátions Na e K e ânion Cl (Sanchez et al., 1994b).

Block (1994) atribui a melhora da capacidade tamponante do sangue à utilização de valores positivos de BCA na dieta, o que, segundo este autor, resulta em maior consumo de matéria seca e água, e maior produção de leite no período pós-parto.

Tucker et al. (1988) estudaram a relação entre o BCA (-100, 0, +100 e +200mEq/kg de MS) e níveis de Na, K e Cl na dieta de vacas leiteiras da raça Holandesa com três a oito meses de lactação. Valores de BCA abaixo de 0mEq/kg de MS, concentração de 0,33% de Na na dieta e concentração de 0,62% de cloro na dieta resultaram em decréscimo no consumo de matéria seca. Estes autores observaram aumento no pH sanguíneo com o aumento do valor de BCA, acompanhado de aumento nos níveis de HCO_3^- sanguíneo. No entanto, a magnitude do aumento do HCO_3^- sanguíneo foi correlacionada ao mineral e ao nível deste na dieta. O pH ruminal aumentou com o aumento do BCA, sem alterar o perfil de ácidos graxos voláteis no rúmen. Com isso, conclui-se que o BCA interfere no equilíbrio ácido-básico tanto do organismo animal como do rúmen.

Tabela 4. Efeito do balanço cátion-aniônico da dieta (BCA) sobre o pH urinário de vacas leiteiras em diversos estudos.

Autores	BCA (mEq./kg de MS)		pH urinário	
	Controle	Aniônico	Controle	Aniônico
Roche et al. (2007)	+180,0	-200,0	8,4 _a	6,4 _b
Joyce et al. (1997)	+350,0	-70,0	8,35 _a	7,59 _b
Moore et al. (2000)	+150,0	-150,0	7,95 _a	6,01 _b

Letras minúsculas diferentes na mesma linha significam diferença estatística ($P < 0,05$).

Sanchez et al. (1994a) revisaram 10 estudos com vacas leiteiras no terço médio de lactação. Estes autores obtiveram modelos matemáticos em que o BCA tem interferência na ingestão de matéria seca, na produção de leite e na produção de leite corrigida para 4% de gordura. O BCA não tem efeito sobre a composição do leite. Segundo estes autores, o valor de BCA considerado por eles como ideal para vacas em lactação é de +380mEq./kg de MS, sendo acompanhado de concentrações de sódio de 0,58% e magnésio de 0,4% da MS da dieta.

Hu e Murphy (2004) revisaram 12 estudos que utilizaram o BCA para vacas leiteiras em lactação. Estes autores observaram que as principais variáveis afetadas pelo BCA foram o consumo de matéria seca, a produção de leite, a produção de leite corrigida para 4% de gordura e o pH e HCO_3^- sanguíneo. Já a composição do leite não é afetada pelo BCA. Entre os minerais no soro, observou-se que o K e o Cl diminuíram com o aumento do BCA. Estes autores recomendam como ideal o intervalo de 340 a 490mEq./kg de MS do BCA para vacas em lactação.

Também se atribui ao BCA da dieta efeito sobre o metabolismo proteico em vacas de leite. Wildman et al. (2007a) estudaram o efeito do BCA da dieta no metabolismo proteico em vacas leiteiras no terço inicial de lactação. Para isso, forneceram dietas com 15% e 17% de proteína bruta e valores de BCA de 250 e 500mEq./kg de MS em arranjo fatorial. Estes autores encontraram maior disponibilidade de aminoácidos oriundos da dieta com maior valor de BCA e menor percentual de PB. Atribuiu-se este resultado à melhora na eficiência ruminal devido à maior capacidade tamponante em dietas com maior valor de BCA.

Hu et al. (2007) estudaram o efeito do BCA (220 e 470mEq./kg de MS) na dieta de vacas leiteiras da raça Jersey e Holandesa no terço inicial de lactação. Estes autores observaram maior relação no sangue de aminoácidos essenciais:aminoácidos não essenciais e aminoácidos essenciais: aminoácidos totais nas vacas alimentadas com a dieta de BCA de 470mEq./kg de MS.

Hu e Murphy. (2007) estudaram o efeito do BCA da dieta e no metabolismo proteico de vacas no terço inicial de lactação. As dietas utilizadas por estes autores continham 16% e 19% de proteína bruta, e valor de BCA de -30, +220 e +470mEq./kg de MS. Observou-se aumento no consumo de matéria seca com o aumento do valor de BCA, atingindo o ponto máximo de consumo de matéria seca com 400mEq./kg de MS.

Observou-se também aumento na produção de leite corrigida para 4% de gordura, no percentual de gordura e na produção de gordura no leite, percentual de proteína e produção de proteína no leite com o aumento do valor de BCA. Quanto ao metabolismo proteico, observou-se decréscimo na concentração de nitrogênio ureico no leite com o aumento do valor de BCA. A relação de aminoácidos essenciais: aminoácidos não essenciais e a de aminoácidos essenciais: aminoácidos totais aumentaram com o aumento do valor de BCA da dieta. Este achado pode ser atribuído à maior chegada de proteína no intestino delgado, devido ao aumento da eficiência de síntese de proteína microbiana no rúmen.

4.3. - Estresse pelo calor

4.3.1. - Controle da temperatura corporal

As trocas de temperatura entre o ambiente e o organismo animal podem ser classificadas como evaporativas e não evaporativas (condução, convecção e radiação). Nos bovinos, a transpiração e a respiração são as formas de troca de calor por evaporação. Em situações de alta umidade relativa do ar, ocorre a redução da capacidade do bovino em dissipar o calor corpóreo por evaporação, por meio da transpiração e respiração (Dhiman e Zaman, 2002). Segundo Amakiri e Onwuka (1980), as raças bovinas indígenas usam como rota principal para a dissipação do calor a sudorese; enquanto raças exóticas utilizam tanto a respiração quanto a sudorese para executar a troca térmica.

A temperatura corporal é controlada pela ação do sistema nervoso central, mais especificamente pelo centro termorregulador localizado no hipotálamo (Muller, 1989). As células neurosecretoras do hipotálamo reagem ao estímulo do ambiente secretando o neuro-hormônio fator liberador de corticotrofina (CRH). Este atua na adeno-hipófise provocando a secreção do hormônio adenocorticotrófico (ACTH), que irá atuar na glândula adrenal estimulando a produção e a secreção de glicocorticoides (Encarnação, 1997).

Os glicocorticoides participam da regulação do metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas; influenciam o metabolismo de sódio e de potássio, de maneira a alterar o balanço de líquidos corporais; afetam o sistema imune, diminuindo o número de linfócitos e eosinófilos, mas com aumento no número de leucócitos totais (Encarnação, 1997).

4.3.2 - Estresse pelo calor

À medida que a temperatura aumenta, o gradiente de temperatura formado entre o organismo e o ambiente diminui. Com isso, a participação dos processos de troca de calor pela forma não evaporativa diminui, sendo substituídos pelos processos evaporativos (Silanikove, 2000; West, 2003).

Em situações de calor alto, temperaturas acima de 30°C associadas à alta umidade relativa, grande radiação solar e metabolismo intenso, o animal não mantém o equilíbrio térmico por longo tempo, utilizando mecanismos que levam ao aumento da temperatura corporal (Silanikove, 2000). Ocorre a ativação do eixo hipotálamo-adenohipófise-córtex adrenal, alterando o sistema endócrino (Johnson, 1985; Yousef, 1985; Muller, 1989; Encarnação, 1997; Silanikove, 2000). As alterações no fluxo vascular e taquipneia, a alteração na ingestão de água e no seu uso são outras compensações ao estresse pelo calor (McDowell, 1972).

À medida que a hipertermia aumenta, a diminuição da eficiência termorreguladora da atividade respiratória e da sudorese provoca o desajuste dos mecanismos de termorregulação (Muller, 1989). O aumento da secreção de ACTH pela adeno-hipófise afeta o balanço hidroeletrólítico. Os glicocorticoides levam ao aumento da retenção de Na e à maior diurese de K (Forbes, 1962). O hormônio antidiurético, produzido na hipófise posterior, também influencia os níveis de Na plasmático por meio da regulação das mudanças na pressão osmótica do líquido extracelular (National Research Council - NRC, 1980).

O aumento no fluxo de água exige, de forma associada, aumento do fluxo de eletrólitos a fim de que haja movimentação de água através dos reservatórios para a superfície de evaporação (Beede e Collier, 1986). Com o aumento da taxa de sudorese em ambientes de altas temperaturas, os eletrólitos contidos na secreção da pele e a quantidade total de eletrólitos perdidos por esta rota aumentam (Collier et al., 1982). Shalit et al. (1991) estudaram o metabolismo da água e de eletrólitos em vacas de alta produção (>30litros/dia) em ambiente de 28 a 30°C e umidade relativa de 65 a 70% nos períodos pré-prato, início e terço médio de lactação. Estes autores observaram que as perdas evaporativas consistem no principal mecanismo de perda de água, aumentando no período pós-parto em relação ao período pré-parto. As perdas pela produção de leite e fezes, respectivamente, são os outros dois mecanismos de maior importância na perda de água pelo animal. Na urina, houve aumento do volume excretado com redução das concentrações de Na e K. Houve redução também destes elementos nas fezes e no plasma. No período pós-parto, foi observado aumento da excreção de Na devido à produção de leite e ao aumento da ingestão deste elemento comparado ao pré-parto. Com relação ao metabolismo de K, foi observada a diminuição do balanço de K entre os períodos pré-parto e início de lactação, apesar da maior ingestão deste elemento. Os autores justificam esta ocorrência pela alta concentração de K no leite, que seria a causadora da diminuição do balanço deste elemento.

A taquipneia e a sudorese aumentam na tentativa de aumentar as perdas de calor por evaporação. A fim de aumentar a troca calórica pela respiração, há salivação intensa, aumentando as perdas de Na e K pela saliva (Bailey e Balch, 1961; West, 2003). A taquipneia, com baixa frequência e grande volume respiratório, também provoca o aumento das perdas de CO₂ pela ventilação pulmonar, levando à alcalose respiratória. De forma a compensar o abaixamento do pH sanguíneo, ocorre o aumento da

excreção renal de bicarbonato, a qual é acompanhada pela excreção de Na e K (Collier et al., 1982).

4.3.3. - Sódio (Na) e Potássio (K) em situações de estresse pelo calor

O Agricultural Research Council – ARC (1980) observou que, em condições tropicais (40°C-90%UR), a perda de K pela pele por bovinos europeus foi de 1,1g/dia para um macho de 200kg e de 1,8g/dia para uma fêmea de 500kg. Em ambientes de clima temperado, foram observados os valores de 0,1 e 0,2g/dia para os mesmos animais. Observou-se também que as perdas de K pela saliva em ambientes tropicais para bovinos recebendo dietas adequadas em Na eram de 0,7g de K/100kg de PV.dia⁻¹, e que, em dietas deficientes em Na, as perdas de K pela saliva poderiam aumentar até 20 vezes. Para o Na, estes autores encontraram, em condições tropicais, perdas pela pele (suor) de 0,8g/dia para um macho de 200kg e 1,3g/dia para uma fêmea de 500kg. Na saliva, as perdas de Na pelos bovinos foram de 1,4g/100kg PV.

Segundo o ARC (1980), as perdas fecais de K estariam relacionadas à ingestão de MS. Assume-se como sendo constante a perda urinária de K pelos bovinos, sugerindo o valor de 35mg de K/kg de PV. Para o Na, as perdas seriam equivalentes a 0,086 x % Na MS da dieta + 2,88g/dia, e nas fezes a 0,02 g Na/kg de PV na urina.

O NRC (2001) leva em consideração o fator temperatura nas exigências de Na e K para os bovinos de leite. Para a manutenção, são consideradas as perdas pelas fezes e urina como determinantes da exigência destes minerais pelos bovinos. Para o K, considera-se a excreção deste elemento no leite, já que este é o mineral de maior concentração no leite. Em temperaturas de 25 a 30°C, os valores recomendados devem ser adicionados de 0,10g de Na e 0,04g de K para cada 100kg de peso vivo. Em temperaturas acima de 30°C, deve-se adicionar 0,5g de Na e 0,36g de K para cada 100kg de peso vivo. A adição de Na em vacas no periparto deve ser feita com cautela devido à possibilidade de ocorrência de edema de úbere.

Schunke (2001) cita que as quantidades de K nas forrageiras podem ser consideradas suficientes, enquanto as concentrações de Na são deficientes. McDowell (1992) considera ainda a interferência da maturidade, espécie, solo, e adubação na concentração de K em forrageiras. Os cereais apresentam baixas concentrações de K e altas de Na. No entanto, fontes proteicas, como farelo de soja, são consideradas como deficientes em K (McDowell, 1992).

Escobosa e Coopock (1984) estudaram a resposta de vacas em lactação com diferentes níveis de Na e Cl na dieta. O consumo da dieta com 0,46% de Na pelas vacas apresentou como resultado maior consumo de matéria seca e água, respiração mais ofegante, animais com maior temperatura e maior produção de leite.

Sanchez et al. (1994b) citam que, segundo os resultados encontrados na literatura, a adição de bicarbonato de sódio (NaHCO₃) aumenta a ingestão de alimento e melhora o desempenho de vacas em condições de estresse pelo calor. Segundo estes autores,

estes resultados não estariam relacionados à capacidade tamponante do NaHCO_3 , e sim à maior ingestão de Na, que estimularia a capacidade tamponante da saliva.

Mallonee et al. (1994), estudando o efeito do estresse pelo calor e a concentração de K na dieta, observaram perdas 180% superiores de K em animais sem abrigo comparados com animais sombreados. Estes autores observaram perdas de K pelo suor para a raça Holandesa 260% maiores quando comparadas à raça Jersey. Concluíram que há maior necessidade de K para maximizar a produção de leite, recomendando que os níveis deste mineral na dieta devem estar entre 0,66 e 1,08%.

Schneider et al. (1986) estudaram o efeito do estresse pelo calor na produção e no metabolismo mineral de vacas Holandesas em lactação e observaram que níveis de 1,8% de K resultaram em maior ingestão de matéria seca e, quando associados a 0,55% de Na, resultaram em maior produção de leite corrigida para 4% de gordura. Neste trabalho, os animais apresentaram diminuição da concentração plasmática de Na sem alteração na concentração plasmática de K.

West et al. (1987) estudaram o efeito de três níveis de K (0,93, 1,29 e 1,53%) na dieta de vacas Holandesas em lactação em clima quente. Valores de 1,53% de K na dieta resultaram em maior consumo de matéria seca, com maior excreção fecal de Mg. A dieta com 1,29% de K resultou em maior concentração urinária de Na.

Tucker et al. (1991) observaram aumento no ganho de peso em bovinos jovens (em torno de seis semanas), suplementados com cloreto de potássio, sugerindo como exigência deste mineral para esta categoria animal valores de 0,40 a 0,55% da matéria seca da dieta.

Harris Jr. (1992) considera vantajoso o aumento dos níveis de K e Na na dieta de vacas sob condição de estresse pelo calor. Este autor recomenda níveis de 1,5% de K e 0,6% de Na na matéria seca da dieta.

Sanchez et al. (1994a) avaliaram 10 estudos com macrominerais na tentativa de identificar e quantificar a inter-relação entre os elementos, caracterizando o efeito desta com a estação do ano e a produção de leite. A ingestão de matéria seca aumentou com o aumento dos teores de K na dieta, sendo maior a influência deste elemento sobre o consumo durante a estação de verão. Estes autores observaram antagonismo entre os níveis de Na e K na produção de leite corrigida para 3,5% de gordura e na porcentagem de gordura do leite. A ingestão máxima de matéria seca encontrada por estes autores foi com a concentração de 0,58% de Na na dieta. Eles recomendam concentrações de K na dieta entre 0,8 e 1,2%, devendo estas ficarem acima destes níveis para bovinos sob condição de estresse.

Silanikove et al. (1997) estudaram o metabolismo da água, Na, K e Cl em vacas de alta produção, sugerindo que a exigência de K por esta categoria animal estaria em torno de 1,5 a 1,6% da dieta total e que, para o Na, estaria acima de 0,1%. Estes autores também observaram que o balanço de Na não difere entre os períodos pré-

parto, início e terço médio da lactação, enquanto, para o K, a excreção no leite no terço inicial de lactação levaria à menor retenção deste elemento em comparação aos outros períodos avaliados, estando a produção de leite também correlacionada de forma positiva à retenção de K.

4.3.4 - Aplicação do conceito do BCA em condições de estresse pelo calor

O aumento nas concentrações de Na e K na dieta eleva os valores de BCA, já que estes são os principais cátions considerados na equação. Esta afirmação está de acordo com Block (1994), que considera que os valores positivos sugeridos para o BCA na dieta de vacas submetidas a estresse pelo calor são obtidos por meio do aumento das concentrações de Na e K em relação à de Cl.

Sanchez et al. (1994b) relatam, como valores de BCA na dieta, a faixa de 250 a 500mEq./kg de MS que promove aumento no consumo de matéria seca e na produção de leite corrigida para 4% de gordura para vacas em lactação no pós-parto.

Os resultados encontrados para o BCA positivo em dietas de vacas submetidas a estresse pelo calor são atribuídos à melhora do equilíbrio ácido-básico do organismo animal, devido à correlação positiva observada entre BCA da dieta e pH e HCO_3^- sanguíneos (West et al., 1991, 1992; Sanchez et al., 1994b).

West et al. (1991) estudaram o efeito do BCA da dieta em vacas Jersey e Holandesas submetidas a condições de estresse pelo calor e pelo frio. Para isso, foram utilizadas dietas com valores de BCA de -116mEq./kg de MS, 191mEq./kg de MS, 180mEq./kg de MS e 312mEq./kg de MS. Estes autores observaram aumento no consumo de matéria seca, aumento na produção de leite e na produção de leite corrigida para 4% de gordura com o aumento do BCA. Baseando-se nos resultados de produção de leite e no consumo de matéria seca, estes autores observaram que, em condições de estresse pelo calor, o ponto ótimo para o valor de BCA na dieta ficou entre 180 e 190mEq./kg de MS.

West et al. (1992) compararam o aumento nos valores de BCA na dieta de vacas Holandesas em lactação sobre condição de estresse calórico. Utilizaram-se valores de BCA na dieta-controle de 120,4mEq./kg de MS (0,3% de Na e 0,9% de K); com aumento dos níveis de Na, os valores de BCA foram de 220mEq./kg de MS (0,3% de Na e 0,8% de K), 348mEq./kg de MS (0,9% de Na e 0,5% de K) e 464mEq./kg de MS (0,9% de Na e 0,9% de K); e com aumento dos níveis de K de 231mEq./kg de MS (0,3% de Na e 0,9% de K), 353mEq./kg de MS (0,3% de Na e 1,3% de K), 456mEq./kg de MS (0,3% de Na e 1,7% de K). Estes autores observaram aumento no consumo voluntário de matéria seca com o aumento do valor de BCA, não estando este resultado correlacionado ao aumento específico do nível de Na ou K na dieta.

No entanto, Wildman et al. (2007c) estudaram o efeito da interação da relação K:Na (2:1, 3:1 e 4:1) e o BCA (450 e 600mEq./kg de MS) em dietas de vacas leiteiras no terço médio de lactação submetidas à condição de estresse pelo calor. Não foram

observadas diferenças para o consumo de matéria seca entre os tratamentos. Já para a produção de leite e produção de leite corrigida para 4% de gordura, o valor de BCA não apresentou efeito significativo, mas a relação K:Na apresentou efeito quadrático para estas variáveis, sendo que a menor produção de leite (26,2 kg/dia) e a menor produção de leite corrigida para 4% de gordura (27,1 kg/dia) foram observadas na relação K:Na de 3:1. Estes autores demonstram que a relação entre os cátions adicionados na dieta interfere nos resultados obtidos com o BCA.

Wildman et al. (2007b) estudaram a relação entre o BCA da dieta e o metabolismo proteico em vacas de leite da raça Holandesa no terço final de lactação submetidas ao estresse pelo calor. As vacas foram alimentadas com dietas com 15% e 17% de PB e 250 e 500mEq./kg de MS de BCA em arranjo fatorial. Observou-se interação entre a concentração de PB na dieta e o valor BCA para a produção de leite. Tal fato fez com que os autores concluíssem que o BCA de 500mEq./kg de MS para vacas no final de lactação não é benéfico, recomendando, dessa forma, o valor de 250mEq./kg de MS para esta categoria. Quanto ao metabolismo proteico, estes autores observaram que, em dietas com BCA de 500mEq./kg de MS, ocorre o aumento da concentração no soro de aminoácidos totais, aminoácidos essenciais e da relação entre aminoácidos essenciais:aminoácidos totais. Segundo estes autores, isto se deve à menor participação dos aminoácidos no processo de tamponamento celular e extracelular, o que aumenta o fluxo deste para o soro. Outro fator que pode estar associado é a maior absorção devido ao aumento dos níveis de Na e K na dieta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O balanço cátion-aniônico da dieta tem sido utilizado como estratégia alimentar em vacas leiteiras e tem como mecanismo de ação a interferência dos íons Na, K e Cl no equilíbrio ácido-básico.

Os valores de BCA na dieta dependem do estágio, da categoria ou da situação a que as vacas são submetidas. Sugerem-se valores de BCA na dieta de -200mEq./kg de MS para vacas no período pré-parto, entre 200 e 500mEq./kg de MS para vacas em lactação e para vacas em lactação sob condição de estresse calórico, devendo ser observada a categoria animal a ser suplementada e o mineral adicionado para que se obtenha o valor de BCA desejado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Londres: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351p.

AMAKIRI, S.F.; ONWUKA, S.K. Quantitative studies of sweating rate in some cattle breeds in a humid tropical environment. *Anim. Prod.*, v.30, p.383-388, 1980.

BAILEY, C.B.; BALCH, C.C. Saliva secretion and its relation to feeding cattle:1. The composition and rate of secretion of parotid saliva in a small steer. *Br. J. Nutr.*, v.15, p.371-382, 1961.

BEEDE, D.K.; COLLIER, R.J. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J. Anim. Sci.*, v.62, p.543-554, 1986.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.

BLOCK, E. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. *J. Dairy Sci.*, v.67, p.2939-2948, 1984.

BLOCK, E. Manipulating of dietary cation-anion difference on nutritionally related production diseases, productivity, and metabolic responses of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.1437-1450, 1994.

BRUULSEMA, T.W.; CHERNEY, J.H. Manejo do potássio do solo para forragens fornecidas a gado leiteiro. *Inf. Agron.*, v.72, p.6-7, 1995.

CHARBONNEAU, E.; PELLERIN, D.; OETZEL G.R. Impact of lowering dietary cation-anion difference in nonlactating dairy cows: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.537-548, 2006.

COLLIER, R.J.; BEEDE, D.K.; THATCHER, W.W. et al. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.*, v.65, p.2213-2227, 1982.

DE GARIS, P.J.; LEAN, I.J. Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. *Vet. J.*, v.176, p.58-69, 2009.

DHIMAN, T.R.; ZAMAN, M.S. Desafios dos sistemas de produção de leite em confinamento em condições de clima quente. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE GADO DE LEITE, 2., 2002, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG/EV, 2002. p.5-20.

DISHINGTON, I.W. Prevention of milk fever (hypocalcemic paresis puerperalis) by dietary salt supplements. *Acta Vet. Scand.*, v.16, p.503-512, 1975.

DISHINGTON, I.W.; BJORNSTAD, J. Prevention of milk fever by dietary means. *Acta Vet. Scand.*, v.23, p.336-343, 1982.

ENCARNAÇÃO, R.O. *Estresse e produção animal*, 3.ed. Campo Grande: EMBRAPA/CNPQC, 1997. 32p. (Documentos, 34).

ENDER, F.; DISHINGTON, I.W.; HELGEBOSTAD, A. Calcium balance studies in dairy cows under experimental induction and prevention of hypocalcemic paresis puerperalis. *Z. Tierphysiol. Tierernahr. Futtermittelkd.*, v.28, p.233-256, 1971.

ENDER, F.; DISHINGTON, I.W.; HELGEBOSTAD, A. Parturient paresis and related forms of hypocalcemic disorders induced experimentally in dairy cows. *Acta Vet. Scand.*, v.3, suppl. 1, p.5-52, 1962.

ESCOBOSA, A.; COOPOCK, C.E. Effects of dietary sodium bicarbonate and calcium chloride on physiological responses of lactating dairy cows in hot weather. *J. Dairy Sci.*, v.67, p.574-584, 1984.

FORBES, G.B. Sodium. In: COMAR, C.L.; BRONNER, F. *Mineral metabolism: An advanced treatise*. London: Academic Press, 1962. v.2, p.2-72.

GAYNOR, P.J.; MUELLER, F.J.; MILLER, J.K. Parturient hypocalcemia in Jersey cows fed alfalfa haylage-based diets with different cation to anion ratios. *J. Dairy Sci.*, v.72, p.2525-2531, 1989.

GIARDINI, W.V.; DALLARMI, S. Diferença catiônica-aniônica na dieta (DCAD) de bovinos. *Inf. Agron.*, v.72, p.4-5, 1995.

GOFF, J.P. Como controlar a febre do leite e outras desordens metabólicas relacionadas a macro minerais em vacas de leite. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 13., 2009, Uberlândia, MG. *Anais...* Uberlândia, Conapec Jr; Botucatu: UNESP/FMVZ, 2009. p.267-284.

GOFF, J.P. Patophysiology of calcium and phosphorus disorders. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim. Pract.*, v.16, p.319-337, 2000.

GOFF, J.P. The monitoring prevention, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Vet. J.*, v.176, p.50-57, 2008.

GOFF, J.P.; BRUMMER, E.C.; HENNINGET, S.J. al. Effect of application of ammonium chloride and calcium chloride on alfalfa cation-anion content and yield. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.5159-5164, 2007.

GOFF, J.P.; HORST, R.L. Relative acidogenic activity of commonly used anionic salts: re-thinking the dietary cation-anion difference equations. *J. Dairy Sci.*, v.80, suppl., p.169, 1997.

GOFF, J.P.; HORST, R.L. Use of hydrochloric acid as a source of anions for prevention of milk fever. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2874-2880, 1998.

GOFF, J.P.; HORST, R.L.; MUELLER, F.J. et al. Addition of chloride to a prepartal diet high in cations increases 1,25 dihydroxyvitamin D response to hypocalcemia preventing milk fever. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3863-3871, 1991a.

GOFF, J.P.; REIHARDT, T.A.; BEITZ, D.C. et al. Breed affects tissue vitamin D receptor concentration in periparturient dairy cows: a milk fever risk factor? *J. Dairy Sci.*, v.78, suppl. 1, p.184, 1995. (Abstract).

GOFF, J.P.; REIHARDT, T.A.; HORST, R.L. Enzymes and factors controlling vitamin D metabolism and action in normal and milk fever cows. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.4022-4032, 1991b.

GOFF, J.P.; RUIZ, R.; HORST, R.L. Relative acidifying activity of anionic salts commonly used to prevent milk fever. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.1245-1255, 2004.

HARRIS Jr., B. *Feeding and managing cows in warm weather*. Gainesville: Florida Cooperative Extension Service, 1992. 7p. (Dairy Production Guide. Fact Sheet DS, 48).

HORST, R.L.; GOFF J.P.; REINHARDT, T.A. Advancing age results in reduction of intestinal and bone 1,25 (OH)₂D receptor. *Endocrinology*, v.126, p.1053-1057, 1990.

HORST, R.L.; GOFF J.P.; REINHARDT, T.A. et al. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1269-1280, 1997.

HORST, R.L.; REINHARDT, T.A. Vitamin D metabolism in ruminants and its relevance to the periparturient cows. *J. Dairy Sci.*, v.66, p.661-678, 1983.

HU, W.; MURPHY, M.R. Dietary cation-anion difference and protein effects on performance and acid-base status of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.3355-3366, 2007.

HU, W.; MURPHY, M.R. Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of lactating dairy cows: a meta-analysis. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.2222-2229, 2004.

HU, W.; MURPHY, M.R.; CONSTABLE, P.D. et al. Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of dairy cows postpartum. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.3367-3375, 2007.

JONHNSON, H.D. Physiological responses and productivity of cattle. In: YOUSEF, M. *Stress physiology in livestock: Ungulates*. Boca Raton: CRC Press, 1985. v.2, p.3-24.

JOYCE, P.W.; SANCHEZ, W.K.; GOFF, J.P. Effects of anionic salts in prepartum diets based on alfafa. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.2866-2875, 1997.

LEACH, R.M. Dietary electrolytes: Story with many facets. *Feedstuffs*, v.51, p.27, 1979.

LEAN, I.J.; DeGARIS, P.J.; McNEIL, D.M. et al. Hypocalcemia in dairy cows: Meta-analysis and dietary cation anion difference theory revised. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.669-684, 2006.

LECLERC, H.; BLOCK, E. Effects of reducing dietary cation-anion balance for prepartum dairy cows with specific reference to hypocalcemic parturient paresis. *Can. J. Anim. Sci.*, v.69, p.411-423, 1989.

LOMBA, F.; CHAUVAUX, G.; TELLER, E. et al. Calcium digestibility in cows as influenced by the excess of alkaline inos over stable acid ions in their diets. *Br. J. Nutr.*, v.39, p.425-429, 1978.

MALLONÉE, P.G.; BEEDE, D.K.; COLLIER, R.J. et al. Production and physiological responses of dairy cows to varying dietary potassium during heat stress. *J Dairy Sci.*, v.68, p.2630-2639, 1994.

McDOWELL, L.R. *Improvement of livestock production in warm climates*. San Francisco: W.H. Freeman, 1972. 711p.

McDOWELL, L.R. *Minerals in animal and human nutrition*. New York: Academic Press, 1992. 524p.

MOGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: Applications in poultry. *Proc.Nutr. Soc.*, v.40, p.285-295, 1981.

MOORE, S.J.; VANDEHAAR M.J.; SHARMA, B.K. et al. Effects of altering dietary cation-anion difference on calcium and energy metabolism in peripartum cows. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.2095-2104, 2000.

MULLER, P.B. *Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos*. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 1989. 262p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Mineral tolerance of domestic animals*. Washington, DC: National Academic Press, 1980. 577p.

OETZEL, G.R.; FETTMAN, M.J.; HAMAR, D.W. et al. Screening of anionic salts for palatability, effects on acid-base status, and urinary calcium excretion in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.965-971, 1991.

OETZEL, G.R.; OLSON, J.D.; CURTIS, C.R. et al. Ammonium chloride and ammonium sulfate for prevention of parturient paresis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.3302-3309, 1988.

RAMBERG, C.F.; FERGUSON, J.D.; GALLIGAN, D.T. Feeding and managing the transition cow: Metabolic basis of the cation anion difference concept. In: PENNSYLVANIA STATE ANNUAL NUTRITION CONFERENCE, 1996, Philadelphia, PA. *Proceedings...* Philadelphia: Univ. Pennsylvania, 1996. p.19-30.

RIOND, J.L. Animal nutrition and acid-base balance. *Eur. J. Nutr.*, v.40, p.245-254, 2001.

ROCHE, J.R.; DALLEY, D.; MOATE, P. et al. Dietary cation-anion difference and the health and production of pasture fed dairy cows 2. Nonlactating periparturient cows. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.979-987, 2003.

ROCHE, J.R.; DALLEY, D.E.; O'MARA, F.P. Effect of a metabolically created systemic acidosis on calcium homeostasis and the diurnal variation in urine pH in the non-lactating pregnant dairy cow. *J. Dairy Res.*, v.74, p.34-39, 2007.

SANCHEZ, W.K.; BEEDE, D.K.; DELORENZO, M.A. Macromineral element interrelationships and lactational performance: empirical models from a large data set. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.3096-3110, 1994a.

SANCHEZ, W.K.; McGUIRE, M.A.; BEEDE D.K. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: review and original research. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.2051-2079, 1994b.

SCHENEIDER, P.L.; BEEDE, D.K.; WILCOX, C.J. Response of lactating cows to dietary sodium source and quantify and potassium quantify during heat stress. *J. Dairy Sci.*, v.69, p.99-110, 1986.

SCHUNKE, R.M. *Interação entre a adubação de pastagens e a suplementação mineral*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 2001. 25p. (Documentos, 110).

SHALIT, U.; MALTZ, E.; SILANIKOVE, N. et al. Water, sodium, potassium and chlorine metabolism of dairy cows at the onset of lactation in hot weather. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.1874-1883, 1991.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.*, v.67, p.1-18, 2000.

SILANIKOVE, N.; MALTZ, E.; HALEVI A. et al. Metabolism of water, sodium, potassium and chlorine by high yielding dairy cows at onset of lactation. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.949-956, 1997.

STEWART, P.A. Modern quantitative acid-base chemistry. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, v.61, p.1444-1461, 1983.

THILSING-HANSEN, T.; JØRGENSEN R.J.; ØSTERGAARD, S. Milk fever control principles: A review. *Acta Vet. Scand.*, v.43, p.1-19, 2002.

TUCKER, W.B.; HARRISON G.A.; HEMKEN, R.W. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine, and rumen fluid in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.346-354, 1988.

TUCKER, W.B.; HOGUE, J.F.; WATERMAN, D.F. et al. Role of sulfur and chloride in the dietary cation-anion balance equation for lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, v.69, p.1205-1213, 1991.

VAGNONI, D.B.; OETZEL, G.R. Effects of dietary cation-anion difference on the acid-base status of dry cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.1643-1652, 1998.

VERDARIS, J.N.; EVANS, J.L. Diet calcium and pH versus mineral balance in holstein cows 84 days pre to 2 days postpartum. *J. Dairy Sci.*, v.59, p.1271-1277, 1976.

WEST, J.W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.2131-2144, 2003.

WEST, J.W.; COOPOCK, C.E.; MILAM, K.Z. et al. Potassium carbonate as a potassium source and dietary buffer for lactating Holstein cows during hot weather. *J. Dairy Sci.*, v.70, p.309-320, 1987.

WEST, J.W.; HAYDON, K.D.; MULLINIX, B.G. et al. Dietary cation anion balance and cation source effects on production and acid-base status of heat stressed cows. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.2776-2783, 1992.

WEST, J.W.; MULLINIX, B.G.; SANDIFER, T.G. et al. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.1662-1674, 1991.

WILDMAN, C.D.; WEST, J.W.; BERNARD, J.K. Effect of dietary cation-anion difference and dietary crude protein on milk yield, acid-base chemistry, and rumen fermentation. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.4693-4700, 2007a.

WILDMAN, C.D.; WEST, J.W.; BERNARD, J.K. Effect of dietary cation-anion difference and dietary crude protein on performance of lactating dairy cows during hot weather. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.1842-1850, 2007b.

WILDMAN, C.D.; WEST, J.W.; BERNARD, J.K. Effect of dietary cation-anion difference and potassium to sodium ratio on lactating dairy cows in hot weather. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.970-977, 2007c.

WU W.X.; LIU, J.X.; XU, G.Z. et al. Calcium homeostasis, acid-base balance, and health status in periparturient Holstein cows fed diets low cation-anion difference. *Livest. Sci.*, v.117, p.7-14, 2008.

YOUSEF, M.K. Heat production: mechanisms and regulation. In: YOUSEF, M.K. *Stress physiology in livestock: basic principles*. Boca Raton: CRC Press, 1985. v.1, p.47-54.

CAPÍTULO 10

ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS EM SISTEMAS SILVIPASTORIS

*Rogério Martins Maurício¹, Luciano Fernandes Sousa², Alexandre Lima Ferreira³,
Guilherme Rocha Moreira⁴, Lúcio Carlos Gonçalves⁵*

RESUMO

A competitividade da pecuária leiteira no Brasil depende de investimentos em novas tecnologias e processos de produção compatíveis com a conservação ambiental. Os sistemas silvipastoris (SSPs) podem contribuir, parcialmente, para reduzir os problemas decorrentes do desmatamento e da degradação de diferentes ecossistemas agropecuários, além de apresentarem vantagens em relação às monoculturas no que diz respeito ao sequestro de carbono para a redução do efeito estufa. A suplementação alimentar é indispensável para amenizar o déficit nutricional dos rebanhos e reduzir os efeitos da estacionalidade da produção de forragem durante o ano. A utilização de leguminosas forrageiras arbustivas e arbóreas surge como opção para assegurar um bom padrão alimentar dos animais, principalmente durante o período seco, já que elas apresentam conteúdo proteico superior, melhor digestibilidade e maior resistência à seca comparativamente às gramíneas tropicais. Além disso, devido à capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio da atmosfera, incorporam quantidades consideráveis deste nutriente, contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo. Portanto, a implementação de SSPs, com base em pastagens consorciadas de gramíneas e leguminosas arbustivas e arbóreas, apresenta-se como uma opção sustentável para a produção de leite.

INTRODUÇÃO

A pecuária ocupa 30% da superfície seca da terra; desta porção, 65% são áreas com pastagens perenes, 33% são áreas agrícolas usadas na produção de alimento para animais e outros 2% estão ocupados com benfeitorias associadas à produção pecuária (Steinfeld et al., 2006).

¹ Engenheiro Agrônomo, Esp., MSc., Ph.D., Prof. Universidade Federal de São João Del-Rei, Dept. de Engenharia de Biosistemas, Praça Dom Helvécio 74 - Bairro Dom Bosco, CEP 36301-160, São João Del-Rei, MG. rogeriomaucio@ufsj.edu.br.

² Engenheiro Agrônomo, DSc. em Zootecnia, Professor Adjunto da Universidade Federal do Tocantins - UFT, Campus Araguaína, lujank@ufmg.br

³ Médico Veterinário, MSc., Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. axellfire@hotmail.com

⁴ Engenheiro Agrônomo, DSc., Pós-Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG.

⁵ Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

O Brasil possui, atualmente, cerca de 16,7 milhões de vacas leiteiras que produzem, em média, 1 730 litros de leite/vaca/ano, o que o coloca como sexto produtor mundial de leite. Nos últimos 10 anos, a produtividade média brasileira aumentou 390 litros/vaca/ano, enquanto os EUA, no mesmo período, obtiveram um aumento de 1300 litros de leite/vaca/ano (Anualpec, 2008).

A preferência por políticas agrícolas baseadas na utilização de tecnologias dependentes da alta utilização de insumos externos (fertilizantes, agrotóxicos etc.) foi responsável por esse aumento considerável na produtividade da pecuária leiteira nas últimas décadas. Entretanto, estas mesmas tecnologias geraram uma série de problemas socioambientais inesperados (National Research Council - NRC, 1993; Almeida et al., 2001). A degradação dos solos e da paisagem agrícola são os aspectos mais visíveis desta realidade, visto que o uso excessivo da paisagem associado à alta carga animal, acima da capacidade de suporte da pastagem, gera um declínio da biomassa acima do solo, diminuindo os estoques de C e N (Loker, 1993; Biondini et al., 1998; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2001). Além disso, o manejo inadequado do solo gera processos erosivos e contribui para os processos de eutrofização e assoreamento das águas superficiais e contaminação de grande parte da água subterrânea por nitratos e pesticidas (Centre for European Agricultural Studies - CEAS, 2000).

A pecuária leiteira brasileira é dependente de matérias-primas de fertilizantes oriundas de mercados internacionais, comprando algo em torno de 60% do que necessita, principalmente o potássio. Desta forma, o volume utilizado e os custos tornam-se dependentes das oscilações de preços desses nos mercados externos (Gomes, 2002).

Para a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), cujo objetivo é promover a segurança alimentar e nutricional e o desenvolvimento rural, o conceito de intensificação da produção, mundialmente difundido, o qual consiste em maximizar a produtividade com uso de tecnologias dependentes da utilização de insumos externos, está equivocado. Segundo a FAO, a intensificação da exploração agropecuária deve objetivar a produção com a menor “entrada” possível de insumos externos, com intuito de “fechar” o sistema de produção dentro da propriedade (Steinfeld et al., 2006).

Deste modo, é preciso harmonizar as políticas agropecuárias e ambientais, e buscar mecanismos viáveis que promovam a utilização de sistemas produtivos ambientalmente sustentáveis. Os sistemas integrados agrícolas-pecuários-florestais constituem alternativas viáveis e contribuem para a redução e adaptação às mudanças climáticas, recuperação de áreas degradadas e para o desenvolvimento de uma pecuária sustentável e produtiva (Díaz et al., 2009).

Dentre os sistemas integrados de produção pecuária, estão os sistemas silvipastoris, caracterizados pela criação ou manejo de animais em consórcios silviagrícolas, com objetivo de proporcionar sombreamento aos animais, estabilizar a produção de

forragem, produzir leite ou carne, produtos silvícolas, além de proporcionar vários serviços ambientais.

1 - PECUÁRIA E MEIO AMBIENTE

A pecuária global está crescendo mais rápido que qualquer outro setor agropecuário. Esta atividade emprega 1,3 bilhões de pessoas e contribui com aproximadamente 40% da produção doméstica bruta da agricultura global. Salienta-se que, com o crescimento demográfico e do poder econômico da população mundial, projeta-se a necessidade de dobrar a produção de leite para atender a demanda até 2050. Entretanto, paralelamente ao crescimento da produção, os impactos negativos sobre o ambiente estimados em 2050 deverão ser superiores aos já existentes, demonstrando a urgência na busca de sistemas que conciliem produção e conservação ambiental (Steinfeld et al., 2006).

Quanto às emissões de CO₂ relacionadas ao uso da terra (pecuária e agricultura) e às mudanças dos ecossistemas (ex.: conversão de florestas em pastos), a pecuária responde por 9% do CO₂ emitido pelas atividades humanas, além de contribuir para um percentual ainda maior de gases de efeito estufa que são ainda mais prejudiciais, como o metano (CH₄), o óxido nitroso (NO) e a amônia (NH₃) (Lerner et al., 1988; Amon et al., 2002).

Segundo o IPCC (Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas), a pecuária responde por cerca de 40% das emissões de gases de efeito estufa geradas pela agropecuária. Apesar de existirem tecnologias sustentáveis disponíveis, há debilidades estruturais que limitam o acesso de pequenos e médios produtores a estas tecnologias (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2007).

2 - PECUÁRIA E PAGAMENTOS POR SERVIÇOS AMBIENTAIS

A compensação pelos serviços ambientais de áreas preservadas, conservadas ou recuperadas implica decisões governamentais para a formulação e implementação de políticas públicas com esse propósito. De fato, essa ideia tem sido discutida internacionalmente e no Brasil, especialmente no âmbito do programa “Proambiente”. O Proambiente é um programa governamental de desenvolvimento sustentável, que recorre ao conceito de prestação de serviços ambientais para estimular práticas sustentáveis aos produtores familiares da região amazônica (Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2006b).

Dentro deste programa, estão sendo discutidas políticas nacionais de serviços ambientais, em que se estabelecem os mecanismos de pagamento, idealização do Programa Nacional de Serviços Ambientais e do Fundo de Incentivo à Conservação para o Desenvolvimento Sustentável (MMA, 2006a).

O Proambiente vem se deparando com dois problemas cruciais para a sua consolidação – um mecanismo estável e duradouro de financiamento e uma base legal que reconheça o valor econômico dos serviços ambientais (MMA, 2006c). Essas duas questões são realmente os maiores desafios institucionais a serem superados para tornar viável uma política de compensação de serviços ambientais no Brasil.

Em Minas Gerais, os proprietários de áreas urbanas ou rurais que preservarem, em seus terrenos, as nascentes de água e as áreas que contenham biodiversidade e ecossistemas especialmente sensíveis deverão contar com uma ajuda financeira mensal do governo. O Projeto de lei 952/07 criou o programa “Bolsa verde” com foco em propriedades de no máximo 50ha, as quais contemplam a maioria dos produtores de leite do estado que se concentram em propriedades menores que 100ha (Assembleia Legislativa de Minas Gerais - ALMG, 2009).

3 - SISTEMAS SILVIPASTORIS (SSPs)

3.1 - Conceito e classificação dos SSPs

A etimologia da palavra silvipastoril deve ser estudada analisando-se as duas palavras que a formam: “silvi”, derivada de “selva”, que, por sua vez, origina-se da palavra latina “silva”, que significa área naturalmente arborizada; e “pastoril”, oriunda do termo “pastorear”, derivado da palavra grega “pasc”, que significa guiar algo (Houaiss, 2001).

Os conceitos de sistemas silvipastoris estão ligados à definição de desenvolvimento sustentável, que, segundo Speedy (1999), consiste em assegurar a habilidade de satisfazer as necessidades da humanidade no presente, nas esferas social, ambiental e econômica, sem comprometer a habilidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades. Segundo a FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO (1999), esses sistemas são alternativas sustentáveis para produção pecuária nos trópicos, onde se evidenciam diversos tipos de benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Macedo (2000) classifica sistemas agroflorestais (SAFs) em três categorias:

- sistemas agrossilviculturais, caracterizados pela consorciação de espécies florestais nativas e exóticas com espécies agrícolas. Exemplo: consórcio cafeeiro (*Coffea arabica*) e seringueira (*Hevea brasiliensis*);
- sistemas agrossilvipastoris, caracterizados pela criação e pelo manejo de animais domésticos em consórcio de espécies florestais nativas e exóticas com espécies agrícolas. Exemplo: sistema formado por uma arbórea (*Pinus spp.*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), milho (*Zea mays*) e gramínea (*Braquiaria spp.*), e, posteriormente, a inclusão do componente animal (bovino, ovino ou caprino etc.);

- sistemas silvipastoris (SSPs) ou agroflorestais pecuários, caracterizados pela combinação de espécies florestais com plantas forrageiras herbáceas ou rasteiras e animais. Como exemplo, tem-se o sistema estudado por Viana et al. (2002), formado pelas arbóreas bolsa de pastor (*Zeheria tuberculosa*) ou aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All), pela gramínea braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e o pastejo do componente animal (bovino).

Os SSPs podem ser divididos nas seguintes categorias propostas por Veiga e Veiga (2000):

- a) sistemas silvipastoris temporários, quando a associação árvore, pastagem e animal ocorre até certo estágio do plantio arbóreo. Exemplo: SSPs com espécie arbórea para confecção de móveis, em que o componente florestal é prioridade e os animais são retirados logo após as árvores crescerem e o sombreamento impedir o desenvolvimento normal das forrageiras;
- b) sistemas silvipastoris permanentes, quando a integração dos três componentes básicos do sistema (árvore, pastagem e animal) é planejada para funcionar ao longo de toda a exploração. Exemplo: SSPs de produção de leite em que, entre os objetivos das arbóreas, além do sombreamento, está a recomposição de corredores ecológicos entre reservas florestais;
- c) sistemas silvipastoris com componente arbóreo não plantado, incluindo os SSPs cujo componente arbóreo fazia parte ou regenerou da vegetação natural, não sendo plantado pelo produtor;
- d) sistemas silvipastoris com componente arbóreo plantado, em que o componente arbóreo é plantado pelo produtor.

3.2 - Interações entre arbóreas e animais em SSPs

Os SSPs apresentam vantagens, proporcionadas pelas árvores, como a criação de um microclima mais ameno, que beneficia tanto os animais quanto as forrageiras. Com relação aos benefícios animais, os SSPs são importantes para a ambiência animal, pois reduzem a insolação e a temperatura ambiente, promovendo melhor desempenho produtivo, devido às condições ideais de aclimação (Pezo e Ibrahim, 1998; Lourenço Júnior et al., 2002) e à redução do estresse térmico (Carvalho, 1997). Tal aspecto é relevante devido ao fato de a maioria das pastagens brasileiras se encontrarem em zonas climáticas tipicamente tropicais, caracterizadas por elevadas insolações (energia das radiações solares descontadas a energia retida na atmosfera pelas nuvens e pela poluição, ou seja, aquela que atinge a superfície) e radiações solares (emissão de energia proveniente do sol), altas temperaturas e por chuvas em períodos limitados do ano.

Animais protegidos do calor pastam por períodos mais longos, reduzem, em média, 20% o consumo de água e apresentam melhor conversão alimentar, elevando a produção de carne e leite, entre outros benefícios. A temperatura do ar, abaixo da copa das árvores, pode ser de 2 a 3°C inferior à observada a pleno sol, podendo reduzir até 9,5°C (Baumer, 1991; Pezo e Ibrahim, 1998).

3.2.1 - Efeito do pastejo sobre as arbóreas

Na fase de estabelecimento de um SSP, o pisoteio e o consumo das folhas das arbóreas pelos animais (gado, animais silvestres e insetos-praga) constituem a principal barreira, entretanto, com a proteção das mudas (desde que tenha viabilidade econômica, ex.: cerca elétrica), este obstáculo pode ser superado. Quando as árvores alcançam tamanhos suficientes, o pisoteio e o consumo de folhas não são mais um problema, no entanto, dependendo da densidade animal, danos nas cascas das árvores podem levar à redução da população de arbóreas (Dias-Filho e Ferreira, 2007).

3.3 - Interação entre as arbóreas e a pastagem em SSPs

As inter-relações entre as arbóreas e as pastagens são as mais importantes dentro dos SSPs em virtude principalmente do seu maior impacto no sistema como um todo. Na maioria das vezes, as gramíneas apresentam acentuadas diferenças morfofisiológicas, tanto na parte aérea (ex.: estiolamento da planta), quanto na parte subterrânea (ex.: raiz mais profunda) devido à influência das arbóreas (sombra) e à coexistência em um mesmo lugar, satisfazendo as suas necessidades e explorando os mesmos recursos naturais (água, luz e nutrientes). Daí a importância do esclarecimento dos mecanismos básicos destas interações, para promover maior eficiência biológica do sistema (Veiga e Veiga, 2000).

3.3.1 - Interações envolvendo o recurso luz

Em sistemas multiespécies, a competição por luz só passa a ser relevante quando o suprimento de água e nutrientes não é limitante (Connor, 1983). Porém, sistemas multiestrato favorecem plenamente as árvores na competição por luz, ficando a produção da vegetação herbácea sujeita à densidade ou ao espaçamento do componente arbóreo e à sua adaptação fisiológica à baixa intensidade de luz. Plantas com rota de fixação C_4 (gramíneas) são consideradas menos adaptadas a ambientes sombreados do que as plantas C_3 (leguminosas), devido à maior necessidade de luz e consequentemente ATP, comparativamente à C_3 (Krall e Pearcy, 1993; Sage et al., 1999).

A intensidade luminosa incidente sobre o estrato herbáceo é reduzida concomitantemente com o desenvolvimento das arbóreas, ocasionando menores taxas de crescimento das plantas do estrato inferior sombreado. Entretanto, as interações com o clima e as condições hídricas podem determinar o contrário, ou seja, um crescimento igual ou superior àquele quando do início da formação da floresta (Sage et al., 1999).

A luz está fortemente correlacionada com aspectos morfológicos e silviculturais da arbórea, tais como: altura, arranjo e densidade da copa e espaçamento entre as árvores nos SSPs. O nível de radiação solar que atinge o estrato herbáceo é dinâmico ao longo da formação dos SSPs em virtude do crescimento das arbóreas. Uma

exceção ocorre em coqueirais, onde o sombreamento máximo se dá em idade intermediária (10 a 20 anos), diminuindo com o aumento da altura da palmácea (Veiga e Veiga, 2000).

3.3.2 - Interações envolvendo o recurso água

Em algumas condições, as forrageiras dos SSPs se beneficiam do sombreamento proporcionado pelas arbóreas do sistema, por meio do decréscimo na sua própria demanda de água em virtude de uma menor perda, decorrente das menores temperaturas que diminuem o potencial osmótico da atmosfera, fazendo com que a planta transpire menos, perdendo, assim, menos água (Cairo, 1995). Porém, tal efeito positivo não pode ser mantido após as fontes de água do solo terem sido exauridas (Garcia e Couto, 1997).

Onde existe déficit hídrico, os SSPs são bastante afetados pela competição entre pastagem e arbórea por água, principalmente quando as árvores possuem raízes superficiais ou ainda em fase de aprofundamento (Humphreys, 1981). No entanto, as espécies utilizadas e atualmente testadas em SSPs exploram camadas de solos em diferentes profundidades (forrageiras de 0 a 0,20m e arbóreas de 0,20 a 10m), contribuindo, assim, para a diminuição da demanda evapotranspirativa das plantas herbáceas e rasteiras do sub-bosque em face das condições climáticas mais amenas e da menor velocidade dos ventos (McNaughton, 1988).

3.3.3 - Interações envolvendo o recurso nutrientes

As árvores componentes dos SSPs influenciam na quantidade e disponibilidade de nutrientes dentro da zona de atuação do sistema radicular das culturas associadas, principalmente pela possibilidade de extrair ou recuperar nutrientes abaixo do sistema radicular das gramíneas, aumentando a disponibilidade desses nutrientes pela liberação na matéria orgânica do solo (ciclagem de nutrientes) e contribuindo para a fixação de carbono (Ribaski et al., 2009).

De acordo com Botero e Russo (1998), a ciclagem de nutrientes minerais é maior nos sistemas silvipastoris em relação às pastagens tradicionais sem árvores. Ebersohn e Lucas (1965) confirmaram, por meio de ensaio feito na Austrália, que a utilização de árvores em pastagem melhora a fertilidade do solo, aumentando os teores de P e K.

Viana et al. (2002) relataram que SSPs compostos pelas arbóreas *Zeyheria tuberculosa* e *Myracrodruon urundeuva* e pela gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu melhoraram as condições de fertilidade do solo, visto que aumentaram as concentrações de K e Mg na camada arável do solo e também os percentuais de matéria orgânica, característica que possui influência direta na capacidade de troca catiônica.

A maior capacidade dos componentes arbóreos de um SSP em depositar nutrientes em seus tecidos faz com que esse seja mais eficaz no processo de ciclagem de nutrientes, até mesmo em condições de baixa fertilidade natural do solo (Veiga e Veiga, 2000).

3.3.4 - Interações envolvendo alelopatia

É possível que a competição entre árvore e pastagem em SSPs possa ocorrer além do âmbito de atuação da luz, água e nutrientes. As inter-relações alelopáticas entre o componente arbóreo e forrageiro, por se tratarem de uma possibilidade real, devem ser estudadas em virtude das diversas evidências existentes.

Budowski (1983) relatou que o capim-gordura (*Melinis minutiflora*) pode ser considerado como um possível agente causador de prejuízos ao desenvolvimento de algumas árvores (ex.: *Erithrina spp.*).

Na África do Sul, a utilização de restos de *Pinus patula*, *Eucalyptus grandis* e *Acacia mearnsii* mostrou-se eficiente contra a instalação de uma série de invasoras, como *Conyza sumatrensis*, *Trifolium spp.* e *Echinochloa utilis* (Schumann et al., 1995).

Em condições laboratoriais, é simples comprovar os efeitos inibidores (alelopáticos) de alguns extratos de plantas sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas, mas, a campo, a competição por recursos (ex.: água, luz ou nutrientes) pode interferir na identificação dos efeitos alelopáticos negativos sobre o sistema (Humphreys, 1994; Seigler, 1996).

3.4 - Tolerância de forrageiras ao sombreamento

Segundo Wong (1991), a tolerância de forrageiras ao sombreamento pode ser definida como a capacidade de crescimento dessas plantas à sombra, sob a influência de desfolhações regulares, em relação àquele obtido em condições de luminosidade plena. A tolerância ao sombreamento, condição essencial em associações de pastagens com árvores, pode variar sensivelmente entre espécies.

A observação dessa característica é um ponto importantíssimo para o sucesso da implantação e do manejo do SSP, pois uma escolha inadequada para determinado nível de sombreamento pode resultar em degradação do pasto, gerada pela concorrência com invasoras mais tolerantes ao sombreamento. Na Tabela 1, Shelton et al. (1987), revisando vários autores, classificam diversas gramíneas e leguminosas forrageiras quanto à tolerância ao sombreamento.

Tabela 1. Tolerância ao sombreamento de algumas gramíneas e leguminosas forrageiras.

Tolerância ao sombreamento	Gramíneas	Leguminosas
Alta	<i>Axonopus compressus</i>	<i>Calopogonium caeruleum</i>
	<i>Brachiaria miliiformis</i>	<i>Desmodium heterophyllum</i>
	<i>Ischaemum aristum</i>	<i>Desmodium intortum</i>
	<i>Ischaemum tomense</i>	<i>Desmodium ovalifolium</i>
	<i>Ottochloa nodosum</i>	<i>Flemingia congesta</i>
	<i>Paspalum conjugatum</i>	<i>Mimosa pudica</i>
	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	
Média	<i>Brachiaria brizantha</i>	<i>Centrosema pubescens</i>
	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Desmodium canum</i>
	<i>Brachiaria humidicola</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
	<i>Imperata cylindrica</i>	<i>Macroptilium axillare</i>
	<i>Panicum maximum</i>	<i>Neonotonia wightii</i>
		<i>Pueraria phaseoloides</i>
	<i>Vigna luteola</i>	
Baixa	<i>Brachiaria mutica</i>	<i>Calopogonium mucunoides</i>
	<i>Digitaria decumbens</i>	<i>Macroptilium atropurpureum</i>
		<i>Stylosantes guianensis</i>

Fonte: Shelton et al. (1987).

3.5 - Intensidade de sombreamento

A intensidade de sombreamento está relacionada à morfologia das folhas e à arquitetura da copa das árvores, que, por sua vez, vão influenciar a densidade das árvores no sistema (Carvalho et al., 2002). Tais aspectos irão condicionar a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), que, para a maioria das gramíneas tropicais, plantas C₄, deve estar entre 800 – 1200 μmol de fótons/s/m² para um desenvolvimento pleno sem limitações por luz (Glifford, 1974). A RFA a pleno sol nos trópicos está entre 1080 a 2000 μmol de fótons/s/m² a depender da época do ano (Thimijan e Heins, 1983).

Gramíneas forrageiras que possuem tolerância média ao sombreamento têm apresentado redução acentuada da produção de forragem quando submetidas a condições de sombreamento intenso, em geral com níveis de sombra acima de 50% da luz solar plena (Castro et al., 1999; Andrade et al., 2004; Paciullo et al., 2005).

Ensaio recentes realizados no Brasil revelaram que a *B. decumbens* mostrou-se pouco tolerante ao sombreamento intenso (65% de sombreamento em relação à condição de sol pleno), considerando o baixo nível de produtividade obtido.

A diminuição do sombreamento de 65 para 35% resultou em aumentos da ordem de 65% para a massa de forragem (Paciullo et al., 2005), evidenciando a tolerância dessa espécie ao sombreamento moderado. Castro et al. (1999) também observaram redução de 50% no rendimento forrageiro dessa espécie quando cultivada com 60%

de sombreamento artificial. Estes resultados experimentais indicam que a densidade das arbóreas no SSP deve promover apenas sombreamento moderado das forrageiras.

3.6 - Morfofisiologia de forrageiras sombreadas

As árvores reduzem a luminosidade disponível para as pastagens que crescem sob suas copas, condição que afeta, de forma diferenciada, aspectos morfogênicos determinantes da sua produtividade, dependendo da espécie forrageira e do nível de sombreamento (Paciullo et al., 2006a).

Estudos com gramíneas tropicais indicam que o aumento do sombreamento resultou em lâminas foliares e colmos mais longos e folhas de menor espessura (Wong e Wilson, 1980; Wilson e Wong, 1982; Castro et al., 1999). Esses resultados derivam das maiores taxas de alongamento de folhas e colmos quando as plantas são submetidas à luminosidade reduzida, conforme observado em pastagem de *B. decumbens* em condições de sombreamento.

As alterações no perfilhamento são induzidas por mudanças na intensidade e na qualidade da luz interceptada por plantas sombreadas (Wilson e Ludlow, 1991). Segundo esses autores, a qualidade da luz que passa através das copas das árvores é alterada porque as folhas absorvem preferencialmente luz da faixa de 400 a 700nm. As luzes azul e vermelha são reduzidas em comparação com as luzes verde e infravermelha, diminuindo a relação luz vermelha/luz infravermelha. A redução dessa relação, em condições de sombreamento natural, apresenta importantes efeitos sobre a morfogênese das plantas, principalmente diminuindo o perfilhamento das gramíneas (Gautier et al., 1999).

Destaca-se também, como alterações morfológicas provocadas pelo sombreamento, a maior relação parte aérea/raiz (Samarakoon et al., 1990) e a maior proporção de folhas verdes (Wilson et al., 1990).

4 - PRINCIPAIS ARBUSTIVAS E ARBÓREAS UTILIZADAS NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS

4.1 – Leucena

A leucena (*Leucaena leucocephala*) é uma das forrageiras mais promissoras para regiões áridas, principalmente pela sua capacidade de rebrota, inclusive durante o período seco, pela ótima adaptação às diversas condições edafoclimáticas e excelente aceitação pelos ruminantes. O uso da leucena em banco de proteína para pastejo direto ou produção de forragem verde, feno, silagem, adubação verde, consórcio com culturas anuais e gramíneas forrageiras e para produção de sementes mostra-se como uma alternativa viável para a agropecuária (Costa et al., 2001).

Segundo Costa (1987), além de altamente palatável, a leucena produz elevadas quantidades de forragem com altos teores de proteína e minerais, notadamente em solos de alta fertilidade natural, sendo, portanto, uma alternativa de baixo custo para a substituição parcial dos produtos comerciais comumente utilizados na suplementação animal.

De acordo com Franco e Souto (1986), a presença de tanino nas folhas de leucena tem grande benefício na alimentação de ruminantes. O tanino desempenha papel importante na proteção das proteínas contra sua degradação no rúmen, fazendo-as, por conseguinte, mais assimiláveis no intestino delgado e evitando o timpanismo. O material foliar de leucena é também uma excelente fonte de betacaroteno, precursor da vitamina A.

Certamente, a maior desvantagem do uso de leucena é a presença da mimosina, substância tóxica, que, quando ingerida pelo animal em dosagens altas, pode afetar-lhe a saúde, provocando, principalmente, perda de peso, excessiva salivação, perda do apetite, distúrbios digestivos e até a morte (Costa, 1987). A presença dessa substância faz com que o uso exclusivo da leucena como forragem deva ser evitado, devendo ser utilizada na proporção máxima de 30% da proteína total ingerida.

A produção de forragem de leucena dependerá da fertilidade e da disponibilidade de água no solo, das variedades empregadas e do manejo adotado. A literatura cita produções anuais de 20 a 25t de MS/ha com 2 730 a 3 450kg de PB/ha, em regime de dois cortes por ano (National Academy of Sciences - NAS, 1977).

Costa (1987) cita que uma forma de alimentar os animais é cortar os ramos e fornecê-los frescos, triturados ou não. A leucena também pode ser fornecida após secagem dos ramos ao sol visando desprender os folíolos dos ramos seguidos de fenação. Tal feno é de alta qualidade e comparável ao da alfafa.

Franco e Souto (1984) recomendam o plantio consorciado com gramíneas, utilizando o espaçamento de 3,0 a 5,0m entre fileiras de 0,5 a 1,0m entre plantas e, para banco de proteína, um espaçamento de 2,0m x 1,0m.

Segundo Barcelos et al. (2001), o Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC) juntamente com o Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado (CPAC) estão efetuando pesquisas objetivando a seleção de leucenas adaptadas a condições de solos ácidos e que deverão levar à obtenção de variedades tolerantes.

4.2 – Gliricídia

A gliricídia (*Gliricidia sepium*), comumente conhecida como matarraton na Colômbia, é originária do México, estando amplamente distribuída pelos trópicos. É uma leguminosa arbórea perene e caducifólia, podendo alcançar de 10 a 15m de altura e 40cm de diâmetro de caule. Possui folhas compostas (limbo dividido) e imparipinadas

(um folíolo terminal), flores de coloração rósea ou púrpura e frutos em vagens com três a oito sementes (Murgueitio et al., 1999).

Está adaptada ao clima tropical seco, subúmido e úmido, vegeta em solos ácidos, suporta bem períodos de seca e necessita de precipitação pluviométrica mínima de 600mm/ano. Entretanto, não suporta solos encharcados e possui moderada resistência ao fogo (Murgueitio et al., 1999).

A propagação pode ser feita por meio de sementes, formação de mudas ou plantio em covas. O espaçamento utilizado em sistema silvipastoril é de 10m²/planta, e em banco forrageiro de 2m²/planta (Murgueitio et al., 1999).

O rendimento obtido depende da concentração de plantas e das condições edafoclimáticas, atingindo 50 a 70t/ha de matéria verde. Pode ser utilizada como banco proteico, onde se cortam os ramos verdes, sempre deixando gemas aptas ao crescimento. O início do corte é feito quando a planta alcança 1,5m de altura (Murgueitio et al., 1999). Uma opção de uso da gliricídia, dentro do conceito de bancos de proteína, seria o estabelecimento de bosques, permitindo, neste caso, que as plantas atinjam porte arbóreo, em espaçamentos maiores (4 x 4m) com colonização dos espaços entre plantas por gramíneas cultivadas ou nativas (Carvalho Filho et al., 1997).

Outras formas de utilização são em consorciação com gramíneas (sistemas silvipastoris) e como cercas vivas (Murgueitio et al., 1999). Cercas vivas forrageiras podem ser construídas com estacas de madeira intercaladas com estacas de gliricídia de 4,0cm de diâmetro e 2,0m de comprimento (distanciadas 2,5m) enterradas em covas de 30cm de profundidade (Carvalho Filho et al., 1997).

O material comestível (folhas + ramos finos) produzido pela gliricídia pode ser conservado na forma de silagem ou feno. O processo de fenação pode ser feito deixando-se secar ao sol, quando, então, o material fenado é enfardado ou armazenado em medas. No processo de ensilagem, apenas as folhas e as extremidades dos ramos são utilizadas (Carvalho Filho et al., 1997).

4.3 – Guandu

O guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) é uma planta arbustiva, anual ou mais comumente semiperene, normalmente com 1 a 2m de altura, podendo atingir até 4m de altura em manejo plurianual (Haag, 1986). A sua habilidade em produzir economicamente em solos com déficits hídricos o torna uma importante cultura para a agricultura dependente de chuva (Chauhan, 1990).

Ramos (1994) destaca como principal uso a alimentação animal, podendo ser fornecido na forma de feno, silagem, verde picado, seco e moído na forma de farelo e sob pastejo, como banco de proteína ou em consorciação com gramíneas.

Na formação de legumineiras, emprega-se espaçamento de 2 a 3m entre linhas, com seis sementes por metro linear. No entanto, podem ser adotados plantios mais densos, em que se emprega 1,5m entre linhas e seis sementes por metro linear. Porém, nos plantios adensados, há dificuldade de circulação dos animais quando o pastejo for direto, prestando-se mais para esquemas em que se adotam o corte e o fornecimento da forragem desintegrada em cochos (Seiffert e Thiago, 1983).

A produção de MS pode atingir 14t/ha ano, quando a planta é colhida no estágio de maturação das vagens. Isto, no entanto, depende da variedade empregada, da fertilidade do solo, do espaçamento empregado e do manejo imposto à cultura (Skerman, 1977).

4.4 – Erythrina

As leguminosas do gênero *Erythrina* são nativas da América Central, sendo encontradas em uma ampla variedade de habitats, desde bosques tropicais chuvosos de terras baixas a desertos subtropicais muito áridos e até em bosques montanhosos de coníferas acima de 3000m (Neill, 1993). É uma arbórea perene, possui folhas alternadas trifoliadas, flores alaranjadas e apresenta espinhos no caule, podendo alcançar até 24m de altura (Murgueitio et al., 1999).

Desenvolve-se em clima tropical úmido, adapta-se a solos ácidos, possui moderada resistência à seca e inundações, não resiste ao fogo e necessita de precipitação pluviométrica acima de 1000mm/ano. Sua propagação é feita por meio de sementes, formação de mudas ou plantio em covas (3cm de profundidade). O espaçamento utilizado em sistema silvipastoril é de 20m²/plantas e, como banco forrageiro, utiliza-se a densidade de 60 000 plantas/ha. Seu rendimento está em torno de 80 a 90t/ha de matéria verde (Murgueitio et al., 1999).

No Brasil, a *Erythrina verna* (suinã ou mulungu) é uma espécie nativa da Mata Atlântica, de ocorrência na Bahia, Espírito Santo, Zona da Mata de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Vale do Paraíba no estado de São Paulo, entre outros. Apresenta propagação vegetativa por meio do enraizamento de estacas, tal como outras espécies do gênero *Erythrina* (ex.: *Erythrina poeppigiana*), que são bastante utilizadas na América Central como árvores de serviço e alimentação animal, e como cercas vivas (Budowski e Russo, 1993). Segundo Lorenzi (1992), a *E. verna* é uma planta de 10 a 20m de altura, com tronco de 50 a 70cm de diâmetro, que floresce em agosto, quando a árvore perde totalmente as folhas.

4.5 – Algaroba

A algaroba (*Prosopis juliflora* [SW] D.C.), originária da América do Sul e do Havaí, é uma leguminosa arbórea perene que pode atingir de 5 a 10m de altura. Possui folhas bipinadas, flores de coloração creme e frutos em vagens amarronzadas. Desenvolve-se em clima tropical árido e subárido, não tolera solos ácidos e encharcados,

preferindo solos pedregosos e arenosos. Suporta muito bem períodos de seca e exige precipitações pluviométricas de 100 a 1000mm/ano (Murgueitio et al., 1999).

Esta arbórea é bastante difundida no Nordeste, principalmente por constituir uma das raras espécies capazes de possibilitar aos animais e ao homem subsídios necessários para enfrentar longos períodos de seca (Silva et al., 2002).

Pode ser propagada por meio de sementes, formação de mudas ou plantio em covas (3cm de profundidade). No plantio por sementes, é necessário escarificá-las ou submetê-las a temperaturas elevadas (80°C durante quatro minutos) para quebra de dormência e aumento do índice de germinação. Em sistema silvipastoril, é utilizado o espaçamento de 20m²/planta (Murgueitio et al., 1999).

O objetivo principal dessa arbórea é a alimentação animal, além de ser utilizada em reflorestamento, produção de madeira, carvão vegetal, estacas e apicultura (Almeida et al., 2003).

Uma das alternativas de uso inclui a utilização das vagens da algaroba, uma vez que essa pode substituir o milho parcialmente na formulação de concentrados (Rebouças, 2007). A produção anual de vagem *in natura* no nordeste brasileiro pode variar de 0,6 a 1,1 milhão de toneladas, sendo que sua produção se concentra inteiramente nessa região (Silva et al., 2002).

5 - BANCO PROTEICO DE ARBUSTIVAS E ARBÓREAS

A suplementação alimentar é indispensável para amenizar o déficit nutricional dos rebanhos e reduzir os efeitos da estacionalidade da produção de forragem durante o ano (Vilela, 1983). A utilização de leguminosas forrageiras surge como a alternativa mais viável para assegurar um bom padrão alimentar dos animais, principalmente durante o período seco, já que estas, em relação às gramíneas, apresentam alto conteúdo proteico, melhor digestibilidade e maior resistência à seca. Além disso, devido à capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio da atmosfera, incorporam quantidades consideráveis deste nutriente, contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo (Costa et al., 2006).

Segundo Franke e Furtado (2001), banco proteico de arbustivas ou arbóreas são áreas cultivadas exclusivamente ou em consórcio de culturas de plantas arbustivas ou arbóreas durante a estação chuvosa, as quais têm como finalidade prover forragem de alto valor nutritivo, sobretudo proteico, para suplementação alimentar de bovinos leiteiros na forma de pastejo controlado da folhagem, que também pode ser fornecida aos animais *in natura*, fenada e/ou ensilada, durante a estação seca.

Na estação chuvosa, a vegetação forrageira alcança sua produção máxima. Entretanto, durante a estação seca, a produção de fitomassa das gramíneas decresce

bastante e, mesmo sem a presença dos animais, as forrageiras reduzem sua produção (Vilela, 1983).

Para o corte, podem-se usar aproximadamente de 5000 a 10.000 plantas/ha e, para pastejo direto, deve-se usar uma densidade de 2500 a 5000 plantas/ha. O primeiro corte deve ser feito a partir de seis meses a um ano após o plantio, para que haja fortalecimento do sistema radicular (Medrado, 2000).

Segundo Costa et al. (2006), na escolha de leguminosas arbustivas e arbóreas para a formação de bancos de proteína, devem-se considerar as seguintes características: produtividade, composição química, palatabilidade, competitividade com as plantas invasoras, persistência, além da tolerância a pragas e doenças.

Algumas das espécies arbustivas e arbóreas que apresentam potencial para utilização nesses bancos são: algaroba (*Prosopis juliflora*), angico-branco (*Piptadenia sp.*), canafístula (*Pithecolobium multiflorum*), amoreira (*Morus alba*), papoula (*Malvaviscus arboreus*), juazeiro (*Zizyphus sp.*), mororó (*Bauhinia fortficata*), sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), gliricídia (*Gliricidia sepium*), leucena (*Leucaena leucocephala*), eritrina (*Erithrina poepigiana*), mutamba (*Guazuma ulmifolia*) e botão de ouro (*Tithonia diversifolia*) (Franke e Furtado, 2001; Restrepo et al., 2008).

Na Tabela 2 estão apresentadas as características agrônômicas de algumas leguminosas forrageiras utilizadas na formação de bancos de proteína.

Tabela 2. Características agrônômicas de algumas das leguminosas forrageiras arbóreas e arbustivas utilizadas na formação de bancos de proteína.

Leguminosas	Resistência à seca	Tolerância ao encharcamento	Exigência em solo	Palatabilidade
Leucena	alta	baixa	média/alta	alta
Guandu	alta	baixa	média/alta	alta
Botão de ouro	alta	baixa	baixa	alta
Gliricídia	alta	baixa	média	baixa
Algaroba	média/alta	baixa	média/baixa	alta
Eritrina	média	média	média	alta

Fonte: Costa (2003); Restrepo et al. (2008).

As leguminosas tropicais geralmente apresentam altas porcentagens de sementes duras, que impedem a germinação logo após a semeadura. Em geral, a porcentagem de sementes duras está entre 60 e 90%, e a dormência é devido à presença de uma cobertura impermeável à penetração da água, o que impede sua germinação. Em condições naturais, a cobertura torna-se gradualmente permeável e ocorre a germinação de certa proporção de sementes a cada período, o que contribui para assegurar a sobrevivência da espécie, principalmente, em regiões onde ocorrem secas prolongadas (Almeida et al., 1979). A escarificação causa o rompimento da película das sementes, que irá aumentar a permeabilidade à água e, conseqüentemente, estimular a germinação. Esta ruptura poderá ser obtida por diversos métodos mecânicos, químicos ou físicos, que dependem das características da leguminosa (Phipps, 1973).

A área a ser plantada depende da categoria e do número de animais a serem suplementados, de suas exigências nutritivas e da disponibilidade e qualidade da forragem das pastagens. Normalmente, o banco de proteína deve representar de 10 a 15% da área da pastagem cultivada com gramíneas. Recomenda-se sua utilização com vacas em lactação ou animais destinados à engorda. Em média, um hectare possui suporte forrageiro para alimentar satisfatoriamente 15 a 20 e 10 a 15 animais adultos, respectivamente, durante os períodos de chuva e de seca (Costa, 2003).

O período de pastejo deve ser de uma a duas horas/dia, durante a época chuvosa, preferencialmente após a ordenha matinal, gradualmente, à medida que o organismo dos animais se adapta ao elevado teor proteico da leguminosa. O período de pastejo pode ser aumentado para duas a quatro horas/dia, principalmente durante o período seco, quando as pastagens apresentam baixa disponibilidade e qualidade de forragem (Costa et al., 2006). Períodos superiores a quatro horas/dia podem ocasionar distúrbios metabólicos (timpanismo), notadamente durante a estação chuvosa, em função dos altos teores de proteína da leguminosa (Pagani, 2008).

Dois a três meses antes do final do período chuvoso, recomenda-se repouso da área com leguminosas, possibilitando a acumulação de forragem para utilização durante a época seca, a qual deve estar em torno de duas a três t/ha de matéria seca. Quando os animais têm livre acesso e o pastejo não é controlado, deve-se ajustar a carga animal, de modo que a forragem produzida seja bem distribuída durante o período de suplementação. Neste caso, o pastejo poderia ser realizado em dias alternados ou três vezes por semana (Costa et al., 2006).

6 - VALOR NUTRITIVO DE ESPÉCIES ARBUSTIVAS E ARBÓREAS

O conhecimento do valor nutritivo de espécies arbóreas como forrageiras para gado de leite ainda é restrito. Carneiro et al. (2003), analisando bromatologicamente as folhas das leguminosas arbóreas exóticas *Acacia angustissima*, *A. auriculiformis*, *A. mangium* e a nativa *Mimosa arthemisiiana*, encontraram baixo valor nutritivo destas como forrageiras (Tabela 3). Embora os teores de PB tenham sido elevados, destacam-se os baixos valores de digestibilidade, provavelmente decorrentes dos altos teores de lignina.

Contudo, diferentes espécies arbustivas podem fazer parte da alimentação de ruminantes nos trópicos. Entre as diferentes opções, destacam-se as leguminosas cratília (*Cratylia argentea*), leucena (*Leucaena leucocephala*) e gliricídia (*Glyricidia sepium*). Estas forrageiras tropicais são utilizadas na alimentação animal, constituindo importante fonte de forragem, principalmente na época seca do ano (Xavier et al., 1990; Lascano et al., 1995; Murgueitio et al., 2000; Jingura et al., 2001). Outra alternativa para alimentação de ruminantes consiste no uso da amoreira (*Morus alba*), uma espécie que apresenta comprovado valor forrageiro chegando a níveis proteicos ao redor de 25% (Benavides, 2000; Martin et al., 2002).

Tabela 3. Teores percentuais de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, lignina, proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de leguminosas arbóreas.

Espécies	(%)					
	FDN	FDA	Celulose	Lignina	PB	DIVMS
<i>Acacia angustissima</i>	54,8	42,5	15,7	24,9	16,6	21,1
<i>Acacia auriculiformis</i>	45,4	30,0	13,2	13,9	23,6	22,0
<i>Acacia mangium</i>	57,7	42,3	17,6	23,7	16,2	21,0
<i>Mimosa arthemisia</i>	52,1	34,4	16,1	18,6	20,6	14,6
<i>Gliricidia sepium</i>	44,8	27,9	16,1	12,2	19,6	60,5

Fonte: Aroeira et al. (2003); Carneiro et al. (2003).

Estudos realizados por Aroeira et al. (2003) indicam que a gliricídia e a amoreira foram as forrageiras de maior potencial para bovinos de leite, seguidas pela leucena e pela cratília (Tabela 4). As espécies avaliadas podem ser componentes de sistemas silvipastoris, contribuindo para o fornecimento de energia/proteína aos animais.

Tabela 4. Teores percentuais de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, lignina, proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de diferentes leguminosas arbustivas.

Espécies	(%)					
	FDN	FDA	Celulose	Lignina	PB	DIVMS
<i>Leucaena leucocephala</i>	42,6	28,3	16,2	12,7	28,9	56,2
<i>Cratylia argentea</i>	59,0	36,6	18,1	16,7	21,4	48,3
<i>Morus alba</i>	45,3	29,6	20,5	6,4	14,8	60,0

Fonte: Aroeira et al. (2003).

Resultados obtidos em pastagens arborizadas têm indicado que a presença de leguminosa herbácea, além da arbórea, pode induzir a aumento da massa de forragem na pastagem tanto pela sua própria produção quanto pela disponibilização de nitrogênio, estimulando o crescimento da gramínea. Efeitos positivos da leguminosa na massa de forragem total foram observados em pastagens consorciadas de *B. decumbens* com *S. guianensis* cv. Mineirão (Paciullo et al., 2003).

7 - USO DE ARBÓREAS COMO COMPONENTE DA DIETA

O componente arbóreo de um SSP pode também servir de alimento para o componente animal, no entanto tal procedimento só é possível caso se levem em consideração aspectos como porte da espécie que vai ser pastejada, altura da arbórea e manejo de utilização da arbórea (ex.: poda) ou, então, necessidade de colheita (Silva et al., 1996).

A utilização de leguminosas arbóreas, como, por exemplo, a gliricídia (*Gliricidia sepium*), como suplemento da alimentação de bovinos leiteiros pode ser derivada do aproveitamento destas árvores plantadas como moirões de cercas vivas. A cerca viva, sem ocupação de área adicional, pode prover aproximadamente 200kg/ha/ano de matéria seca comestível para cada 0,10km lineares, podada duas vezes ao ano (Carvalho et al., 1997).

Durante o período das águas, ocorre normalmente uma baixa aceitação de seus ramos e galhos pelos animais, sendo, nesta época, indicados para uso como forragem após secagem ou como adubação verde. Na estação seca, geralmente, ocorre a redução da qualidade da gramínea associada, e a gliricídia passa a ser um bom complemento alimentar (Rangel et al., 1998). Entretanto, com o avançar do período seco, a gliricídia perde suas folhas; por essa razão, não pode ser a principal fonte de proteína para este período.

Leguminosas arbóreas costumam não ser aceitas imediatamente nas primeiras vezes em que são fornecidas *in natura* para ruminantes, sobretudo os bovinos leiteiros. Normalmente, é necessário um período de adaptação para que haja o consumo, o que pode ser acelerado com um pré-murchamento da folhagem, procedimento que melhora sua palatabilidade (Carvalho Filho et al., 1997).

A conservação da biomassa (folhas e ramos tenros) produzida durante a estação chuvosa no semiárido sob a forma de silagem é uma estratégia de grande valor para a suplementação de vacas de leite, alimentadas com palma forrageira, como volumoso básico, no período da estiagem. Segundo Carvalho Filho (1999), a silagem de *G. sepium* enriquecida com ureia é uma das formas de reduzir custos de alimentação com a compra de concentrados.

Outra opção seria a utilização de frutos e vagens de arbóreas como componente concentrado de dietas de vacas em lactação. Nobre (1982) evidenciou maior eficiência de produção de leite ao empregar vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* [Swartz] D.C.) trituradas em substituição, em até 60%, ao farelo de trigo na dieta de vacas em lactação.

8 - PRODUÇÃO DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS EM SSPs

O componente arbóreo nos SSPs influencia de diversas maneiras o desenvolvimento do estrato forrageiro. O crescimento das gramíneas em associação com espécies arbóreas pode ser prejudicado ou favorecido, dependendo de fatores como a tolerância das espécies à sombra, o grau de sombreamento ocasionado pelas árvores e a competição entre as plantas, com relação à água e nutrientes no solo (Ribaski, 2000).

Entretanto, existe certo consenso de que sistemas silvipastoris podem reduzir os efeitos da sazonalidade da produção de forragens (Wilson e Ludlow, 1991), visto que a

maior retenção de umidade em pastagens sombreadas pode diminuir a deficiência hídrica no solo, prolongando o período de crescimento vegetativo das gramíneas (Wilson, 1998).

Tais efeitos derivam de interações entre arbóreas e forrageiras, que podem ser responsáveis por uma maior ou menor produção forrageira.

Sartor et al. (2006), avaliando a interferência do sombreamento na produção de matéria seca de cinco espécies forrageiras de inverno, aveia preta (*Avena strigosa* cv. Comum), aveia branca (*Avena sativa* cv. Fapa), azevém (*Lolium multiflorum* cv. Comum), trevo branco (*Trifolium repens* cv. Yi) e cornichão (*Lotus corniculatus* cv. São Gabriel), em sistema silvipastoril com diferentes espaçamentos (15 x 3 e 9 x 3m) entre árvores de *Pinnus taeda*, verificaram que a produção forrageira foi afetada pela densidade das árvores e localização das forrageiras (projeção da copa e na entrelinha) (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5. Produção de forragem (kg de matéria seca/ha) de cinco espécies sob a projeção da copa e fora da projeção da copa*.

Espécies	Local	
	Entrelinhas	Sob a projeção
Aveia preta cv. Comum	1765 ^d	1628 ^{de}
Aveia branca cv. Fapa	3049 ^c	1969 ^d
Azevém cv. Comum	5483 ^a	4382 ^b
Trevo branco cv. Yi	1549 ^{de}	1029 ^e
Cornichão cv. São Gabriel	3649 ^c	2013 ^d

Fonte: Sartor et al. (2006). *Letras na linha e na coluna diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Produção de forragem (kg de matéria seca/ha) de cinco espécies submetidas a dois níveis de sombreamento*.

Espécies	Densidade de árvores (m)	
	9 x 3	15 x 3
Aveia preta cv. Comum	1401 ^{ef}	1992 ^e
Aveia Branca cv. Fapa	1694 ^{ef}	3324 ^c
Azevém cv. Comum	4425 ^b	5440 ^a
Trevo Branco cv. Yi	1273 ^f	1315 ^f
Cornichão cv. São Gabriel	2671 ^d	2991 ^{cd}

Sartor et al. (2006). *Letras na linha e na coluna diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Andrade et al. (2004), avaliando o efeito de níveis de sombreamento artificial (0%, 30%, 50% e 70%) no acúmulo de matéria seca de quatro gramíneas tropicais (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. humidicola*, *Panicum maximum* cv. Massai e *Paspalum notatum* cv. Pensacola), concluíram que as gramíneas *B. brizantha* cv. Marandu e *P. maximum* cv. Massai apresentam boa tolerância ao sombreamento e

alta capacidade produtiva. Porém, a gramínea que apresentou maior tolerância foi o *P. notatum* cv. Pensacola (Tabela 7).

Tabela 7. Acúmulo de matéria seca (kg/ha/dia) de quatro gramíneas, em função do nível de sombreamento artificial e da época do ano*.

Forrageira	Período chuvoso	Período seco
	Pleno sol	
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	56,1 ^a	35,6 ^a
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	56,3 ^a	28,6 ^a
<i>B. humidicola</i> cv. Quicuio-da-amazônia	54,0 ^a	12,4 ^b
<i>Paspalum notatum</i> cv. Pensacola	11,0 ^b	6,6 ^b
	30% de sombra	
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	62,8 ^a	51,0 ^a
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	57,2 ^{ab}	40,1 ^b
<i>B. humidicola</i> cv. Quicuio-da-amazônia	49,2 ^b	30,2 ^b
<i>Paspalum notatum</i> cv. Pensacola	13,0 ^c	14,7 ^c
	50% de sombra	
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	48,1 ^a	48,7 ^a
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	47,0 ^a	34,7 ^{ab}
<i>B. humidicola</i> cv. Quicuio-da-amazônia	45,8 ^a	24,3 ^b
<i>Paspalum notatum</i> cv. Pensacola	22,9 ^b	21,7 ^b
	70% de sombra	
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	22,6 ^a	31,3 ^a
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	28,1 ^a	32,8 ^a
<i>B. humidicola</i> cv. Quicuio-da-amazônia	7,0 ^b	9,1 ^b
<i>Paspalum notatum</i> cv. Pensacola	9,6 ^b	15,0 ^b

Andrade et al. (2004) *Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

9 - VALOR NUTRITIVO DA FORRAGEM EM SISTEMAS SILVIPASTORIS

Em pastagens arborizadas, um aspecto importante a ser analisado é a qualidade da forragem produzida em condições de sombreamento, por influenciar diretamente a produção animal. Entretanto, o efeito da sombra na qualidade de gramíneas tropicais é contraditório na literatura.

A intensidade luminosa interfere na qualidade nutricional das forrageiras (Wilson, 1982; Wilson et al., 1990), a qual é geralmente expressa pelo produto do consumo voluntário de forragem e a digestibilidade dos nutrientes consumidos (Norton et al., 1991).

A composição química é, portanto, outra medida do valor nutritivo da forragem. O sombreamento pode aumentar os teores de nitrogênio de gramíneas forrageiras (Wilson et al., 1990; Carvalho, 1998) e alterar a concentração de alguns minerais, como K, P, Ca e Mg, entre outros (Carvalho, 1998).

9.1 - Composição química e digestibilidade de forrageiras sombreadas

A baixa fertilidade dos solos brasileiros, dentre outros aspectos, é o principal fator limitante da produtividade e da qualidade das pastagens tropicais (Cantarutti e Boddey, 1997).

O sombreamento geralmente favorece o aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo e estimula o crescimento das plantas (Wilson e Wild, 1991), induzindo a aumentos na concentração de nitrogênio das gramíneas (Samarakoon et al., 1990; Kephart e Buxton, 1993; Carvalho et al., 1994; Botero e Russo, 1998; Hernández et al., 1998; Ribaski e Montoya, 2000; Sousa et al., 2007).

Em pastagens de *B. decumbens* sombreadas ou não com leguminosas arbóreas, os teores de proteína bruta foram influenciados pelas condições de luminosidade. Nas lâminas foliares, o teor de proteína bruta (PB) foi 29% maior na sombra do que no sol (Paciullo et al., 2006b). A sombra possibilita maior retenção de água no solo, cujo efeito positivo sobre a atividade microbiana resulta em maior decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nitrogênio (Wilson, 1998).

Sobre os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), os resultados, embora contraditórios, indicam uma tendência de redução dos teores de FDN e aumento da DIVMS em condições de pastagens sombreadas (Carvalho, 2001). Kephart e Buxton (1993) verificaram que, impondo 63% de sombra a cinco espécies de gramíneas forrageiras perenes, o conteúdo da parede celular decresceu em apenas 3% e o teor de lignina em 4%, fatores que contribuíram para um aumento da digestibilidade em 5%. Na sombra, as gramíneas apresentam ligeiro aumento da digestibilidade (1 a 3%), em virtude de sua menor concentração de parede celular. Entretanto, um aumento do teor de lignina foi reportado nas gramíneas cultivadas à sombra, em relação àquelas mantidas em pleno sol (Samarakoon et al., 1990).

Efeito significativo da condição de luminosidade foi observado sobre o teor de FDN da *B. decumbens*, o qual foi maior a pleno sol do que sob a influência das copas das árvores (Paciullo et al., 2006b). Resultado semelhante foi encontrado para as espécies *B. brizantha* e *P. maximum*, cultivadas em diferentes níveis de sombreamento (Denium et al., 1996). De acordo com os autores, a maior concentração de FDN, a pleno sol, é consequência da maior disponibilidade de fotoassimilados, o que resulta em aumento na quantidade de tecido esclerenquimático, com maior número de células e paredes celulares mais espessas.

A literatura mostra que o efeito do sombreamento na DIVMS varia com a espécie, o nível de sombreamento e as condições climáticas, principalmente temperatura e umidade. Quatro anos após a introdução de nove espécies de leguminosas arbóreas em pastagem já formada de *B. decumbens*, foi observado que, durante a estação seca ou em período de menores precipitações, em áreas de pastagem sob a influência da sombra, a *B. decumbens* apresentava melhor qualidade nutricional comparativamente à forragem produzida nas áreas fora da influência das árvores (Carvalho et al., 1999). O teor de PB da forragem foi mais elevado em regime de sombreamento do que a pleno sol, em ambas as estações. Durante a estação chuvosa, as condições de sombreamento não apresentaram efeito significativo na DIVMS da *B. decumbens*. Entretanto, durante a seca, a forragem produzida na sombra apresentou valores de DIVMS maiores do que aqueles observados ao sol (Tabela 8).

Tabela 8. Efeito do sombreamento promovido por quatro espécies arbóreas sobre os teores percentuais de proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da forragem de *Brachiaria decumbens*¹ e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu², em dois períodos do ano.

Espécie	Local de amostragem	Estação seca		Estação chuvosa	
		PB	DIVMS	PB	DIVMS
<i>Acacia angustissima</i>	Sol ¹	4,4	35,6	5,5	42,2
	Sombra ¹	7,5	45,1	6,2	42,1
<i>Acacia auriculiformis</i>	Sol ¹	4,3	40,0	5,4	43,9
	Sombra ¹	8,8	50,9	5,8	43,6
<i>Acácia mangium</i>	Sol ¹	4,3	34,7	5,3	43,4
	Sombra ¹	7,3	48,7	7,6	50,2
<i>Zeheria tuberculosa</i>	Sol ²	-	-	6,9	53,5
	Sombra ²	-	-	9,7	52,9

Fonte: Carvalho et al. (1999); Sousa et al. (2007).

Paciullo et al. (2006b) verificaram maior DIVMS para lâminas foliares de *B. decumbens* desenvolvidas na sombra, quando comparadas a sol pleno (Tabela 9). Os autores relacionaram o elevado valor de DIVMS ao maior teor de PB e menor teor de FDN obtidos em condições de sombreamento.

Denium et al. (1996) observaram efeito positivo da sombra para a *Setaria anceps*, negativo para *P. maximum* e ausência de efeito para *B. brizantha*. Sob sombreamento intenso (28% de transmissão de luz), foram verificados decréscimos nos valores de digestibilidade de várias gramíneas forrageiras, mas, em condições de sombra moderada (64% de transmissão de luz), a digestibilidade aumentou em comparação com o cultivo à luz solar plena.

Tabela 9. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de *Brachiaria decumbens*¹ e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu² em condições de sol pleno ou sombreamento por árvores.

Espécie	Característica	Tratamento		Significância
		Sol pleno	Sombreamento	
<i>Brachiaria decumbens</i>	FDN (%)	75,9	73,1	*
	DIVMS (%)	47,6	53,2	**
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	FDN (%)	68,0	67,7	ns
	DIVMS (%)	53,5	52,9	ns

*Significativo (P < 0.05); ** Significativo (P < 0,01); ns - não significativo (P >0,05)

Fonte: ¹Paciullo et al. (2006b); ²Sousa et al. (2007).

Uma explicação para o aumento da DIVMS em plantas sombreadas pode ser extraída dos relatos de Allard et al. (1991), segundo os quais as células do mesófilo foliar são mais esparsamente arranjadas, com maior quantidade de espaços intercelulares, em condições de sombreamento, quando comparadas a pleno sol, o que contribui para o aumento das taxas de digestão em gramíneas forrageiras.

9.2 - Consumo de forragem por vacas leiteiras em pastagens arborizadas

Malaquias Jr. et al. (2006) não observaram diferenças no consumo de novilhas leiteiras mantidas em sistema silvipastoril ou em pastagem exclusiva de *B. decumbens* na estação chuvosa. Utilizando-se n-alcanos nos cálculos de estimativas de consumo de matéria seca de forragem, verificou-se que as novilhas do SSP ingeriram, em média, 2,36% do peso vivo (PV), enquanto o consumo daquelas mantidas em pastagem exclusiva de braquiária foi de 2,22% do PV. No mesmo trabalho, não foi verificada diferença na composição química da forragem em sistema silvipastoril ou monocultura de *B. decumbens*, o que contribuiu para a semelhança na ingestão de forragem. Ressalta-se que a área da pastagem sob sombreamento representava aproximadamente 30% da área total do SSP, uma vez que as árvores estavam dispostas em faixas na pastagem. É possível que os efeitos benéficos das árvores sobre o valor nutritivo da braquiária crescendo no sub-bosque tenham sido diluídos nos valores médios obtidos em todo o sistema, principalmente porque parte das amostras foi coletada na área de 30m de *B. decumbens*, entre as faixas de árvores. Tal fato contribuiu para a semelhança dos valores obtidos no SSP e na pastagem exclusiva de braquiária. Ademais, alguns trabalhos têm constatado interação entre a época do ano e o sombreamento, revelando que os principais efeitos da sombra na composição química e na DIVMS são percebidos durante a época da seca (Carvalho, 2001).

O consumo de MS e a composição botânica da dieta de vacas Holandesas X Zebu, mantidas em sistema silvipastoril constituído por leguminosas arbóreas (*A. mangium* e *M. arthemisiano*) e pastagem de *B. decumbens* consorciada com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, foram examinados por Aroeira et al. (2005) ao longo de dois anos. O maior consumo das gramíneas (1,91% do PV) foi observado em novembro de

2002, período em que a *B. decumbens* participou de 91,3% da dieta total. O consumo total de MS foi máximo em maio de 2001, coincidindo também com o maior consumo de estilosantes quando a porcentagem desta na dieta foi de 24,1%. Os menores teores de FDN e FDA do pasto foram em maio de 2001, assim como a maior participação da leguminosa na dieta; estes aspectos podem ter contribuído para a maior ingestão total de MS. O consumo de leguminosa foi, em sua maior parte, constituído pelo *S. guianensis*, embora tenha sido observada visualmente, em todos os períodos de avaliação, a ingestão dos ramos mais baixos das leguminosas arbóreas pelos animais. Os resultados demonstraram que a quantidade de leguminosa na pastagem foi importante por influenciar o consumo total de forragem.

10 - PRODUÇÃO ANIMAL EM SISTEMAS SILVIPASTORIS

Ainda são escassos na literatura os resultados sobre desempenho animal, especialmente sobre a produção de leite por animais mantidos em sistemas silvipastoris comparados com aqueles mantidos em monoculturas de gramíneas.

Resultados de Paciullo et al. (2004) sobre o ganho de peso de novilhas leiteiras foram obtidos em sistemas silvipastoris e pastagens exclusivas de *B. decumbens*. Nas avaliações realizadas durante a época das chuvas, o ganho de peso por animal foi semelhante entre os tratamentos, sendo em média de 486g/dia. Entretanto, durante o período seco, o ganho de peso variou com o tipo de pastagem, sendo 40% maior no sistema silvipastoril com arbórea, gramínea e estilosantes (326g/dia), em relação ao observado na monocultura de braquiária (226g/dia).

Alvim et al. (2005) postulam que sistemas silvipastoris implantados em área acidentada e em solo de baixa fertilidade, constituídos por faixas de 30m de pastagens de *B. decumbens* consorciadas com *S. guianensis* e faixas de 10m de espécies arbóreas (*A. angustissima*, *A. mangium*, *A. auriculiformes*, *M. artemisiana* e *Eucalyptus grandis*), podem ser uma opção para acelerar o ganho de peso de novilhas leiteiras em relação à pastagem exclusiva de *B. decumbens*, principalmente na época da seca.

No sudeste da Austrália, foi conduzido experimento para medir a produção de leite de vacas Holandesas em pastagens consorciadas de alta qualidade, tendo acesso ou não à sombra de árvores (Silver, 1987). Após oito semanas de pastejo, a produção média de leite aumentou em 1,45L/vaca/dia entre os animais que tinham acesso à sombra. Além disso, os teores de gordura e proteína do leite das vacas sem acesso à sombra foram inferiores. Esse resultado parece mais relacionado com o efeito da sombra sobre o animal do que das árvores sobre a pastagem, uma vez que se tratava de pastagem melhorada e as árvores não eram distribuídas em toda a área da pastagem, mas dispostas em pequenos bosques.

Em Cuba, Hernandez et al. (1998) mostraram que a produção de leite de um sistema de produção a pasto aumentou em 3557L/ha/ano quando se explorou na propriedade um sistema silvipastoril multiestrato utilizando-se a arbórea *Leucaena leucocephala* cv.

Cunningham, as leguminosas *Stylosanthes guianensis* cv. CIAT-184, *Neonotonia wightii* cv. Tinaroo, *Teramnus labialis* cv. Semilla Clara, *Centrosema pubescens* cv. SIH-129 e as gramíneas *Panicum maximum* cvs. Likoni e SIH-127 e *Chloris gayana* cv. Callide.

Além de incrementos da produção de leite de 10.585 para 12.702L/ha/ano, alguns impactos ambientais puderam ser avaliados numa propriedade da Colômbia (Murgueitio, 2000). O teor de matéria orgânica no solo aumentou de 1,6 a 2,6% simplesmente com a introdução de *Prosopis juliflora* e *Leucaena leucocephala* numa pastagem de capim-estrela.

Há também exemplos de intensificação da produção de leite a pasto em sistemas silvipastoris multiestratos, com obtenção de níveis de produção de leite comparáveis à aplicação de quantidades de 300 a 600kg de sulfato de amônia/ha de fertilizantes nitrogenados (Hernandez et al., 2000; Murgueitio, 2000).

Experiência realizada na Costa Rica mostrou que a suplementação da alimentação de vacas leiteiras com forrageiras arbóreas foi opção de suplementação proteica mais econômica do que as fontes tradicionais utilizadas (Camero, 1995).

Em condições de pesquisas e utilizando-se sistemas multiestratos, na ausência de fertilização e irrigação, com manejo rotativo, foi possível obter produção de leite de 4000kg/ha/ano com carga animal de 2,2 vacas/ha (Hernandez et al., 2000). As espécies forrageiras utilizadas nesse sistema foram: *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, *Stylosanthes guianensis* cv. CIAT-184, *Neonotonia wightii* cv. Tinaroo, *Teramnus labialis* cv. Semilla Clara, *Centrosema pubescens* cv. SIH-129 e *Panicum maximum* (cvs. Likoni e SIH-127).

Níveis mais altos de produção de leite foram obtidos em um sistema silvipastoril com três estratos, constituídos de capim-estrela (*Cynodon. nlemfuensis*), Leucena (*Leucaena leucocephala*) e algaroba (*Prosopis juliflora*), estabelecido no Vale do Cauca, Colômbia. Nesse sistema, a produção de leite proporcionou retorno líquido superior (US\$ 4.311,00) em relação à produção obtida em pastagem de capim-estrela em monocultura adubada com 400kg/ha/ano de ureia (US\$ 3.592,00) (Murgueitio, 2000).

11 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas silvipastoris, em suas diferentes modalidades, possuem potencial para incrementar a produtividade animal por meio da melhoria do conforto térmico, da qualidade da forrageira e da ciclagem de nutrientes do solo. Paralelamente, diante do cenário mundial proporcionado pelas mudanças climáticas, apresentam-se como alternativa capaz de conciliar a produção animal e a conservação ambiental. Entretanto, políticas públicas necessitam ser implementadas visando a maiores investimentos em pesquisas, principalmente em arbóreas ou arbustivas nativas, como

também ao incentivo financeiro a produtores que utilizam SSP, por meio do pagamento pelos serviços ambientais realizados (ex.: sequestro de carbono, conservação de fragmentos florestais e nascentes).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, G.; NELSON, C.J.; PALLARDY, S.G. Shade effects on growth of tall fescue. II. Leaf gas exchange characteristics. *Crop Sci.*, v.31, p.167-172, 1991.

ALMEIDA, F.A.C.; SILVA, J.E.; ARAÚJO, M.E.R. et al. Componentes químicos e estudo da umidade de equilíbrio em vagens de algaroba. *Rev. Bras. Prod. Agroind.*, v.5, p.43-50, 2003.

ALMEIDA, L.D.; MAEDA, J.A.; FALIVENE, S.M.P. Efeitos de métodos de escarificação na germinação de sementes de cinco leguminosas forrageiras, *Bragantia*, v.38, p.83-96, 1979.

ALMEIDA, S.G.; PETERSEN, P.; CORDEIRO, A. *Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. 121p.

ALVIM, M.J.; CARVALHO, M.M.; BOTREL, M.A. et al. Ganho de peso vivo de novilhas leiteiras em sistema silvipastoril e em pastagem *Brachiaria decumbens*. In: REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 19., 2005, Tampico. *Anales...* Tampico: ALPA, 2005. p.20-22. CD-ROM.

AMON, B.; MOITZI, G.; SCHIMPL, M. et al. *Methane, nitrous oxide and ammonia emissions from management of liquid manures, Final Report 2002. On behalf of Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environmental and Water Management and the Federal Ministry of Education, Science and Culture, Research project, 1107*. Vienna: FMESC, 2002.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.39, p.263-270, 2004.

ANUALPEC: *Anuário da pecuária brasileira*. 15.ed. São Paulo: FNP, 2008. 410p.

AROEIRA, L.J.M.; CARNEIRO, E.C.; PACIULLO, D.S.C. et al. Composição química, digestibilidade e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos de algumas espécies forrageiras. *Past. Trop.*, v.25, p.33-37, 2003.

AROEIRA, L.J.M.; PACIULLO, D.S.C.; LOPES, F.C.F. et al. Disponibilidade, composição bromatológica e consumo de matéria seca em pastagem consorciada de *Brachiaria decumbens* com *Stylosanthes guianensis*. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.40, p.413-418, 2005.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa de Minas aprova a Bolsa Verde. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br>>. Acessado em: 16 abr. 2009.

BARCELLOS, A.O.; ANDRADE, R.P.; KARIA, C.T. et al. Potencial do uso de leguminosas forrageiras dos gêneros *Stylosanthes*, *Arachis* e *Leucaena*. In: PEIXOTO, A.M.; PEDREIRA, C.G.S. (Org.). *A planta forrageira no sistema de produção*. Piracicaba: FEALQ, 2001. v.1, p.365-426.

BAUMER, M. Animal production, agroforestry and similar techniques. *Agrofor. Abstr.*, v.4, p.179-198, 1991.

BENAVIDES J.E. La morera un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico. *Pastos Forrajes*, v.23, p.1-14, 2000.

BIONDINI, M.E.; PATTON, B.D.; NYREN; P.E. Grazing intensity and ecosystem processes in a Northern mixed-grass prairie, USA. *Ecol. Appl.*, v.8, p.469-479, 1998.

BOTERO, R.; RUSSO, R.O. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. In: CONFERENCIA SOBRE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN LATINOAMÉRICA, 1998, Roma. *Anais...* Disponível em: <<http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/aga/agap/frg/agrofor1/agrofor1.htm>>. Acessado em: 12 mar. 2009.

BUDOWSKI, G. An attempt to quantify some current agroforestry practices in Costa Rica. In: HUXLEY, P.A. (Ed.). *Plant research and agroforestry*, Nairobi: ICRAF, 1983. p.43-62.

BUDOWSKI, G.; RUSSO, R.O. Live fence posts in Costa Rica: A compilation of the farmer's beliefs and technologies. *J. Sustain. Agric.*, v.3, p.65-87, 1993.

CAIRO, P.A.R. *Curso básico de relações hídricas de plantas*. Vitória da Conquista, BA: UESB, 1995. p.32.

CAMERO, A. Experiencias desarrolladas por el CATIE en el uso del follaje de *Erythrina* sp. en la producción de carne y leche de bovinos. *Agrofor. Américas*, v.2, n.8, p.9-13, 1995.

CANTARUTTI, R.B.; BODDEY, R.M. Transferência de nitrogênio das leguminosas para as gramíneas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: UFV, 1997. p.431-446.

CARNEIRO, J.C.; AROEIRA, L.J.M.; PACIULLO, D. et al. Composição química, digestibilidade e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos de leguminosas arbóreas. *Past. Trop.*, v.25, p.38-41, 2003.

CARVALHO FILHO, O.M. *Silagem de leucena e de gliricídia como fontes proteicas em dietas para vacas em lactação tendo como volumoso a palma-forrageira semidesidratada*. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1999. 6p. (Comunicado Técnico, 82).

CARVALHO FILHO, O.M.; DRUMOND, M.A.; LANGUIDEY, P.H. *Gliricidia sepium - leguminosa promissora para regiões semiáridas*. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1997. 16p. (Circular Técnica, 35).

CARVALHO, M.M. Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO E EM CONFINAMENTO, 1., 2001, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL, 2001. p.85-108.

CARVALHO, M.M. Efeito do sombreamento na produtividade e na qualidade da forragem em pastagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. *Anais...* Goiânia: UCG, 1998. p.99-117.

CARVALHO, M.M. Utilização de sistemas silvipastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., 1997, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997. p.164-207.

CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, F.D. et al. *Estabelecimento de sistemas silvipastoris: ênfase em áreas montanhosas e solos de baixa fertilidade*. Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL, 2002. 11p. (Circular Técnica, 68).

CARVALHO, M.M.; BARROS, J.C.; XAVIER, D.F. et al. Composición química del forraje de *Brachiaria decumbens* asociada con tres especies de leguminosas arbóreas. In: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUARIOS SOSTENIBLES, 6., 1999, Cali. *Memorias...* Cali: CIPAV, 1999. 1 CD-ROM.

CARVALHO, M.M.; SILVA, J.L.O.; CAMPOS Jr., B.A. et al. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição mineral da forragem de pastagens de braquiária. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.23, p.709-718, 1994.

CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. *Rev. Bras. Zootec.*, v.28, p.919-927, 1999.

CENTRE FOR EUROPEAN AGRICULTURAL STUDIES. The environmental impact of dairy production in the EU: Practical options for the improvement of the environmental impact final report - 2000. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/agriculture/pdf/dairy.pdf>>. Acessado em: 1 abr. 2009.

CHAUHAN, Y.S. Pigeonpea: agronomic management. In: NENE, Y.L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K. (Ed.). *The pigeonpea*. Wallingford, UK: CAB International, 1990. p.257-278.

CONNOR, D.J. Plants stress factors and their influence on production of agroforestry plant associations. In: HUXLEY, P.A. (Ed.). *Plant research and agroforestry*. Nairobi: ICRAF, 1983. p.249-256.

COSTA, J.V.T.; LIRA Jr., M.A.; FERREIRA, R.L.C. et. al. Desenvolvimento de nódulos e plantas de caupi (*Vigna unguiculata*) por métodos destrutivos e não destrutivos. *Rev. Caatinga*, v.19, p.11-19, 2006.

COSTA, N.L. Formação e manejo de bancos de proteína. In: Holanda Filho, Z.F. (Org.) *Recomendações técnicas para a agropecuária de Rondônia: Manual do produtor*. Porto Velho: EMBRAPA/Rondônia, 2003. p.59-60. (Documentos, 73).

COSTA, N.L. *Recomendações técnicas para o cultivo da leucena*. Porto Velho: Embrapa/UEPAE, 1987. (Comunicado Técnico, 50).

COSTA, N.L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; PEREIRA, R.G.A. (Org.) *Formação e manejo de pastagens de leucena em Rondônia*. Porto Velho: Embrapa/Rondônia, 2001. 2p. (Recomendação Técnica, 30).

DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZEINAB, M.H.J. et al. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. Trichoglume). *Neth. J. Agric. Sci.*, v.44, p.111-124, 1996.

DIAS-FILHO, M.B.; FERREIRA, J.N. Barreiras à adoção de sistemas silvipastoris no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIS DA AMÉRICA DO SUL, 2., 2007, Juiz de Fora. [Anais eletrônicos...] Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL. 2007. 1 CD-ROM.

DÍAZ, T. Pecuária e meio ambiente: buscando soluções para a ameaça. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/pr/ganaderia/medioamb.htm>>. Acessado em: 1 abr. 2009.

EBERSOHN, J.P.; LUCAS, P. Trees and soil nutrient in South-western Queensland. *J. Agric. Anim. Sci.*, v.22, p.431-435, 1965.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Degradação das pastagens e o ciclo do nitrogênio*. Seropédica: EMBRAPA/CNPAB, 2001. 45p. (Informativo, ano 5).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *State of the world's forest*. Rome: FAO, 1999. 154p.

FRANCO, A.A.; SOUTO, S.M. Contribuição da fixação biológica de N₂ na adubação verde. In: ADUBAÇÃO verde no Brasil. Campinas: Fundação Cargil, 1984. p.199-215.

FRANCO, A.A.; SOUTO, S.M. *Leucaena leucocephala: uma leguminosa com múltiplas utilidades para os trópicos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1986. 7p. (Comunicação técnica, 2).

FRANKE, I.L.; FURTADO, S.C. *Sistemas silvipastoris: Fundamentos e aplicabilidade*. Rio Branco: EMBRAPA/Acre, 2001. 51p. (Documentos, 74).

GARCIA, R.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris: Tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: UFV, 1997. p.445-471.

GAUTIER, H.; GRANCHER, C.; HAZARD, I. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. *Annu. Bot.*, v.83, p.423-429, 1999.

GLIFFORD, R.M. A comparison of potential photosynthesis, productivity and yield of plant species with different photosynthetic metabolism. *Aust. J. Plant Physiol.*, v.1, p.107-117, 1974.

GOMES, S.T. Situação atual e tendências de competitividade de sistemas de produção. In: VILELA, D.; BRESSAN, M.; GOMES, A.T. et al. (Ed.). *O agronegócio do leite e políticas públicas para o seu desenvolvimento sustentável*. Juiz de Fora: Embrapa/CNPGL, 2002. p.67-81.

HAAG, H.P. *FORAGEIRA NA SECA: algaroba, guandu e palma forrageira*. Campinas: Fundação Cargil, 1986. 137p.

HERNANDEZ, D.; CARBALLO, M.; REYES, F. et al. Explotación de un sistema sivopastoril multiasociado para la producción de leche. In: TALLER SIVOPASTORIL LOS ÁRBORES Y ARBUSTOS EN LA GANDERIA, 3., 1998, Matanzas. *Memorias...* Matanzas:EEPF Hatuey, 1998. p.214.

HERNANDEZ, I.; MARTIN, G.; MILERA, M. et al. Alternativas de utilización de los árboles en sistemas ganaderos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 2000, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2000. CD-ROM.

HOUAISS, A. *Dicionário eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. 1 CD-ROM.

HUMPHREYS, L.R. *Environmental adaptation of tropical pastures plants*. London: McMillan, 1981. 216p.

HUMPHREYS, L.R. *Tropical forages: their role in sustainable agriculture*. London: Longman. 1994. 414p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2007: The physical science basis. Summary for policymakers - Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Paris: IPCC, 2007. 21p.

JINGURA, R.M.; SIBANDA, S.; HAMUDIKUWANDA, H. Yield and nutritive value of tropical forage legumes grown in semi-arid parts of Zimbabwe. *Trop. Grassl.*, v.35, p.168-174, 2001.

KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R. Forage quality response of C₃ and C₄ perennial grasses to shade. *Crop Sci.*, v.33, p.831-837, 1993.

KRALL, J.P.; PEARCY, R.W. Concurrent measurements of oxygen and carbon-dioxide exchange during light flecks in maize (*Zea mays* L.). *Plant Physiol.*, v.103, p.823-828, 1993.

LASCANO, C.E.; MAASS, B.; KELLER-GREIN, G. Forage quality of shrub legumes evaluated in acid soils. In: EVANS, D.O.; SZOTT, L.T. (Ed.). *Proceedings of the Workshop Nitrogen Fixing Trees For Acid Soils*. Turrialba: NFTA, CATIE, 1995. p.228-236.

LERNER, J.; MATTHEWS, E.; FUNG, I. Methane emissions from animals: A global high resolution database. *Global Biogeochem. Cycles*, v.2, p.139-156, 1988.

LOKER, W.M. The human ecology of cattle raising in the peruvian amazon: The view from the farm. *Hum. Organ.*, v.52, p.14-24, 1993.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras*. São Paulo, SP: Plantarum, 1992. 352p.

LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; TEIXEIRA NETO, J.F.; COSTA, N.A. et al. Alternative systems for feeding buffaloes in Amazon Region. In: BUFFALO SYMPOSIUM OF THE AMERICAS, 1., 2002, Belém. *Proceedings...* Belém: Embrapa, 2002. p.31-42.

MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; FILHO, A.A.T. Princípios de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável. *Inf. Agropec.*, v.21, n.202, p.93-98, 2000.

MALAQUIAS Jr, J.D.; PAINE, L.J.M.; DAMASCENO, R.C. et al. Consumo de matéria seca de novilhas Holandês x Zebu em sistema silvipastoril e em pastagem exclusiva de braquiária, utilizando a técnica dos n-alcanos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. *[Anais eletrônicos...]* João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM.

MARTIN, G.; REYES, F.; HERNANDEZ, I. Et al. Agronomic studies with mulberry in Cuba. In: SÁNCHEZ, M.D. (Ed.). *Mulberry for animal production*: Rome: FAO, 2002. p.103-113. (FAO Animal Production and Health. Paper, 147).

McNAUGHTON, K.G. Effects of windbreaks on turbulent transport and microclimate. In: BRANDLE, J.R.; HINTZ, D.L.; STURROCK, J.W. (Ed.). *Windbreaks technology*. Amsterdam: Elsevier, 1988. p.17-39.

MEDRADO, M.J.S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A.P.M. (Ed.). *Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000. p.269-312.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. *Bases para uma política de serviços ambientais para o desenvolvimento*. Brasília: MMA, 2006a.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. *Projeto de minuta de projeto de lei. dispõe sobre a política de serviços ambientais, e dá outras providências*. Brasília: MMA, 2006b.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria Executiva. Fundo Nacional do Meio Ambiente. *Relatório do Projeto de Cooperação Técnica Brasil - Reino dos Países Baixos de Geração de Conhecimento em Mudanças Climáticas e Desertificação*. Brasília: MMA, 2006c.

MURGUEITIO, E. Sistemas agroflorestales para la producción ganadera en Colombia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 2000, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL, 2000. CD-ROM.

MURGUEITIO, E.; ROSALES, M.; GÓMEZ, M.E. *Agroforestería para la producción animal sostenible*. Cali: Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), 1999. 67p.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Leucaena: promising forage and treecrop for the tropics*. Washington, DC: National Academy Press, 1977. 115p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Sustainable agriculture and the environment in the humid tropics*. Washington: National Academy Press, 1993. 702p.

NEILL, D.A. The genus *Erythrina*: taxonomy, distribution and ecological differentiation. *Erythrina* in the new and old worlds. *Missouri Bot. Garden Bull.*, n.63, p.166, 1993.

NOBRE, F.V. *Algaroba na alimentação de vacas em lactação*. 1982. 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

NORTON, B.W.; WILSON, J.R.; SHELTON H.M. et al. The effect of shade on forage quality. In: SHELTON, H.M.; STUR, W.W. (Ed.). *Forages for plantation crops*. Canberra: ACIAR, 1991. p.83-88.

PACIULLO, D.S.C.; AROEIRA, L.J.M.; ALVIM, M.J. et al. Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.38, p.421-426, 2003.

PACIULLO, D.S.C.; AROEIRA, L.J.M.; PIRES, M.F. A. Sistemas silvipastoris para produção de leite. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 23., 2006. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: USP/FEALQ, 2006a. p. 365-426.

PACIULLO, D.S.C.; AROEIRA, L.J.M.; VIANA FILHO, A. et al. Desempenho de novilhas mestiças Europeu x Zebu, mantidas em sistema silvipastoril ou em monocultura de braquiária. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B. ; LOPES, F.C.F. et al. Morfofisiologia e produção de forragem da *Brachiaria decumbens* sob sombreamento por árvores ou a pleno sol. In: REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 19., 2005, Tampico. *Anais...* Tampico, 2005. 1 CD-ROM.

PACIULLO, D.S.C.; MORENZ, M.J.F.; CARVALHO, C.A.B. et al. Valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* em condições de sombreamento por árvores ou a sol pleno. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006b, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006b. 1 CD-ROM.

PAGANI, J.A.B. Timpanismo em ruminantes. *Rev. Cient. Eletr. Med Vet.*, v.6, p.1-6, 2008.

PEZO, D.; IBRAHIM, M. *Sistemas silvipastoriles*. Turrialba: CATIE, 1998. 12p. (CATIE. Materiales de Enseñanza, 40).

PHIPPS, R.H. Methods of increasing the germination percentage of some tropical legumes. *Trop. Agric.*, v.50, p.291-296, 1973.

RAMOS, G.M. *Recomendações práticas para o cultivo do guandu para produção de feno*. Teresina: EMBRAPA/CPAMN, 1994. 16p. (Circular Técnica, 13).

RANGEL, J.H.A.; LIMA, J.O.A.A.; ALMEIDA S.A. *Efeito do pastejo sobre a persistência, produtividade e qualidade dos consórcios Brachiaria brizanta cv. Marandu, com o Arachis repens e Gliricidia sepium nos Tabuleiros Costeiros*. Aracaju: EMBRAPA/CPATC, 1998. 17p. (Relatório final de projeto).

REBOUÇAS, G.M.N. *Farelo de vagem de algaroba na alimentação de ovinos Santa Inês*. 2007. 48f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2007.

RESTREPO, E.M.; CARDONA, C.A.C.; RAMÍREZ, J.F.N. *Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo*. Cali: Fundación CIPAV, 2008. 490p.

RIBASKI, J. *Influência da algaroba (Prosopis juliflora (SW.) DC.) sobre a disponibilidade e qualidade da forragem de capim-buffel (Cenchrus ciliaris L.) na região semiárida brasileira*. 2000. 165f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curso de Engenharia Florestal, Curitiba.

RIBASKI, J.; MONTOYA L.J.; RODIGHERI, H.R. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. Disponível em: <www.planetaorganico.com.br/TrabRibaski.htm>. Acessado em: 18 abr. 2009.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L.J.V. Sistemas silvipastoris desenvolvidos na Região Sul do Brasil: A experiência da Embrapa Florestas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 1., 2000, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: Embrapa/CNPGL, 2000. 1 CD-ROM.

SAGE, R.F.; WEDIN, D.A.; LI, M. The biogeography of C₄ photosynthesis: patterns and controlling factors. In: SAGE, R.F.; MONSON, R.K. (Ed.). *C₄ plant biology*. San Diego: Academic, 1999. p.313-373.

SAMARAKOON, S.P.; WILSON, J.R.; SHELTON, H.M. Growth, morphology and nutritive value of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. *J. Agric. Sci.*, v.114, p.161-169, 1990.

SARTOR, L.R.; Soares, A.B.; ADAMI, P. et al. Produção de forragem de espécies de inverno em ambiente sombreado. *Synergismus scyentifica*, v.1, p.13-21, 2006..

SCHUMANN, A.W.; LITTLE, K.M.; ECCLES, N.S. Suppression of seed germination and early seedling growth by plantation harvest residues. *S. Afr. J. Plant Soil*, v.12, p.170-172, 1995.

SEIFFERT, N.F.; THIAGO, L.R.L. *Legumineira: cultura forrageira para produção de proteína*. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 1983. 52p. (Circular Técnica, 13).

SEIGLER, D.S. Chemistry and mechanisms of allelopathic interactions. *Agron. J.*, v.88, p.876-885, 1996.

SHELTON, H.M.; HUMPRHEYS, L.R.; BATELLO, C. Pastures in the plantations of Asia and the pacific: performance and projects. *Trop. Grassl*, v.21, p.159-168, 1987.

SILVA, J.H.V.; SILVA, E.L.; JORDAO FILHO, J. et al. Valores energéticos e efeitos da inclusão da farinha integral da vagem de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) em rações de poedeiras comerciais. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, p.2255-2264, 2002.

SILVA, J.L.S.; GARCIA, R.; SAIBRO, J.C. Desenvolvimento de bovinos e seus efeitos sobre árvores em florestas de eucalipto (*Eucalypto saligna*) na região fisiográfica da Depressão Central no RS. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS: FOREST'96, 4., 1996, Belo Horizonte. *Resumos...* Belo Horizonte: BIOSFERA, 1996. p.211-219.

SILVER, B.A. Shade is important for milk production. *Qld. Agric. J.*, v.113, p.95-96, 1987.

SKERMAN, P.J. *Tropical forage legumes*. Rome: FAO, 1977. 610p.

SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, p.1029-1037, 2007.

SPEEDY, A. Farmers: Their animals and the environment. *World Anim. Rev.*, v.92, n.2, p.1-2, 1999.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T. et al. *Livestock's long shadow: Environmental issues and options*. Roma: FAO, 2006. 390p.

THIMIJJAN, R. W.; HEINS, R. D. Photometric, radiometric, and quantum light units of measure: a review of procedures for interconversion. *Horticult. Sci.*, v.18, p.818-822, 1983.

VEIGA, J.B.; VEIGA, D.F. Sistemas silvipastoris na Amazônia oriental. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 2000, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: Embrapa/CNPGL, 2000. FAO. 1 CD-ROM.

VIANA, V.M.; MAURÍCIO, R.M.; MATTA-MACHADO, R. et al. Manejo de la regeneración natural de especies nativas para la formación de sistemas silvopastoriles en las zonas de bosques secos del sureste de Brasil. *Agrofor. Am.*, v.9, n.33-34, p.48-52, 2002.

VILELA, D. Feno. *Inf. Agropec.*, v.9, n.108, p.29-31, 1983.

WILSON, J.R. Influence of planting four tree species on the yield and soil water status of green panic pasture in subhumid south-east Queensland. *Trop. Grassl.*, v.32, p.209-220, 1998.

WILSON, J.R.; HILL, K.; CAMERON, D.M. The growth of *Paspalum notatum* under shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. *Trop. Grassl.*, v.24, p.24-28, 1990.

WILSON, J.R.; LUDLOW, M.M. The environment and potential growth of herbage under plantations. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. (Ed.). *Forages for plantation*

crops. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1991. p.10-24. (ACIAR Proceedings, 32).

WILSON, J.R.; WILD, D.W.M. Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading. In: SHELTON, H.M.; STUR, W.W. (Ed.). *Forages for plantation crops*. Canberra: ACIAR, 1991. p.77-82.

WILSON, J.R.; WONG, C.C. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and Siratro pastures. *Aust. J. Agric. Res.*, v.33, p.937-949, 1982.

WONG, C.C. Shade tolerance of tropical forages. In: SHELTON, H.M.; STUR, W.W. (Ed.) *Forages for plantation crops*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1991. p.64-69. (ACIAR Proceedings, 32).

WONG, C.C.; WILSON, J.R. The effect of shade on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Aust. J. Agric. Res.*, v.31, p.269-285, 1980.

XAVIER, D.F.; CARVALHO, M.M.; BROTEL, M.A. Curva de crescimento e acumulação de proteína bruta da leguminosa *Cratylia floribunda*. *Past. Trop.*, v.12, p.35-38, 1990.

CAPÍTULO 11

MINERAIS NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE LEITE

*Gustavo Henrique de Frias Castro¹, René Galvão Rezende Martins²,
Lúcio Carlos Gonçalves³, Sandra Gesteira Coelho⁴*

RESUMO

Os minerais são vitais para a maximização do desempenho em sistemas de produção de leite. Para isso, deve-se ter conhecimento do papel de cada elemento no metabolismo ruminal e animal. Cálcio, fósforo, magnésio, enxofre, potássio, sódio, cloro, ferro, manganês, cobre, iodo, cobalto, zinco, selênio, molibdênio são os principais minerais exigidos na dieta de bovinos de leite. Vários fatores interferem na nutrição mineral como: interação entre minerais e outros compostos, fonte do mineral, forrageira, alimento concentrado, solo etc. No balanceamento dos minerais em dietas ou misturas para bovinos leiteiros, devem-se considerar todas as variáveis citadas anteriormente, bem como a exigência da categoria animal, o consumo e a forma de fornecimento para os animais. Em sistemas confinados, o fornecimento via concentrado tem sido preferido, já que garante a ingestão dos minerais, enquanto, em sistemas a pasto, a mistura mineral é mais utilizada. A forma de fornecimento é fundamental para garantir a nutrição mineral em bovinos de leite. Outras aplicações da suplementação mineral em bovinos de leite têm sido vislumbradas, como a manipulação da fermentação ruminal por meio da adição e do balanceamento destes nutrientes na dieta.

INTRODUÇÃO

A concentração de cinzas no organismo animal varia em função da espécie, correspondendo a cerca de 2 a 5% do organismo. Dentre os 36 minerais encontrados no organismo animal, 25 deles podem ser considerados, atualmente, como essenciais (Andriquetto et al., 1990). Segundo Loosli e Guedes (1976), um nutriente é considerado essencial quando, adicionado à dieta, corrige os sintomas apresentados pelo animal, que volta ao seu estado de saúde normal.

Entre os minerais essenciais, os elementos requeridos em quantidades relativamente maiores (em gramas) são chamados *macroelementos*, como o cálcio (Ca), o fósforo (P), o magnésio (Mg), o enxofre (S), o potássio (K), o sódio (Na) e o cloro (Cl). Os

¹ Médico Veterinário, DSc, Prof. Adjunto I do Dep. De Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri. Rod. BR 367, km 583, Campus JK, 39100-000 – Diamantina, MG. ghfcvet@yahoo.com.br

² Médico Veterinário, DSc.

³ Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado I, Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

⁴ Médica Veterinária, DSc., Profª Associado, Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. sandra@vet.ufmg.br

elementos exigidos em quantidades menores (miligramas e/ou microgramas) são chamados *microelementos ou elementos-traços*, como o ferro (Fe), o manganês (Mn), o cobre (Cu), o iodo (I), o cobalto (Co), o zinco (Zn), o selênio (Se), o molibdênio (Mo), o cromo (Cr) e o flúor (F) (Loosli e Guedes, 1976; McDowell, 1992; National Research Council - NRC, 2001). Loosli e Guedes (1976) citam ainda como minerais essenciais o vanádio (Vn), o níquel (Ni) e o estanho (Sn).

Os minerais desempenham diversas funções no organismo animal, atuando como componentes estruturais, constituintes dos líquidos corporais, na manutenção do equilíbrio ácido-básico e da pressão osmótica, na polarização da membrana celular, na transmissão de impulsos nervosos, na formação de metaloenzimas, cofatores enzimáticos e na composição de hormônios (Hays e Swenson, 1996; NRC, 2001).

Os níveis de minerais na dieta podem modificar as respostas do animal, conforme estes níveis se apresentem deficientes, ótimos ou em condições tóxicas (Sousa, 1985). Devido às constantes buscas por melhorias dos índices de produtividade, nos sistemas de produção de leite no Brasil e no mundo, a atenção dispensada à suplementação mineral tem aumentado.

Segundo Thiago e Silva (1981), quando as condições proteicas e energéticas da dieta são melhoradas, ocorre uma necessidade paralela de maiores quantidades de minerais. Mais do que a deficiência clínica, a deficiência subclínica pode ocasionar prejuízos que serão determinantes na viabilidade do sistema produtivo. Outro aspecto a ser considerado, no que se refere à nutrição mineral, é que os minerais estão inseridos em rotas bioquímicas fundamentais. Desta forma, a suplementação pode potencializar a utilização da proteína e da energia da dieta, favorecendo a eficiência produtiva dos animais (McDowell, 2002).

Com relação aos microelementos minerais, muitas vezes a causa de deficiência é induzida ou condicional devido ao baixo nível destes nos ingredientes da dieta, assim como ao grande número de interações que ocorrem entre eles (Ishler et al., 1997). Larvor (1983) considera que, em bovinos de leite, a deficiência clínica de elementos minerais atualmente não é comum. Isto pode ser atribuído à suplementação com concentrados que contêm em sua composição pré-misturas de minerais.

Desta forma, este capítulo tem por objetivo abordar as principais implicações da nutrição mineral em bovinos de leite.

1 - VISÃO GERAL DOS MINERAIS

1.1 - Cálcio (Ca) e Fósforo (P)

Além da função estrutural como componente da matriz óssea, o Ca é fundamental para o controle da permeabilidade celular, indispensável para que ocorra a coagulação sanguínea, a contratilidade muscular, a excitabilidade celular e a transmissão de

impulsos nervosos. O P está envolvido na transferência de energia no metabolismo celular, na biossíntese de ácidos nucleicos e lipídios, no metabolismo de proteínas e carboidratos e no tamponamento dos líquidos corporais (Andrighetto et al., 1990; Breves e Schröder, 1991; McDowell, 1992; McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997).

O Ca é o elemento mineral mais abundante no organismo (1-2%), estando cerca de 99% dele nos ossos e dentes. Enquanto isso, o P aparece como segundo elemento mineral mais abundante no organismo, estando cerca de 80-85% deste alocado nos dentes e no tecido ósseo, e os 20% restantes nos tecidos moles (Andrighetto et al., 1990; McDowell, 1992). No leite observa-se cerca de 1,25g de Ca por litro e 0,92g de P por litro (Andrighetto et al., 1990).

O Ca e o P são absorvidos no duodeno de forma ativa e passiva (McDowell, 1992). Para o Ca, há a intermediação de uma proteína-carreadora que tem sua formação intermediada pela vitamina D - 1,25-diidrocoleciferol (Andrighetto et al., 1990). Apesar de não ser o principal sítio de absorção de P nos ruminantes, Breves e Schröder (1991) relatam a ocorrência de absorção ruminal por meio de gradiente químico transepitelial e difusão passiva. Estes mesmos autores citam a ocorrência de um mecanismo intestinal de transporte competitivo com açúcares, junto a uma proteína cotransportadora de sódio-fósforo, a qual é estimulada pelo diidrocoleciferol. Também se observa absorção de fósforo no intestino grosso, no entanto os mecanismos ainda não são claros.

Os níveis sanguíneos de Ca e P são mantidos pelos hormônios calcitonina e paratormônio (PTH) associados à vitamina D (Breves e Schröder, 1991; McDowell, 1992). O 1,25-diidrocoleciferol estimula independentemente o transporte intestinal de Ca e P, enquanto o PTH e a calcitonina estão envolvidos na reabsorção óssea e renal de Ca e P (Breves e Schröder, 1991). A ação da vitamina D é estimulada pelo PTH para a regulação dos níveis plasmáticos de Ca, atuando na enzima renal 25-hidrocoleciferol-1-hidroxilase. A excreção do Ca e P ocorre via fezes e urina. No entanto, em ruminantes, a reabsorção renal de P é altamente eficiente (McDowell, 1992), sendo a excreção renal deste mineral baixa (Breves e Schröder, 1991). A secreção salivar de P é alta em ruminantes (Breves e Schröder, 1991), devido à presença de tampões fosfatos (McDowell, 1992).

A deficiência de Ca em bovinos leiteiros pode ser associada à baixa produtividade, à infertilidade, ao aumento na ocorrência de retenção de placenta e à febre do leite, bem como a falhas no desenvolvimento ósseo com ocorrência de fraturas (Ishler et al., 1997).

A deficiência de P está relacionada à falta de suplementação mineral ou concentrada na dieta, geralmente associada a fontes com baixa disponibilidade de P. O excesso na suplementação de P pode ocasionar problemas relativos ao metabolismo do Ca (Ishler et al., 1997). Wattiaux (1995) cita que a deficiência de P em novilhas leva ao atraso na maturidade sexual. Este mesmo autor também considera a deficiência de P como causa de infertilidade em vacas adultas.

Raquitismo em animais em crescimento e osteomalacia em animais adultos são sintomas comuns à deficiência de Ca e/ou P. Já a paresia puerperal está relacionada à alteração metabólica devido a baixos níveis de Ca sanguíneos em vacas no período pré-parto. O apetite depravado e o baixo desempenho reprodutivo, a rigidez articular e a debilidade muscular, o crescimento retardado e o decréscimo no ganho em peso são associados à deficiência de P (McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997). Segundo McDonald et al. (1993), a deficiência de P geralmente está relacionada a animais mantidos em pastagens.

O excesso de Ca na dieta pode ocasionar decréscimo na digestibilidade, redução no consumo voluntário, febre do leite e infertilidade associada à ocorrência de cistos ovarianos. Já o excesso de P na dieta pode levar ao aumento da reabsorção óssea e à formação de cálculos urinários (Ishler et al., 1997).

Em vacas leiteiras, deve-se considerar a participação do Ca e P na formação da micela de caseína do leite. O fosfato de cálcio e as interações hidrofóbicas entre as submicelas são responsáveis pela integridade da micela de caseína. Esta se dá pela esterificação do grupo hidroxila de aminoácidos pelo ácido fosfórico, que, então, se liga ao Ca formando o complexo fosfatado, que é a ponte de ligação entre as submicelas e as micelas. As insuficiências destas ligações alteram a densidade e a consistência do coágulo de caseína (Swaisgood, 1993).

1.2 - Magnésio (Mg)

Este mineral compõe o tecido ósseo, estando intimamente relacionado ao Ca e P (Viana, 1976; McDowell, 1992; Ishler et al., 1997). É o segundo maior cátion do líquido intracelular (Viana, 1976; McDowell, 1992). Participa de reações de transferência de grupamentos metil que têm como cofator a tiamina pirofosfato (McDowell, 1992). Atua na contração muscular e no sistema nervoso, juntamente com o K, Na e Ca. Participa de sistemas enzimáticos, principalmente da ATPase (Viana, 1976; Andriquetto et al., 1990; Ishler et al., 1997), e nas forrageiras é parte integrante da clorofila (Viana, 1976).

Em bovinos, o Mg representa cerca de 0,05% do peso corporal animal, sendo que cerca de 60-70% dele se encontra no tecido ósseo, e o restante nos tecidos moles e líquido extracelular (Viana, 1976; McDowell, 1992). No leite, encontra-se cerca de 0,16g de Mg por litro (Andriquetto et al., 1990). É absorvido no intestino delgado em não ruminantes, sendo que em ruminantes o rúmen-retículo é o local de maior absorção deste mineral. A absorção se dá por difusão em altas concentrações e transporte mediado em baixas concentrações (McDowell, 1992). A excreção renal é o principal sítio de quantificação do *status* corporal deste mineral (Viana, 1976; Andriquetto et al., 1990), sendo observada também a excreção pelas fezes (Viana, 1976; McDowell, 1992).

Deficiências de Mg associam-se a decréscimo na digestibilidade das frações fibrosas e a problemas reprodutivos, causando sintomas conhecidos como tetania (Viana, 1976; McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997). Excesso de K pode ocasionar dietas

deficientes em Mg (Ishler et al., 1997). Viana (1976) relaciona a maior prevalência de tetania devido à deficiência de Mg em vacas velhas durante a prenhez ou a lactação. Apesar de os solos brasileiros, em geral, terem baixos níveis de potássio, atualmente a utilização de adubações com potássio em culturas de milho para obtenção de silagem pode estar associada à deficiência de Mg em rebanhos leiteiros.

No entanto, dietas contendo altos teores de Mg ocasionam depressão do consumo voluntário, digestibilidade e produção, associadas a sintomas como diarreia, apesar de essas ocorrências não serem usuais (Ishler et al., 1997). Lucci (1989) cita que a quantidade máxima do mineral a ser fornecida para bezerros para que o consumo de alimentos e as taxas de crescimento não sejam afetados é de 0,7% de Mg, porém níveis de 1,15% deprimem tanto o consumo quanto o crescimento.

1.3 - Sódio (Na), Cloro (Cl) e Potássio (K)

O Na, Cl e K têm íntima relação funcional no organismo, por serem os principais eletrólitos dos líquidos corporais. Estes minerais atuam na manutenção da pressão osmótica, na regulação do equilíbrio ácido-básico e da permeabilidade celular, auxiliam também na absorção de nutrientes e na condução de impulsos nervosos. Já o Cl é necessário na formação do ácido clorídrico no estômago, na ativação da amilase pancreática e na formação da angiotensina II. O K atua como cofator enzimático no metabolismo da glicose, do glicogênio e das proteínas; na transmissão nervosa e contração muscular (Larvor, 1983; Andriquetto et al., 1990; McDowell, 1992; McDonald et al., 1993; Hays e Swenson, 1996; Ishler et al., 1997).

Enquanto o Na está presente no líquido extracelular, o Cl é encontrado tanto no líquido extracelular como no líquido intracelular. No entanto, o Na e o Cl são considerados, respectivamente, os principais cátion e ânion extracelulares no organismo animal, sendo derivados principalmente do cloreto de sódio (Andriquetto et al., 1990; McDonald et al., 1993). O Na corresponde a aproximadamente 0,2% do peso corporal (McDowell, 1992). Andriquetto et al. (1990) citam concentrações constantes nos tecidos de cloretos, sendo de 0,38g/kg no cérebro, 0,12g/kg nos músculos e 0,28g/kg no fígado, onde a relação Cl: Na é de 0, 812.

O K é o terceiro mineral mais abundante no organismo animal, representando cerca de 0,25 a 0,30% do peso corporal; destes, dois terços na pele e músculos, sendo o principal cátion intracelular (Larvor, 1983; Andriquetto et al., 1990; McDowell, 1992).

A absorção de Na e Cl ocorre principalmente no intestino delgado em sua parte posterior (McDowell, 1992). É importante salientar a existência do cotransporte no sistema gastrointestinal entre HCO_3^- e Cl^- . Em ruminantes, encontra-se a absorção conjunta de Na e Cl no rúmen, além do sistema de cotransporte HCO_3^- e Cl^- (Larvor, 1983). Quando há excreção, estes dois minerais são excretados principalmente na urina e, em pequenas quantidades, nas fezes. Em ruminantes, a secreção salivar tem grande importância na excreção de Na, principalmente em sistemas de produção de leite em regiões onde se observa estresse pelo calor (McDowell, 1992).

O K é absorvido por difusão no omaso, rúmen e intestino delgado, podendo ser absorvido também no intestino grosso com cerca de 95% de digestibilidade independente da fonte. Grande parte do K absorvido no rúmen deriva da saliva. Nas fezes, encontram-se cerca de 13% do K excretado, sendo este derivado das secreções intestinais, enquanto 12% da excreção é feita no leite, e o restante na urina. No entanto, em ambientes tropicais, a participação da excreção oriunda das perdas evaporativas na respiração e no suor pode ser representativa (McDowell, 1992).

Na e Cl são provenientes do fornecimento de sal branco para os animais, sendo comum a deficiência destes elementos. Concentrados proteicos comerciais têm baixos níveis de Na, sendo estes associados à ocorrência de deficiência de Na (Ishler et al., 1997). Baixos níveis de Na na dieta levam à redução na produtividade e à ocorrência de deslocamento de abomaso, além de interferir no *status* ácido-básico dos animais (McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997). Segundo McDonald et al. (1993), a deficiência de sódio pode diminuir a utilização da energia e da proteína digestível. A utilização de tamponantes pode desequilibrar a relação entre Na e Cl, levando à deficiência de Cl na dieta (Ishler et al., 1997). Larvor (1983) relata que, em situações em que ocorre um consumo excessivo de K, há aumento da demanda de Na devido ao aumento da excreção deste mineral.

A deficiência de Cl ocasiona redução do apetite e ânsia por sal (Ishler et al., 1997). Segundo McDonald et al. (1993), a ocorrência de alcalose ocasionada pelo excesso de bicarbonato pode ter origem no déficit orgânico de Cl.

A deficiência de K, geralmente associada a subprodutos, reduz a ingestão de alimento e pode gerar decréscimo na produção, depressão da gordura do leite; redução do apetite e perda de pelos, desordens neurológicas e aumento da acidez intracelular (Thompson e Andrade, 1976; Ishler et al., 1997). Condições de estresse, perdas de K pelas secreções digestivas e utilização de forragens velhas são as principais situações em que se observa a deficiência de potássio (Thompson e Andrade, 1976; Ishler et al., 1997; Moraes, 2001c). No entanto, McDonald et al. (1993) relatam que a deficiência de K acontece raramente.

A toxidez relacionada ao Na ocorre quando da associação de dietas com altas concentrações de Na, tendo o animal acesso restrito à água (Larvor, 1983). Altos níveis de Cl na dieta sem que este esteja equilibrado com Na ou K podem levar à ocorrência de acidose (Ishler et al., 1997).

A principal importância de altos níveis de K é sua interferência no metabolismo e na utilização do Mg (Larvor, 1983; Ishler et al., 1997). Excesso nos níveis de K na dieta aumenta a ocorrência de edema de úbere e da febre do leite (Ishler et al., 1997).

1.4 - Enxofre (S)

O organismo animal contém cerca de 0,2% de S, seja na forma metálica ou em compostos orgânicos (Andriquetto et al., 1990). Como composto orgânico, é

constituente dos aminoácidos sulfurados e está associado às vitaminas tiamina e biotina, à condroitina, à taurina, à heparina, à hemoglobina, aos citocromos, à coenzima A, à coenzima M, ao ácido lipoico, à glutatona e à insulina. É elemento essencial aos microrganismos do rúmen, especialmente aos celulolíticos, para produção de proteína microbiana (aminoácidos sulfurados) e vitaminas (Andrighetto et al., 1990; McDowell, 1992; McDonald et al., 1993).

A absorção de enxofre está relacionada às moléculas orgânicas que contêm enxofre, principalmente aminoácidos sulfurados (Andrighetto et al., 1990; McDowell, 1992; Hays e Swenson, 1996). Os produtos finais do metabolismo do enxofre são o ácido sulfúrico e a taurina. O ácido sulfúrico, após ser neutralizado, é excretado na forma de sulfatos inorgânicos na urina ou conjugado com fenol. Já a taurina é conjugada com ácido cólico e excretada na bile (Hays e Swenson, 1996).

A suplementação com S é importante para a síntese de aminoácidos sulfurados no rúmen, principalmente quando da utilização de nitrogênio não proteico (Ishler et al., 1997), devendo ser mantida a relação N:S entre 10:1 e 14:1 (NRC, 2001). Dessa forma, a deficiência de S pode induzir à deficiência proteica (McDonald et al., 1993). Sintomas associados à deficiência de S são diminuição na eficiência alimentar, redução na produção de leite e crescimento retardado (Ishler et al., 1997).

O excesso de S pode ocasionar lesões no tecido hepático e à sua função, além de interferir no metabolismo de outros minerais como Se e Cu (Ishler et al., 1997).

1.5 - Cobre (Cu)

O Cu participa da formação do tecido ósseo, da manutenção da integridade do sistema nervoso e miocárdio, do metabolismo de nucleotídeos, da pigmentação e queratinização da pele, da biossíntese do colágeno, da biossíntese da hemoglobina, do transporte mitocondrial de elétrons, da biossíntese de mielina, da síntese de amins biogênicas, da biossíntese de melanina e da determinação do estado de oxidação do ferro por meio da ceruloplasmina (90% do Cu plasmático), atuando na composição de metaloenzimas relacionadas a estes processos (Larvor, 1983; McDowell, 1992; McDonald et al., 1993).

Os principais tecidos onde ocorre acúmulo de Cu são o tecido hepático, o cerebral, o renal, o cardíaco e nos pelos (Larvor, 1983; McDonald et al., 1993). Em ruminantes, o tecido hepático é o principal sítio de acúmulo de Cu (Silva, 1976; McDowell, 1992), diminuindo a concentração do elemento com o aumento da idade do animal (Silva, 1976). Dessa forma, as principais amostras avaliadas para determinação do *status* do organismo em relação ao cobre são o plasma sanguíneo, o fígado e os pelos (Larvor, 1983).

É absorvido principalmente no duodeno, sendo que, em ruminantes, pode ocorrer ainda no abomaso, e provavelmente uma pequena parte no intestino grosso. A absorção do Cu é mediada por uma proteína transportadora presente na mucosa

intestinal. A excreção urinária de Cu é baixa, sendo que a principal via de excreção é a fecal com o Cu oriundo da secreção biliar (Larvor, 1983; McDowell, 1992).

O desenvolvimento de deficiência de Cu em ruminantes está ligado geralmente à presença de outros fatores que reduzem sua disponibilidade, sendo o molibdênio e o enxofre os de maior importância. Quando os níveis de molibdênio da dieta são superiores a 2-4ppm, devem-se aumentar os níveis de cobre para se evitar problemas de intoxicação pelo primeiro elemento (Souza, 1979; McDonald et al., 1993).

A deficiência de Cu está relacionada à ocorrência de anemia, redução do crescimento, problemas ósseos, lesões no tronco encefálico e na medula espinhal; despigmentação dos pelos, ataxia neonatal, redução do desempenho reprodutivo, problemas cardiovasculares e distúrbios gastrointestinais (Silva, 1976; McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997). McDowell (2002) cita a ocorrência de depleção do sistema imune devido à redução do número de neutrófilos, células T e B em animais com deficiência de Cu.

A toxidez do Cu tem origem na capacidade do fígado de continuar a armazenar este elemento quando a ingestão está acima da exigência. Isto se deve à ausência de um mecanismo que restrinja acúmulo hepático deste elemento (Silva, 1976). Perda de apetite, icterícia, lesão hepática e morte são os resultados da intoxicação pelo Cu (McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997).

1.6 - Molibdênio (Mo)

O Mo é um componente das enzimas xantino oxidase, aldeído oxidase, sulfito oxidase (McDonald et al., 1993). Está envolvido no metabolismo das purinas e pirimidinas, vitaminas, pteridinas, transporte mitocondrial de elétrons e excreção de resíduos sulfurados (Silva, 1976; McDowell, 1992; McDonald et al., 1993).

Os tecidos que apresentam maiores níveis de molibdênio são os tecidos ósseo e hepático, sendo que os níveis encontrados no leite estão relacionados à quantidade ingerida deste mineral (Silva, 1976; McDowell, 1992).

Sua absorção é dependente da forma como este elemento é fornecido para os animais, sendo os sais hidrossolúveis altamente absorvíveis (Silva, 1976). Nos produtos comerciais disponíveis, ele é altamente absorvido no sistema gastrointestinal, mas sua estocagem é desprezível nos tecidos e líquidos corporais (McDowell, 1992).

O Mo é rapidamente excretado na urina e nas fezes; neste caso, é oriundo da secreção biliar (McDowell, 1992). Segundo Silva (1976), a rota fecal de excreção do Mo é a mais importante em ruminantes.

Silva (1976) cita o aparecimento de cálculos renais de xantina em carneiros com deficiência de Mo. Ishler et al. (1997) citam a ocorrência de perda de peso e diarreia em animais deficientes em Mo.

O bovino é a espécie menos tolerante a altos níveis de Mo. A toxidez do Mo está relacionada à presença de compostos sulfurados disponíveis no organismo animal, já que este mineral parece ser excretado na forma de sais sulfurados (Silva, 1976). O crescimento retardado, a perda em peso, a anemia, a diarreia líquida, a rigidez nos membros e a alteração na coloração dos pelos são os principais sintomas relacionados ao excesso de Mo nas dietas de bovinos, sendo as vacas em lactação e os animais jovens as categorias mais susceptíveis (Silva, 1976; McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997).

1.7 - Ferro (Fe)

Este mineral participa do transporte de oxigênio, de enzimas do metabolismo de carboidratos, da fosforilação oxidativa, de reações de oxirredução e do metabolismo de nucleotídeos (Larvor, 1983; McDowell, 1992).

A hemoglobina contém cerca de 60% do Fe presente no organismo animal (Larvor, 1983), enquanto 3% encontram-se ligados à mioglobina (McDowell et al., 1976). A ferritina e a hemossiderina consistem de cerca de 25% do Fe restante no organismo. Este mineral concentra-se no fígado, baço, rins e medula óssea (McDowell et al., 1976; Larvor, 1983; McDonald et al., 1993). A ferritina e a hemossiderina, bem como a lactoferrina presente no leite e nos leucócitos, têm a função de complexar os íons de ferro livre, já que estes são substratos para o desenvolvimento bacteriano (Larvor, 1983).

O Fe tem baixa absorção no sistema digestivo, sendo o transporte determinado pelos níveis deste elemento na célula da mucosa intestinal. Para ser absorvido, precisa ser reduzido a Fe^{2+} e ligado à ferritina no intestino delgado (Larvor, 1983; McDowell, 1992). A excreção de Fe pelo organismo animal é limitada, sendo que o metabolismo deste elemento é determinado pela disponibilidade do Fe para absorção no sistema digestivo (McDowell, 1992). Segundo Larvor (1983), as principais rotas de excreção do ferro são a via urinária e a fecal. No entanto, menos de 3% da excreção fecal de Fe é de origem endógena (McDowell, 1992).

O principal mecanismo de controle do metabolismo do Fe está relacionado à síntese de hemoglobina (McDowell, 1992; McDonald et al., 1993). Esta é regulada pelo hormônio eritropoetina produzido nos rins, em função da concentração sanguínea de oxigênio (Larvor, 1983).

A deficiência de Fe é rara em ruminantes, sendo a anemia o principal sintoma. Em situações de toxidez, observa-se redução no consumo alimentar, diarreia, hipotermia e acidose metabólica (Ishler et al., 1997). Em bezerros, mesmo nos sistemas de arração com alimentos sólidos, é esperada uma queda nos valores de ferro do soro sanguíneo, durante o período de três a seis semanas de vida, recuperado após este período. Nos sistemas que usam exclusivamente leite, surge uma anemia severa por deficiência de ferro, entre a oitava e a 10^a semana de vida. Nos vitelos, a deficiência deste mineral é agravada pela maior velocidade de crescimento. Ocorre

maior necessidade de vitamina E pelo pré-ruminante que recebe excesso de ferro (Lucci, 1989).

Segundo McDonald et al. (1993), a intoxicação crônica por excesso de Fe determina transtornos alimentares e crescimento retardado. De acordo com estes autores, a intoxicação aguda está associada à aplicação parenteral de suplementos de Fe.

1.8 - Cobalto (Co)

O Co é tido como elemento essencial para os ruminantes em virtude de participar da cianocobalamina (vitamina B12), sintetizada pelos microrganismos ruminais (McDowell, 1992; McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997). A principal função deste mineral está relacionada à participação da vitamina B12 como coenzima, promovendo a transferência de grupamentos metil, síntese proteica e metabolismo de gorduras e carboidratos, precursor de células sanguíneas, integridade do sistema nervoso central e a biossíntese de purinas e pirimidinas (McDowell, 1992; Ishler et al., 1997). Nos ruminantes, tem fundamental importância por estar envolvido na transferência de grupamento metil para o propionato gerando succinato (McDowell, 1992; McDonald et al., 1993), possibilitando, assim, a gliconeogênese a partir deste ácido graxo volátil. É amplamente distribuído pelos tecidos com maiores concentrações no fígado, ossos, músculos e rins (McDowell, 1992; McDonald et al., 1993), sendo excretado rapidamente (McDonald et al., 1993).

Os ruminantes apresentam baixa absorção de cobalto no sistema gastrointestinal, sendo a principal forma de absorção deste mineral a vitamina B12. A absorção e a reabsorção deste mineral estão localizadas no intestino delgado, seja na forma de vitamina B12 ou na forma inorgânica. Em ruminantes, a vitamina B12 e o Co são excretados principalmente nas fezes, sendo observadas baixas concentrações destes na urina (McDowell, 1992).

A deficiência de Co está associada à anemia, redução do apetite, pelos ásperos e redução na produção de leite em vacas leiteiras. Anemia, perda de peso, decréscimo do consumo de alimento e fraqueza estão associados ao excesso de Co na dieta (Ishler et al., 1997).

1.9 - Iodo (I)

A deficiência de I pode ser encontrada em várias regiões do Brasil. Atualmente, por força de legislação, todo sal branco (NaCl) recebe iodo, para afastar a hipótese de deficiência. O I é necessário para a síntese dos hormônios sintetizados na glândula tireoide (T3 – triiodotironina e T4- tetraiodotironina). No entanto, a síntese destes hormônios é estimulada por outro hormônio, da hipófise, o TSH (Larvor, 1983; McDonald et al., 1993). Dessa forma, cerca de 80 a 90% do iodo nos ruminantes concentram-se na glândula tireoide. Estes hormônios participam da regulação do metabolismo basal tanto nos processos anabólicos como nos processos catabólicos.

O I é absorvido na forma iônica, sendo posteriormente oxidado e incorporado à proteína transportadora tireoglobulina (Larvor, 1983).

O bócio é o principal sintoma de deficiência de I na dieta (Ishler et al., 1997; McDonald et al., 1993). A deficiência pode resultar em infertilidade ou em crias sem pelos, débeis ou natimortas. No entanto, deve-se considerar a presença de substâncias bociogênicas quando se observa a ocorrência de bócio (McDonald et al., 1993).

O decréscimo no peso e na ingestão de alimentos, a salivação excessiva, o corrimento nasal e a tosse são sintomas observados quando do excesso de iodo nas dietas (McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997).

1.10 - Selênio (Se)

O Se age protegendo a célula no processo de degeneração celular em conjunto com a vitamina E (Ishler et al., 1997). A escassez do mineral implica menor quantidade de glutatona peroxidase, uma enzima que contém quatro átomos de selênio em sua molécula, a qual esta relacionada ao sequestro de radicais livres de hidrogênio produzidos no metabolismo (McDonald et al., 1993). A enzima aparece amplamente distribuída em órgãos, tecidos e líquidos corporais. Além disso, o selênio entra na constituição de uma selenoproteína situada na musculatura estriada, participando em alguns processos oxidativos do ciclo dos ácidos tricarbóxicos e no metabolismo dos ácidos graxos e da glicose (McDowell, 1992). McDowell (2002) cita o decréscimo na capacidade bactericida do sistema imune com a ocorrência de deficiência de Se.

Sua maior absorção ocorre no duodeno, não havendo nenhuma absorção abomasal ou ruminal. Sua excreção ocorre nos rins, intestino, pulmões e pelas fezes (Andriquetto et al., 1990).

Ishler et al. (1997) citam como resultado da deficiência de Se o aumento de casos de retenção de placenta, doença do músculo branco, susceptibilidade a infecções uterinas, mastite e problemas de casco. McDonald et al (1993) citam a ocorrência de sonolência, rigidez articular, perda de pelos do rabo e deformações de cascos quando da deficiência de Se. Matos (2000) cita a ocorrência de redução no título de anticorpos circulantes em bezerros imunizados quando da deficiência de Se. Este autor ainda cita a ocorrência de melhora da resposta humoral com a combinação de Se e vitamina E injetável.

Em excesso na dieta, estes autores relatam a ocorrência de claudicações, doenças de casco e morte por insuficiência respiratória em casos de intoxicação aguda pelo Se (McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997).

1.11 - Zinco (Zn)

O Zn participa de metaloenzimas, como a anidrase carbônica, a fosfatase alcalina, a carboxipeptidase pancreática A e B, a piridoxal fosfoquinase e a DNA polimerase. O

Zn está associado à queratogênese, compõe a molécula de insulina, está relacionado ao processo de estresse por observar-se o decréscimo dos níveis plasmáticos de Zn, do olfato e do paladar (Larvor, 1983). Participa da ativação do mecanismo de liberação da vitamina A no fígado (McDowell et al., 1976; Costa, 2005). McDowell (2002) cita que a deficiência de Zn é associada à redução da capacidade de fagocitose pelos macrófagos, atrofia do baço e timo.

Apesar da distribuição homogênea do Zn no organismo, observa-se concentração deste elemento na íris, na coroide, na próstata, na vesícula seminal e no fígado (Larvor, 1983; McDonald et al., 1993).

Em ruminantes, o Zn é absorvido no abomaso, sendo excretado no duodeno e reabsorvido no intestino grosso. A absorção intestinal de Zn é feita por transporte ativo. Observa-se na mucosa intestinal a existência de proteínas ligadoras de Zn que são moduladas pelos níveis corporais deste elemento (Larvor, 1983). A excreção ocorre via fezes e urina (McDowell et al., 1976). No entanto, Larvor (1983) considera que o Zn-fecal refere-se principalmente ao Zn não absorvível da dieta.

Segundo Matos (2000), pode ser observada, em bezerros da raça Holandês-Frisio, a incapacidade de absorver o Zn no sistema digestivo, apesar de não serem observadas alterações no metabolismo tecidual. Observam-se, nestes animais, paraqueratose, alopecia generalizada e comportamento letárgico.

A deficiência de Zn está associada ao decréscimo no ganho de peso e na eficiência alimentar, à menor capacidade de cicatrização, à paraqueratose, à inflamação nos olhos e na boca e à rigidez articular (McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997).

Segundo McDonald et al. (1993), a maior implicação de dietas com excesso de Zn é sua interferência na absorção de Cu, acompanhada de redução no consumo voluntário.

1.12 - Manganês (Mn)

O Mn está envolvido em sistemas enzimáticos, atua na fosforilação oxidativa e na síntese de ácidos graxos e colesterol, no metabolismo do tecido ósseo, no metabolismo de carboidratos, na integridade celular, no sistema imune, na reprodução, no funcionamento normal do sistema nervoso, e é indispensável aos microrganismos ruminais (McDowell, 1992; Ishler et al., 1997). Mecanismos homeostáticos mantêm o Mn em concentração constante no organismo, e sua absorção é normalmente baixa, impedindo, assim, o acúmulo nos tecidos.

A maioria dos tecidos apresenta baixa concentração de Mn, observando-se nos ossos, no fígado, nos rins, no pâncreas e na hipófise as maiores concentrações (McDowell, 1992; McDonald et al., 1993). Os ossos acumulam cerca de 25% dos níveis corpóreos de Mn (McDowell, 1992).

Apesar de a absorção do Mn ser baixa, esta ocorre no intestino delgado. Após a absorção, este elemento é transportado pela α_2 -macroglobulina até o fígado. A maior rota de excreção é pelas fezes derivadas da secreção biliar (95-98%), sendo o restante excretado pela urina. No entanto, o Mn derivado do conteúdo biliar pode ser reabsorvido de maneira contínua (McDowell, 1992).

Anormalidades esqueléticas, ataxia nos recém-nascidos, crescimento retardado, diminuição ou desaparecimento da demonstração de cio e decréscimo na taxa de concepção estão associados à deficiência de Mn em ruminantes (McDowell, 1992; McDonald et al., 1993; Ishler et al., 1997). Alto nível de Mn na dieta tem sua maior importância por interferir no metabolismo do Fe e induzir à hipomagnesemia (Ishler et al., 1997), já que a margem de segurança da inclusão deste mineral na dietas de ruminantes é muito ampla (McDonald et al., 1993).

1.13 - Flúor (F)

O flúor (F) aumenta a resistência dos dentes e atua como bactericida, no entanto, em ruminantes, sua maior importância é como elemento tóxico (Thompson e Werner, 1976; McDowell, 1992; McDonald et al., 1993).

É absorvido no sistema gastrointestinal (McDowell, 1992). O F se combina com o Ca formando fluoreto de Ca, sendo, então, depositado no tecido ósseo e dentário. A quantidade plasmática é mantida por mecanismo homeostático envolvendo o tecido ósseo e o sistema renal (Thompson e Werner, 1976; McDowell, 1992). A sua acumulação nos tecidos moles depende da concentração de Ca e Mg nestes tecidos. Este mineral encontra-se, principalmente, nos tendões, na artéria aorta, na placenta e nos rins (McDowell, 1992).

A principal fonte de contaminação para bovinos se dá pelo do uso de fosfatos de rocha, e sua toxicidade depende do tempo e da quantidade consumida (McDowell, 1992). Os bovinos de leite são extremamente sensíveis a intoxicações (fluorose), sendo os casos crônicos os mais comuns (Thompson e Werner, 1976; McDonald et al., 1993).

A fluorose se traduz por acúmulo do mineral no esqueleto e nos tecidos moles, queda de ingestão de alimentos e da produtividade (Thompson e Werner, 1976; McDonald et al., 1993).

Os bovinos jovens, quando submetidos à ingestão excessiva de flúor, antes que a formação dentária se complete aos dois e meio a três anos de idade, apresentam os dentes escurecidos, com erosões, sendo detectável, inclusive, a polpa dentária a descoberto. Lesões ósseas e reticulares podem ocorrer, dificultando a locomoção (Thompson e Werner, 1976; McDowell, 1992).

Os últimos estágios de desenvolvimento da fluorose vêm acompanhados de uma anorexia intensa, cujas consequências chegam a mascarar o processo de intoxicação inicial (Thompson e Werner, 1976; McDowell, 1992).

Devido à toxidez, o F deve estar em níveis máximos de 30ppm nas dietas para bovinos leiteiros, para que sejam evitados problemas ósseos e de cascos (Ishler et al., 1997). No Brasil, as misturas minerais comercializadas devem conter o limite máximo de 2000mg de F/kg de produto segundo normatização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2004).

1.14 - Outros elementos minerais

O cromo (Cr) participa do metabolismo de lipídios e colesterol, estabilização de proteínas e como cofator enzimático (McDowell, 1992; McDonald et al., 1993). No entanto, a principal função metabólica deste mineral é potencializar a ação da insulina por meio da sua participação no fator de tolerância à glicose (GTF) (McDowell, 1992), facilitando a interação entre a insulina e os seus receptores nos tecidos muscular e adiposo. Em condições de estresses, há aumento dos níveis sanguíneos de glicose e cortisol, provocando mobilização das reservas de Cr nos tecidos (Moraes, 2001b). O Cr quelatado a uma molécula orgânica é mais bem-absorvido. Quanto à toxidez, este elemento possui uma ampla margem de segurança, sendo incomum a intoxicação. No entanto, nos casos de intoxicação aguda pelo Cr, observa-se inflamação, congestão e ulceração do rúmen e do abomaso. Nos casos crônicos, observa-se dermatite, irritação das vias aéreas, ulceração e perfuração do septo nasal e tumor pulmonar (McDowell, 1992).

O níquel (Ni) parece interferir na biossíntese de hormônios como a prolactina, adrenalina, noradrenalina,; além de participar, no interior da célula, da manutenção das propriedades da membrana celular, influenciar nas reações de oxirredução e na biossíntese de ácidos nucleicos (Spears, 1989; McDonald et al., 1993). Segundo Moraes (2001b), este mineral se encontra em baixas concentrações em todos os tecidos e líquidos orgânicos do organismo animal. Em ruminantes, a exigência microbiana de Ni no rúmen deve-se à sua essencialidade na ação da uréase bacteriana e à participação como coenzima na metanogênese (McDowell, 1992). Aumento de doenças respiratórias, de tumores e de irritação gastrointestinal está associado à ocorrência de intoxicação pelo Ni (McDowell, 1992).

O alumínio (Al), arsênico (As), estanho (Sn), silício (Si) e vanádio (V) têm, aparentemente, alguma essencialidade para ruminantes (Loosli e Guedes, 1976; Teixeira, 1992; McDonald et al., 1993). No entanto, é preciso que haja maiores pesquisas nesse sentido para a comprovação da necessidade destes elementos para bovinos.

Entre os elementos minerais descritos exclusivamente como tóxicos para os ruminantes, estão chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e arsênico (As) (Loosli e Guedes, 1976). Na Tabela 1, são apresentados os níveis considerados excessivos ou tóxicos dos minerais essenciais sugeridos pelo NRC (2001).

Tabela 1. Excesso ou níveis tóxicos de minerais essenciais na dieta de bovinos de leite.

Mineral	Excesso ou Toxidez
Cálcio	1%
Fósforo	1%
Magnésio	1%
Cloro	4,0 - 9,0%
Potássio	4,6%
Sódio	4,0 - 9,0%
Cobre	40mg/kg
Iodo	10mg/dia
Ferro	1000mg/kg
Manganês	1000mg/kg
Zinco	1000mg/kg
Selênio	16x recomendado
Enxofre	0,40%
Cobalto	30mg/kg
Molibdênio	5mg/kg
Cromo	Óxido 3000mg/kg; Cloreto 1000mg/kg
Flúor	40mg/kg
Níquel	50mg/kg ¹

¹Valores obtidos em animais adultos.

Fonte: McDowell (1992); NRC (2001).

2 - INTERAÇÕES

As interações entre os minerais podem ser sinérgicas ou antagônicas, ocorrendo nas misturas alimentares, no sistema digestivo, nos tecidos ou no metabolismo celular.

Os minerais apresentam sinergismo quando dois ou mais minerais associados atuam aumentando a sua absorção no aparelho digestivo e/ou quando realizam alguma função metabólica no tecido ou na célula (Cavalheiro e Trindade, 1992; Martin, 1993).

No sistema digestivo, as interações sinérgicas são evidenciadas pelos seguintes mecanismos: interações diretas entre elementos, interações no processo intermediário de fosforilação nas paredes intestinais e nas atividades enzimáticas digestivas, interação indireta por meio do crescimento e da atividade da microflora do sistema digestivo (Cavalheiro e Trindade, 1992; Martin, 1993).

No tecido ou no metabolismo celular, o sinergismo é evidenciado como: interações diretas entre elementos no processo estrutural, participação simultânea de elementos no centro ativo de algumas enzimas ou em sua ativação, ativação de órgãos do sistema endócrino e efeito no metabolismo de outros macro e microelementos por meio de hormônios (Cavalheiro e Trindade, 1992; Martin, 1993).

O antagonismo entre minerais pode ser definido como a ação de um elemento mineral que inibe a absorção de outro no sistema digestivo, produzindo efeito em uma função bioquímica no metabolismo orgânico, podendo, algumas vezes, funcionar como protetor de importantes funções bioquímicas. McDowell et al. (1986), Cavalheiro e

Trindade (1992) e Martin (1993) descrevem que os processos de antagonismo são complexos e podem ocorrer pela inibição simples da absorção por competição, reações químicas entre elementos, adsorção em superfícies de partículas coloidais ou pelo efeito de íons inibidores com uma função antimetabólica. Na Tabela 2, são apresentadas as principais interações observadas entre minerais.

Tabela 2. Interações normalmente observadas entre minerais e outros elementos.

Elemento	Interações
Ca	P, Zn, Si, Na
P	Ca, Zn, Na, N
Mg	Ca, K, P, Na
S	Mg
Na	Ca, K
Zn	Cu, Mn, Ca, P, Cd, Pb
Cu	Mo, S, Zn, Fe, Ca, Cd, Pb
Mn	Ca, P, Zn
Fe	Ca, P, Cd, Cu, Zn
Mo	S, Cu
Se	S
Cu	Mo, S, Fe, Zn
I	Co, As, F
Cr	Fe, Zn
Ni	Fe, Cu e Zn

Fonte: McDowell et al. (1976); Silva (1976); Viana (1976); Boin (1995).

3 – FONTES

As principais fontes de minerais para ruminantes provêm do solo, da água e do alimento, seja ele forragem ou concentrado. No entanto, estas fontes não são capazes de suprir sozinhas todos os requerimentos dos animais, tornando necessária a utilização de fontes exclusivas de minerais na dieta de ruminantes.

Os solos tropicais apresentam baixos níveis de P e altos níveis de Fe e Al, havendo, conseqüentemente, ingestão de solo pelos animais em áreas de alta lotação e áreas degradadas (Haddad, 1999).

A concentração de minerais em alimentos concentrados e volumosos tem grande amplitude de variação. Isto se deve à interferência de fatores como fertilidade do solo, tipo de solo, adubações, épocas do ano, espécie forrageira, idade da forrageira e método de processamento (Gomide, 1976; NRC, 2001). O tipo de dieta afeta sistematicamente a eficiência de absorção de alguns elementos minerais (Nicodemo e Laura, 2001).

Nicodemo e Laura (2001), revisando os níveis de exigências de minerais entre forrageiras em bovinos, relatam que os níveis de K, Mo, Se e Cu são mais altos nas plantas, sendo que, para estes três últimos, podem chegar a níveis tóxicos para os bovinos. Enquanto isso, para P, Ca, Mg e Na, os bovinos demandam maiores teores destes elementos do que dos encontrados nas forrageiras.

Segundo Nicodemo e Laura (2001), a acumulação de microelementos nas forrageiras é dependente do tipo de planta, da época de crescimento e do elemento mineral. Estes se encontram nas forrageiras na forma de íons livres, complexados a moléculas orgânicas ou na forma de metaloproteínas.

Desta forma, a grande variabilidade das concentrações de minerais em forrageiras deve-se a uma série de fatores que incluem fertilidade do solo, temperatura, radiação, umidade, espécie vegetal, grau de maturidade, interação entre os nutrientes no complexo solo-planta, fertilização das pastagens e outros (Haddad, 1999).

McDowell et al. (1977) demonstraram a grande variabilidade na composição mineral de forrageiras na América Latina, as quais são reportadas nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Concentrações de macrominerais em forragens na América Latina.

Mineral	% na MS da forragem	% de amostras avaliadas	Número de amostras avaliadas
Cálcio	≤ 0,30	31	1128
	>0,30	69	
Fósforo	≤0,20	48	1129
	>0,20	52	
Magnésio	≤0,20	35	290
	>0,20	65	
Sódio	≤0,10	60	146
	>0,10	20	
Potássio	≤0,80	16	198
	>0,80	84	

Fonte: Adaptado de McDowell et al. (2002). MS – matéria seca.

Tabela 4. Concentrações de microminerais em forragens na América Latina.

Mineral	mg/kg na MS da forragem	% de amostras	Número de amostras
Cobalto	≤ 0,10	43	140
	>0,10	57	
Cobre	≤ 20	47	236
	>20	53	
Ferro	≤ 100	25	256
	>100	75	
Manganês	≤ 40	21	293
	>40	79	
Molibdênio	<0,06	5	133
	≥0,06	95	
Zinco	≤50	74	177
	>50	26	

Fonte: Adaptado de McDowell et al. (2002). MS – matéria seca.

De acordo com Nicodemo e Laura (2001), a forma química em que se encontram os minerais nas forrageiras determina a disponibilidade do elemento mineral para os bovinos. Estes autores citam ainda a mobilidade dos elementos minerais nas plantas

como outro fator a determinar a disponibilidade dos minerais, já que também está relacionada à forma química do elemento.

Em forrageiras, a maturidade leva ao aumento de parede celular e ao decréscimo no conteúdo celular na planta (Van Soest, 1994). O aumento das concentrações de parede celular está associado ao aumento de lignina. Segundo Nicodemo e Laura (2001), a lignina liga-se à maioria dos minerais, fazendo com que estes se precipitem ou se tornem indisponíveis.

Emanuele e Staples (1990) estudaram a solubilidade e a liberação dos minerais Ca, Mg, P, K, Cu e Zn em forrageiras. Entre os minerais, observou-se que a liberação imediata no rúmen é de 100% para K, 82% para Mg, 71% para Cu, 66% para P, 29% para Ca e 26% para Zn. Na Tabela 5, são reportados os dados obtidos para o tempo de incubação requerido para a máxima liberação dos minerais das espécies forrageiras alfafa (*Medicago sativa*), capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), tyfton 78 (*Cynodon spp.*) e pensacola (*Paspalum notatum*).

Em função da espécie forrageira, observa-se variação no tempo para a máxima liberação do mineral. Esta variação, tanto relativa ao mineral quanto à espécie forrageira, indica que os minerais nas forrageiras estão dispostos tanto no conteúdo celular quanto associados à parede celular e que a proporção destes em cada compartimento da célula vegetal é dependente da espécie forrageira.

Exemplificando os diversos fatores que interferem na composição mineral nas forrageiras, pode ser citado o trabalho de Morais (1996). Este autor estudou a composição dos elementos Ca, P, K, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn na parte aérea, nas folhas e na haste de pastagens de *Brachiaria decumbens* em solos arenoso e argiloso no estado do Mato Grosso do Sul, durante os meses do ano.

As pastagens de *B. decumbens* apresentaram na parte aérea maior concentração de P (0,12% vs. 0,07%) e Mg (0,30% vs. 0,16%) em solo arenoso, enquanto, para K (0,56% vs. 0,87%), Cu (2,72ppm vs. 4,63ppm), Fe (756,87ppm vs. 2175,43ppm), Zn (15,16ppm vs. 25,81ppm) e Mn (110,43ppm vs. 178,50ppm), as maiores concentrações foram observadas em solo argiloso. O Ca não apresentou diferença na parte aérea da forrageira (0,33% vs. 0,32%) com relação ao solo onde esta foi estabelecida.

Tabela 5. Tempo de incubação (em horas) requerido para a máxima liberação dos minerais em espécies forrageiras.

Forragem	Ca	Mg	P	K	Cu	Zn
Alfafa	12 - 18	12 - 30	4 - 6	2	4 - 12	12 - 18
Capim-elefante	36 - 72	24 - 36	24	2	30 - 36	30 - 36
Tyfton 78	18 - 24	18 - 24	2 - 4	2	12	6 - 12
Pensacola	30 - 36	36	2 - 4	2	6	6 - 18

Fonte: Emanuele e Staples (1990).

Com relação à parte da planta onde se concentravam os elementos minerais, observou-se maior concentração de Ca, Mg, Cu e Fe nas folhas; enquanto o Zn concentrou-se na haste. Para P, K e Mn, não se observou diferença entre as concentrações na haste e nas folhas das pastagens de *B. decumbens*.

Quanto aos meses do ano, não se observou sazonalidade para o Ca e o Zn. No período das águas, observaram-se maiores concentrações de P (dezembro a maio), K (novembro a março), Mg (janeiro a abril), Cu (janeiro a maio), Fe (outubro a janeiro) e Mn (janeiro a julho) do que no período seco do ano.

Fatores antinutricionais também influenciam a disponibilidade de minerais nas forrageiras. A presença de moléculas orgânicas em forrageiras, como fitato e oxalato, deve ser considerada em alimentos para ruminantes.

O fitato não é considerado problema para ruminantes, devido à presença da fitase microbiana no rúmen. No entanto, Nicodemo e Laura (2001) citam que a fitase pode afetar a disponibilidade de alguns minerais em função da taxa de passagem pelo rúmen. O fitato forma complexos estáveis com Mg, Cu, Zn, Co, Mn, Fe e Ca (Viana, 1976), além de ser parte do P presente na forrageira.

A presença de oxalato em gramíneas tropicais interfere na disponibilidade dos elementos minerais, principalmente Ca e Zn. O oxalato reage com cátions monovalentes e divalentes, tornando-os indisponíveis. Ocorre, então, o acúmulo destes cátions ligados ao oxalato no tecido vascular vegetal. A relação Ca/oxalato é um bom indicador da disponibilidade do Ca em forrageiras (Nicodemo e Laura, 2001).

Existem muitas fontes de minerais para alimentação animal, com diferentes custos e características. Como exemplo, podem-se citar os fosfatos de rocha bruta, de baixa disponibilidade biológica e contaminados por elementos tóxicos, e os fosfatos quimicamente tratados, livres de elementos tóxicos e nutricionalmente superiores, passando pelos minerais quelatados. A escolha de uma ou mais fontes depende do custo por unidade dos elementos exigidos, das formas químicas em que os elementos são combinados, das formas físicas (especialmente o tamanho das partículas), da ausência de substâncias tóxicas para os animais e da biodisponibilidade dos elementos e seus custos.

Na Tabela 6, é exemplificada a interferência do coeficiente de absorção das diferentes fontes minerais na disponibilidade dos minerais para ruminantes.

Dessa forma, a disponibilidade do elemento é um dos principais aspectos a serem considerados na escolha das fontes, pois quanto maior a participação de elementos com maior coeficiente de absorção, maior será a assimilação pelo animal.

Tabela 6. Disponibilidade de minerais absorvíveis em diferentes fontes de minerais.

Mineral	Fonte	% mineral	Coefficiente de absorção (%)	% absorvível
Fósforo	Fosfato Bicálcio	19,3	75	14,48
	Fosfato Monoamônio	24,7	80	19,76
	Fosfato de Rocha	13,0	30	3,90
Cálcio	Fosfato Bicálcio	22	94	20,68
	Carbonato de Cálcio	39,4	75	29,55
	Calcário Calcítico	34	70	23,80
Cobre	Óxido de Cobre	79,9	1	0,80
	Sulfato de Cobre	25,4	5	1,27
Manganês	Óxido de Manganês	77,4	0,25	0,19
	Sulfato de Manganês	32,5	1,2	0,39
Zinco	Óxido de Zinco	78	12	9,36
	Sulfato de Zinco	36,3	20	7,26

Fonte: NRC (2001).

3.1 - Minerais quelatados

Minerais quelatados a moléculas orgânicas visam garantir a absorção do mineral no sistema gastrointestinal, sem entrar no processo de competição iônica na mucosa intestinal (Moraes, 2001b). Segundo Spears (1995), o uso de microminerais quelatados foi estimulado por terem sido descritos benefícios na taxa de crescimento, na saúde e na reprodução em ruminantes. Este autor relata que, mais do que a quantidade absorvida, minerais na forma quelatada estimulam processos biológicos que favorecem as respostas observadas, devido à ativação de diferentes reservas corporais dos animais. Isto se deve à proteção dos minerais quelatados quanto à interação com outros componentes da dieta que possam interferir na absorção do mineral.

De acordo com Moraes (2001b), a disponibilidade biológica dos minerais quelatados é dependente da forma de ligação com o metal, do peso molecular da forma quelatada e da constante de estabilização do quelato. Para que seja classificado como quelato, o complexo deve apresentar ao menos dois grupamentos químicos funcionais capazes de doar cada um deles um par de elétrons para o metal, formando um anel heterocíclico (Pesce, 2002). Os minerais quelatados podem ser classificados como complexo metaloaminoácido, metalproteinato, complexo metalopolissacarídeo (Spears, 1995; Moraes, 2001c).

Segundo McDowell (2002), microminerais complexados com aminoácido ou polissacarídeos apresentam maior biodisponibilidade e maior estabilidade e solubilidade. Este autor afirma que Zn, Cu e Se são os minerais mais beneficiados com o processo de quelação.

Os principais complexos metálicos disponíveis comercialmente são zinco-metionina, zinco-lisina, manganês-metionina, ferro-metionina e cobre-lisina. No entanto, ferro-metionina e zinco-lisina têm sido pouco estudados quanto ao seu uso em ruminantes (Spears, 1995).

Spears (1989) sugere que o zinco na forma de zinco-metionina e o óxido de zinco são metabolizados de maneira diferente após a absorção em ovinos. No entanto, este autor não observou diferenças quanto às taxas de absorção das duas fontes.

Kellogg (1990) revisou a utilização de zinco-metionina para vacas de leite. Este autor observou, quando comparado com o grupo-controle, maior produção de leite (31,73L/dia vs. 30,28L/dia) e menor contagem de células somáticas (246000 céls. vs. 346000 céls.).

Spears (1995) revisou o uso de zinco-metionina em ruminantes. Este autor observou maior eficiência no ganho de peso, na melhora na qualidade da carcaça, no aumento na produção de leite, aumento da taxa de prenhez e melhora na resposta imune com decréscimo no número de células somáticas.

Cobre, cobalto, ferro, manganês e zinco na forma de proteínatos estão disponíveis comercialmente (Spears, 1995). O cobre parece ser o metal que mais se beneficia quando da substituição dos seus sais inorgânicos por quelatos, devido principalmente à interação deste com o molibdênio e o enxofre no rúmen. Du et al. (1996) estudaram o metabolismo do cobre em novilhas e vacas leiteiras das raças Jersey e Holandesa. Estes autores concluíram que a biodisponibilidade do cobre na forma de cobre proteínato ou sulfato de cobre foi a mesma. Ward et al. (1996) observaram que a suplementação com cobre proteínato somente apresentou maior biodisponibilidade em bovinos quando comparada a outras fontes de cobre (sulfato e carbonato), em situações em que havia altos níveis de molibdênio (6,9mg/kg).

Zinco, cobre, ferro, manganês, cobalto, cálcio e magnésio estão disponíveis comercialmente na forma de metalaminoquelatos (Spears, 1995). Uchida et al. (2001) estudaram o efeito da suplementação com microminerais complexados (zinco-aminoácido, manganês-aminoácido, cobre-aminoácido e cobalto-heptonato) no desempenho de vacas Holandesas de alta produção. Esses autores não observaram melhora significativa para produção de leite, alteração da composição do leite, contagem de células somáticas, escore corporal e índice de claudicação. No entanto, observou-se, neste estudo, decréscimo no período de serviço das vacas.

Existe, entretanto, grande controvérsia na literatura quanto às vantagens em se utilizar minerais quelatados em preferência a outras fontes. A grande variação nos trabalhos em que se avaliam fontes de minerais quelatados e fontes inorgânicas deve-se à diferença entre os elementos e as moléculas, tempo e forma de avaliação e nível de inclusão na dieta avaliada.

Para Moraes (2001b), para que haja utilização mais efetiva dos minerais quelatados, são necessárias mais informações sobre a composição, a absorção e o metabolismo tecidual desta fonte mineral. Apesar de alguns resultados promissores, muitas vezes não são apresentadas respostas diferentes entre fontes de minerais quelatados e o ajuste nos níveis de fontes inorgânicas. Com isso, mais estudos são necessários para elucidar a vantagem da inclusão de minerais quelatados nas dietas de bovinos de leite.

McDowell (2002) sugere que são necessários maiores estudos referentes ao processo de quelação, tipo e eficiência do processo de quelação, modo de ação em diferentes espécies e dietas. Este autor conclui que o custo-benefício da utilização desta fonte mineral precisa ser determinados.

4 - EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

Fox et al. (2000) e NRC (2001) adotam a metodologia fatorial para a determinação da exigência de minerais. Dessa forma, somam-se as exigências de manutenção, lactação, gestação e crescimento de cada mineral, obtendo-se a exigência líquida do elemento mineral.

Para a exigência de manutenção, os modelos consideram as perdas fecais e urinárias. A exigência para a lactação considera as concentrações minerais encontradas no leite corrigido para 4% de gordura, no NRC (2001) e corrigido a 3,33% em Fox et al. (2000). Já para a exigência para prenhez, leva-se em conta a quantidade de minerais retidos no útero, feto e anexos em cada dia de gestação acima de 190 dias, no NRC (2001) e, acima de 187 dias, em Fox et al. (2000). Para o crescimento, expressa-se a quantidade de mineral retida em cada quilograma de ganho de peso vivo, considerando-se a expectativa de ganho de peso (Fox et al., 2000; NRC, 2001).

Para que se determine a exigência dietética de cada mineral, a partir da exigência líquida, é imprescindível a utilização do coeficiente de absorção da fonte mineral utilizada. Fox et al. (2000), no sistema CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System), observam que, com relação ao Ca, a ingestão de matéria seca, o peso vivo, a produção total de proteína no leite corrigido para 3,3% de proteína bruta, o tempo de prenhez acima de 187 dias e o ganho em peso vivo são fatores a serem considerados na exigência animal para este mineral. Para P, K, Mg, Na e Cl, não se considera a ingestão de matéria seca, permanecendo as demais variáveis na determinação da exigência de cada categoria animal. Ainda para o K, soma-se o nível de produção para vacas em lactação. Há de se recordar que cada mineral apresenta fatores específicos em suas equações. Na Tabela 7, são apresentados os coeficientes de absorção para cada mineral, para animais adultos, e para Na e Cl, para animais em crescimento, segundo Fox et al. (2000).

Tabela 7. Coeficientes de absorção de macroelementos minerais.

Mineral	Coeficiente de absorção
Ca	0,325
P	0,575
K	0,800
Mg	0,170
Na	0,900
Cl	0,900

Fonte: Fox et al. (2000).

Já para animais em crescimento, Fox et al. (2000) sugerem que os coeficientes de absorção estão relacionados com o peso vivo do animal para o Ca, P e Mg (Tabela 8).

Tabela 8. Coeficientes de absorção de cálcio, fósforo e magnésio para animais em crescimento.

Peso vivo (kg)	Ca	P	Mg
< 100	-	0,80	-
≥ 100 ≤ 400	-	-	(0,59 – 0,0009 x PV)
< 150	-	0,80	-
≥ 150 < 250	-	0,75	-
< 200	0,70	-	-
≥ 200	(65 - 0,05 x PV) / 100	-	-
≥ 250 < 350	-	0,65	-
≥ 350	-	0,55	-
>400	-	-	0,25

Fonte: Fox et al. (2000). PV – peso vivo.

Os coeficientes de absorção para a exigência dietética dos elementos minerais sugeridos pelo NRC (2001) são apresentados na Tabela 9.

As exigências para manutenção sugeridas pelo NRC (2001) consideram as perdas fecais, urinárias e pelo suor dos elementos minerais. Na Tabela 10, são apresentadas as exigências para lactação, gestação e crescimento sugeridas pelo NRC (2001).

Para os minerais S, Se e Co, as exigências nutricionais sugeridas pelo NRC (2001) são dadas em função do consumo de matéria seca descrito pelas respectivas equações S (kg/dia) = 2 x CMS (kg/dia); Se (kg/dia) = 0,3 x CMS (kg/dia); e Co (kg/dia) = 0,11 x CMS (kg/dia).

Paulino et al. (2006) determinaram a exigência nutricional e a retenção dos macroelementos Ca, P, Mg, K e Na no organismo animal em bovinos zebuínos. Para os macroelementos retidos no corpo do animal, estes autores utilizaram equações de regressão do logaritmo do conteúdo dos macroelementos em função do logaritmo do peso do corpo vazio (PCVZ). Dessa forma, derivaram-se tais equações em função do logaritmo do PCVZ, obtendo-se, assim, as exigências líquidas de macroelementos por kg de ganho de PCVZ. Consideraram-se os coeficientes de 0,896 para transformação

de peso vivo a PCVZ e de 0,933 para ganho de peso vivo em ganho de peso do corpo vazio. Na Tabela 11, são apresentadas as equações obtidas para a exigência líquida dos macroelementos citados acima.

Tabela 9. Coeficientes de absorção de minerais em bovinos de leite.

Mineral	Volumoso	Concentrado	Suplementos minerais ¹
Ca	0,3	0,6	0,3 – 0,95
P	1,86696 – 5,01238 x (% P na dieta) + 5,12286 x (% P na dieta)		0,3 – 0,9
Mg	0,16	0,16	0,3 – 0,9
Cl	0,9	0,9	0,9
K	0,9	0,9	0,9
Na	0,9	0,9	0,9
Cu	Log (CuAb) = -1,153 -0,076 x S – 0,013 x S x Mo		0,01 - 0,05
I	0,8 – 0,9	0,8 – 0,9	0,9
Mn	0,0075	0,0075	0,0015 - 0,0120
Zn	0,15	0,15	0,1 - 0,2
Se	0,30	0,60	-

¹Variável em função do tipo de fonte utilizada.

Fonte: NRC (2001). CuAb – cobre absorvível.

Tabela 10. Exigências de minerais para lactação, gestação e crescimento em bovinos de leite (em quilogramas por dia).

Mineral	Lactação	Gestação ¹	Crescimento
Ca	Holandesa = 1,22 x PL4% Jersey = 1,45 x PL4% Outras raças = 1,37 x PL4%	2 (9,83 x (PVA ^{0,22}) x (PV ^{-0,22}))) x (GPD/0,96)	
P	0,9 x PL4%	3 (1,2 + (4,635 x (PVA ^{0,22}) x (PV ^{-0,22}))) x GPD/0,96)	
Mg	0,15 x PL4%	0,33	0,45 x (GPD/0,96)
Cl	1,15 x PL4%	1	1,0 x (GPD/0,96)
K	1,5 x PL4%	1,027	1,6 x (GPD/0,96)
Na	0,63 x PL4%	1,39	1,4 x (GPD/0,96)
Cu	0,15 x PL4%	>100 dias = 0,5mg/dia ≥ 100 a ≤ 225 dias = 1,5mg/dia < 225 dias = 2mg/dia	1,15 x (GPD/0,96)
I	1,5 x (PV/100)	-	-
Fe	1 x PL4%	18	34 x (GPD/0,96)
Mn	0,03 x PL4%	0,3	0,7 x (GPD/0,96)
Zn	4 x PL4%	12	24 x (GPD/0,96)

¹referentes a vacas com tempo de gestação maior ou igual a 190 dias.

Fonte: NRC (2001). 2 0,02456 x Exp ((0,05581 – (0,00007 x DP)) x DP) – 0,02456 x Exp ((0,05581 – (0,00007 x (DP -1))) x (DP-1)). 3 0,02743 x Exp (((0,05527 x DP)) x DP)) – 0,02743 x Exp (((0,05527 – (0,000075 x (DP - 1) x (DP- 1))))). PL4% - produção de leite corrigido para 4% de gordura; PV – peso vivo; GPD – ganho médio de peso diário ; PVA – peso vivo do na fase adulta; DP – dias de gestação.

Tabela 11. Exigência líquida de minerais para zebuínos.

Mineral	Equação de exigência líquida (Y, kg/dia)
Cálcio	$Ca = 0,7777 \times 10^{-1,2155} \times PCVZ^{-0,2155}; r^2=0,51$
Fósforo	$P = 0,7601 \times 10^{-1,4388} \times PCVZ^{-0,4388}; r^2=0,52$
Magnésio	$Mg = 0,9615 \times 10^{-3,3229} \times PCVZ^{-2,3229}; r^2=0,51$
Potássio	$K = 1,3747 \times 10^{-3,7011} \times PCVZ^{-2,7011}; r^2=0,54$
Sódio	$Na = 0,8954 \times 10^{-2,5928} \times PCVZ^{-1,5928}; r^2=0,54$

Fonte: Paulino et al (2006). PCVZ: peso do corpo vazio.

Apesar de os resultados obtidos por Paulino et al. (2006) terem sido determinados em animais principalmente da raça Nelore, sua aplicação em bovinos de leite deve ser considerada, pelo fato de os dados terem sido obtidos em condições brasileiras e pela grande utilização de raças zebuínas ou mestiços zebuínos em sistemas de produção de leite. Estes autores sugerem a utilização das exigências propostas pelo NRC (2001) para microelementos, já que dados nacionais não foram encontrados na literatura. Os coeficientes de absorção considerados por estes autores também são os citados pelo NRC (2001).

5 - BALANCEAMENTO, CONSUMO E FORNECIMENTO

Thompson e Werner (1976) já alertavam para o aumento da necessidade de minerais devido a mudanças nos métodos de processamento dos volumosos, à elevação dos níveis de produção de leite dos bovinos, ao maior potencial genético, ao advento de alimentos com altos níveis de energia e à adoção de práticas de adubação nas culturas.

A adoção de suplementação mineral mais específica deve necessariamente passar pela análise laboratorial de amostras representativas dos alimentos e das matérias-primas, colhidas de maneira correta (amostras representativas de toda a planta e simulando pastejo) e na época certa, visto que a capacidade das forrageiras em extrair nutrientes do solo (assim como sua composição em minerais) varia entre espécies, regiões, manejos e épocas do ano. Da mesma forma, deve-se ter atenção em satisfazer os níveis de suplementação de cada mineral por unidade animal (Sousa, 1985; Rosa, 1985; Martin, 1993; Neiva, 1997; McDowell, 2002).

Ishler et al. (1997) e Haddad (1999) citam como formas de suplementação mineral o uso direto no concentrado, a fertilização das pastagens, pélete ou balas de minerais, injeções específicas de elementos minerais, administração via água de beber e a suplementação no cocho *ad libitum*. Devido ao custo e às dificuldades operacionais, as metodologias mais utilizadas em bovinos leiteiros são a suplementação no cocho *ad libitum* e o uso direto no concentrado (Ishler et al., 1997).

A utilização de misturas minerais no cocho *ad libitum* geralmente está associada a sistemas de produção de leite a pasto, devido à ausência ou baixa suplementação

com concentrado. Segundo Haddad (1999), animais em regime de pasto têm sua nutrição mineral desbalanceada, podendo apresentar deficiências de Co, Cu, Mg, P, Zn e Na. McDowell (2002) cita que, entre as misturas minerais comerciais na América Latina, P, Mg, Zn, I, Cu, Mn e Se apresentam-se geralmente em concentrações deficientes para bovinos leiteiros.

Quando do balanceamento de misturas minerais, os principais pontos a serem observados são a quantidade de cada elemento a ser fornecido por unidade animal, ou seja, a exigência do elemento pelo mineral; a disponibilidade biológica do elemento na fonte suplementar e o consumo médio da mistura mineral (Houser et al., 1976; Sousa, 1985).

O sal comum (NaCl) é o ingrediente que mais limita o consumo de uma mistura mineral, funcionando como regulador do consumo; em bovinos, por exemplo, a perda de apetite pela mistura ocorre pela ingestão de aproximadamente 27 gramas de sal comum. No entanto, observações de campo demonstram o consumo médio de NaCl por bovinos adultos em torno de 50g/cabeça/dia. Este valor deve ser apenas um parâmetro inicial, pois características do solo, água, forrageira, clima, raça, estágio fisiológico, interações com outros componentes do suplemento (ex.: ureia) e entre minerais, e acesso ao suplemento interferem no consumo. A água tem importância em áreas de salinidade excessiva (7000mg/L) como fator de influência no consumo de suplemento mineral em bovinos (Haddad, 1999).

Fatores como fertilidade do solo, tipo de forragem, qualidade e quantidade de concentrado fornecido, desempenho animal, mineral presente na água, palatabilidade da mistura mineral, apresentação da mistura mineral, distância e disponibilidade de cochos afetam o consumo do suplemento mineral (Houser et al., 1976; Rosa, 1985).

A partir dos dados iniciais e da combinação de fontes, sempre considerando a disponibilidade biológica do elemento mineral, balanceia-se o suplemento. Caso seja necessário, pode-se complementar a mistura com uma substância inerte, como caulim, por exemplo (Houser et al., 1976; Sousa, 1985).

Em linhas gerais, Cunha et al. (1964), citados por Haddad (1999), sugerem alguns parâmetros básicos que devem ser observados no balanceamento de suplemento mineral para ser fornecido no cocho *ad libitum*: manter uma relação Ca:P em torno de 2:1 (a mistura deve suprir de 50 a 100% da necessidade de microminerais); ajustar a palatabilidade à necessidade animal, por meio dos níveis de inclusão de cloreto de sódio; apresentar consumo uniforme da mistura mineral, que deve ser homogênea; utilizar na composição da mistura fontes de alta disponibilidade biológica; não utilizar contaminantes como flúor, vanádio etc.

Em vacas leiteiras de alta produção, deve-se promover a ingestão forçada via concentrado, uma vez que tais animais não ingerem a quantidade devida de minerais no cocho *ad libitum* por interferência do consumo de concentrado. Segundo McDowell (2002), o método mais eficiente de suplementação mineral de bovinos de leite se faz via adição do suplemento no concentrado. Dessa forma, garante-se a ingestão da quantidade de minerais pelo animal.

Faria e Ghelfi Filho (2000) relatam que o consumo de minerais no cocho *ad libitum* em bovinos não segue um padrão regular. Sendo assim, não se deve contar com este tipo de fornecimento para atender a exigência de animais de alta produtividade. Com isso, o concentrado passa a assumir o papel de grande importância para a ingestão forçada de minerais, proporcionando mineralização mais homogênea e constante. As exigências minerais devem ser balanceadas no concentrado, considerando o consumo de concentrado e, da mesma forma, a fonte e disponibilidade biológica a ser utilizada.

Segundo Wattiaux (1995), é desejável que, em dietas de vacas leiteiras, a relação Ca:P esteja em 1,5:1 a 2,5:1. Esta recomendação aproxima-se da feita por McDonald et al. (1993) para a relação Ca:P de 1:1 a 2:1. Entretanto, estes autores consideram mais importante do que a relação o balanceamento das quantidades absolutas fornecidas na dieta no que se refere a macroelementos.

Atualmente os microminerais têm sido considerados como os elementos mais importantes na suplementação de vacas leiteiras de alta produção. Isto se deve ao fato de que vacas leiteiras de alta produção recebem dietas com alto teor de grãos, que, por sua vez, são ricos em P e necessitam de menores quantidades de P por meio do suplemento mineral (Costa, 2005). Porém é importante considerar que o P presente nos grãos está na forma de fitato, sendo o seu aproveitamento condicionado à ação das fitases do rúmen.

Segundo Ishler et al. (1997), Cu e Zn talvez sejam os elementos mais deficientes em rações para vacas leiteiras, devendo ser monitorados por meio das análises sanguíneas ou hepáticas.

Com relação à influência direta ou indireta dos microminerais na fertilidade de bovinos leiteiros, Wattiaux (1995) considera que a deficiência marginal ou subclínica tem maior importância do que a deficiência severa ou clínica nos índices reprodutivos em bovinos leiteiros. Na Tabela 12, são apresentadas as principais relações entre desordens reprodutivas e microminerais.

Tabela 12. Relação entre desordens reprodutivas e microminerais em bovinos leiteiros.

	Micromineral					
	Cu / Mo	Co	I	Mn	Se	Zn
Duração do ciclo estral	X		X			
Anestro ou cio silencioso	X		X	X		
Números de serviço por concepção	X	X	X	X		
Aborto			X	X	X	X
Retenção de placenta			X		X	

Fonte: Wattiaux (1995).

Santos e Santos (1998) sugerem, como os principais minerais para vacas no período pré-parto, Se, Cu e Zn. Estes autores recomendam concentrações de 3ppm de selênio para que haja redução nos índices de retenção de placenta. Para o Cu, recomendam-

se concentrações variando de 10 a 20ppm, com o objetivo de diminuir a ocorrência de mastite e a contagem de células somáticas. Apesar dos resultados conflitantes observados na literatura para o Zn, estes autores sugerem a sua utilização na forma quelatada, em função de os resultados com esta fonte serem mais consistentes, principalmente relacionados à maior retenção deste elemento no organismo animal.

Wattiaux (1995) relata a ocorrência de bócio, raquitismo, degeneração muscular, paralisia e problemas cardíacos em bezerros devido à deficiência de I, Cu e Se, respectivamente, durante a gestação, em vacas leiteiras. Segundo Campos (2000), deficiências pré-natais de iodo, fósforo, manganês, cobalto e selênio podem afetar o crescimento e a saúde dos bezerros. Nesse sentido, o autor sugere que os concentrados para bezerros contenham, em sua composição, cobre, cobalto, iodo, zinco, ferro e manganês.

6 - MINERAIS COMO MANIPULADORES DA FERMENTAÇÃO RUMINAL

Os minerais são essenciais para o estabelecimento do equilíbrio no rúmen. Moraes (2001a) divide os minerais quanto a sua função no metabolismo ruminal como: essenciais (K,P,Mg, Fe, Zn e Mo), por favorecerem o crescimento microbiano, participarem dos processos energéticos e ativarem enzimas microbianas; essenciais à produção de metabólitos bacterianos utilizados pelos ruminantes (vitamina B12); essenciais para a atuação microbiana (S para digestão da celulose); e essenciais para a manutenção do meio para o suporte da flora ruminal (K, Na, Cl e P).

Segundo Durand e Komisarczuk (1988), a interação com outros compostos orgânicos e a alteração das propriedades físico-químicas do ambiente ruminal devido aos macrominerais determinam a possibilidade de estes serem utilizados como compostos para a manipulação da fermentação ruminal. Capacidade tamponante, taxa de diluição e osmolaridade são os meios pelos quais os macroelementos minerais afetam as propriedades físico-químicas do rúmen.

Uma das formas mais utilizadas de macrominerais na dieta de bovinos de leite como manipulador da fermentação ruminal é a adição de tampões como bicarbonato de sódio e/ou óxido de magnésio em dietas com alto percentual de concentrado. Observa-se aumento na degradabilidade da parede celular, melhora na eficiência de crescimento microbiano, aumento da proporção molar de acetato e maior digestão pós-ruminal da fibra. No entanto, esta deve ser limitada à quantidade de 2 a 3% de bicarbonato no concentrado, para que o aumento da tonicidade do líquido ruminal não afete a fermentação (Durand e Komisarczuk, 1988).

Ruiloba (1984), citado por Durand e Komisarczuk (1988), observou que a adição de cloreto de sódio e cloreto de potássio nas dietas de vacas no terço médio de lactação, sendo obtidos níveis de Na de 5,8g/kg de MS e K de 18,6g/kg de MS, resultou em aumento da síntese de proteína microbiana e na proporção molar de acetato no rúmen similar à obtida com a adição de sais tamponantes.

Outras citações quanto à interferência da deficiência dos elementos minerais na fermentação ruminal são observadas em Silva (1976), para o Mo e seu efeito na degradabilidade da celulose, e em Breves e Schröder (1991), para o P e seu efeito na degradabilidade de celulose e na síntese de proteína microbiana.

Durand e Komisarczuk (1988) consideram que as exigências de minerais pelos microrganismos ruminais devem ser determinadas em relação à concentração de matéria orgânica fermentável no rúmen (MOFR) em vez de percentual da matéria seca da dieta. Estes autores, revendo dados da literatura, citam valores de exigência microbiana de 5g de P/kg MOFR para maximização da degradação da parede celular; de 2,8g de S/kg MOFR para aumento na degradabilidade da matéria orgânica e da fibra em detergente ácido, fluxo de proteína para o abomaso e retenção de nitrogênio; e de 1,5g a 2,5g de Mg/kg MOFR para melhora na degradabilidade da parede celular. Estes autores citam também a participação do S na diminuição da concentração de ácido láctico no rúmen em dietas com alto teor de concentrado.

No entanto, resultados mais recentes demonstram a eficiência do zinco no metabolismo do nitrogênio e na produção de ácidos graxos no rúmen. Arelovich et al. (2000) avaliaram o efeito da suplementação com Zn e Mn na fermentação ruminal de feno de baixa qualidade e ureia em bovinos. No estudo *in vitro*, estes autores utilizaram concentrações de 0, 5, 10, 15 e 20ppm de Zn e 0 e 100ppm de Mn no líquido incubado. Observou-se decréscimo na degradabilidade *in vitro* da matéria seca, associada por eles à inibição da digestão microbiana da fração fibrosa com a adição de Zn, e aumento da degradabilidade *in vitro* da matéria seca com a adição de Mn. No entanto, com a adição de Zn, observou-se também menor hidrólise da ureia, independente da adição conjunta de Mn.

Em outro experimento, Arelovich et al. (2000) avaliaram a suplementação com Zn (30, 250 e 470ppm) e Mn (40ppm) na dieta de novilhos de corte consumindo feno e dois níveis de ureia na dieta (45 e 90g/dia). Conforme observado no experimento *in vitro*, a adição de Zn diminuiu a hidrólise de ureia em amônia. Segundo estes autores, tal efeito foi devido à depressão da enzima uréase ou à interferência no crescimento de bactérias ureolíticas do rúmen. Na suplementação com Zn acima de 250ppm, observou-se aumento da concentração molar de propionato, e, com 470ppm, obteve-se diminuição da digestibilidade da fração fibrosa da dieta.

Bateman II et al. (2004) compararam a suplementação com Zn (500mg/kg de dieta) e monensina (40mg/kg de dieta) e seus efeitos na degradação ruminal da lisina na dieta de bovinos. Não se observou diferença quanto ao pH, nitrogênio amoniacal, peptídeos e ácidos graxos voláteis totais no rúmen entre os dois aditivos. No entanto, verificou-se aumento nos níveis de ácido propiônico após a alimentação e aumento da taxa de passagem, o que sugere, segundo os autores, melhora na eficiência microbiana no rúmen com a suplementação de Zn. Com relação à degradação da lisina, observou-se a interação entre a suplementação com Zn e a adição de monensina na dieta. A adição de Zn sem a adição de monensina apresentou menor degradação da lisina, a qual foi próxima à observada com a adição de monensina sem adição de Zn. A

semelhança entre os resultados encontrados para a suplementação com Zn e a adição de monensina sugere o potencial de utilização desta estratégia alimentar na manipulação da fermentação ruminal.

Mais estudos são necessários na tentativa de se estabelecer protocolos de manipulação da fermentação ruminal por meio do uso de elementos minerais. Como em qualquer situação referente aos minerais, deve-se considerar sempre a interação destes com vários outros compostos da dieta e a biodisponibilidade da fonte mineral utilizada (Durand e Komisarczuk, 1988; Arelovich et al., 2000).

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante disto, evidencia-se que a nutrição mineral assume importância fundamental para aumento da produtividade na pecuária, sendo uma das práticas zootécnicas mais viáveis do ponto de vista prático e econômico.

Quando do balanceamento de misturas minerais ou dos minerais na dieta, deve-se, impreterivelmente, considerar a fonte do mineral e sua biodisponibilidade, bem como a interação entre os minerais e outros nutrientes ou compostos contidos nos alimentos.

Para que seja garantida a ingestão necessária de minerais pelos bovinos leiteiros, deve-se sempre levar em consideração o sistema de produção. Este será fundamental na determinação da forma de fornecimento da mistura mineral ao animal.

A determinação da exigência de minerais pelos microrganismos ruminais pode possibilitar a utilização destes elementos na manipulação da fermentação ruminal, levando a ganho de produtividade.

Com exceção da utilização de sais tamponantes nas dietas com alto percentual de concentrados, poucos estudos abordam os minerais como manipuladores da fermentação ruminal, apesar de já ter sido demonstrada a interferência destes elementos nas propriedades físico-químicas do rúmen.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. *Nutrição animal: As bases e os fundamentos da nutrição animal*. 3.ed. São Paulo: Nobel. 1990. v.1.

ARELOVICH, H.M.; OWENS, F.N.; HORNET G.W. et al. Effects of supplemental zinc and manganese on ruminal fermentation, forage intake, and digestion by cattle fed prairie hay and urea. *J. Anim. Sci.*, v.78, p.2972-2979, 2000.

BATEMAN II, H.G.; WILLIAMS, C.C.; GANTT, D.T. et al. Effects of zinc and sodium monensin on ruminal degradation of lysine-HCl and liquid 2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.2571-2577, 2004.

BOIN, C. Exigências minerais pelas categorias do rebanho bovino e funções desses nutrientes. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. *Nutrição de bovinos: conceitos básicos e aplicados*. 5.ed. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.407-450.

BREVES, G.; SCHRÖDER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nutr. Res. Rev.*, v.4, p.125-140, 1991.

CAMPOS, O.F.L.L. Criação de bezerros até a desmama. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. *Bovinocultura de leiteira: Fundamentos da exploração racional*. 3.ed. Piracicaba: FEALQ, 2000.p.77-133.

CAVALHEIRO, A.C.L.; TRINDADE, D.S. *Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo*. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzato, 1992. 131p.

COSTA, R.S. Mineralização no gado leiteiro. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3., 2005, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: EV/UFMG, 2005. p.60-64.

DU, Z.; HEMKEN, R.W.; HARMON, R.J. et al. Copper metabolism of Holstein and Jersey cows and heifers fed diets high in cupric sulfate or copper proteinate. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.1873-1880, 1996.

DURAND, M.; KOMISARCZUK, S. Influence of major minerals on rumen microbiota. *J. Nutr.*, v.118, p.249-260, 1988.

EMANUELE, S.M.; STAPLES, C.R. Ruminal release of minerals from six forage species. *J. Anim. Sci.*, v.68, p.2052-2060, 1990.

FARIA, V.P.; GHELFI FILHO, H. Manejo e alimentação de bovinos jovens em confinamento. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. *Bovinocultura de leiteira: Fundamentos da exploração racional*. 3.ed. Piracicaba: FEALQ, 2000. p.247-264.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; VAN AMBURGH, M.E. et al. *The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion*. Ithaca, NY: Cornell University, 2000. 237p.

GOMIDE, J.A. Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. In: SIMPOSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES E PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG/EV, 1976. p.20-33.

HADDAD, C.M. Administração e consumo de um suplemento mineral. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. *Bovinocultura de corte: Fundamentos da exploração racional*. 3.ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p.183-207.

HAYS, V.W.; SWENSON, J. Ossos e minerais. In: SWENSON, M.; REECE, W.O. (Ed.). *Dukes fisiologia dos animais domésticos*. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p.472-487.

HOUSER, R.H.; MCDOWELL, L.R.; FICK, K.R. et al. Avaliação de suplementos minerais para ruminantes. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES E PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG, 1976. p.181-192.

ISHLER, V.; HEINRICHS, J.; VARGA, G. *From feed to milk: Understanding rumen function*. University Park: PennState, College of Agricultural Sciences, 1997. 27p. (Extension Circular, 422).

KELLOGG, D.W. Zinc methionine affects performance of lactating cows. *Feedstuffs*, v.62, p.14, 1990.

LARVOR, P. The pools of cellular nutrients. In: RIIS, P.M. *Dynamic biochemistry of animal production*. Amsterdam: Elsevier, 1983. p.281-318.

LOOSLI, J.K.; GUEDES, A.C. Problemas de nutrição mineral relacionados aos climas tropicais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES E PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG/EV, 1976. p.1-9.

LUCCI, C.S. *Bovinos leiteiros jovens: Nutrição. Manejo. Doenças*. São Paulo: Nobel, 1989. 371p.

MARTIN, L.C.T. *Nutrição mineral de bovinos de corte*. Rio de Janeiro: Nobel. 173p. 1993.

MATOS, L.L. Efeito da nutrição sobre a resposta imunológica de bezerros. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. *Bovinocultura de leiteira: Fundamentos da exploração racional*. 3.ed. Piracicaba: FEALQ, 2000. p.55-76.

McDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J.F.D. *Nutricion animal*. 4.ed. Zaragoza: Acribia, 1993. 571p.

McDOWELL, L.R.; HOUSER, R.H.; FICK, K.R. et al. O ferro, o manganês e o zinco na nutrição de ruminantes. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES E PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG, 1976. p.167-180.

McDOWELL, L.R. *Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais*. Gainesville, FL: Universidade da Flórida, 1986. 90p.

McDOWELL, L.R. *Minerals in animal and human nutrition*. New York: Academic Press, 1992. 524p.

McDOWELL, L.R. Recent advances in minerals and vitamins on nutrition of lactating cows. *Pak. J. Nutr.*, v.1, p.8-19, 2002.

McDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; THOMAS, J.E. et al. Nutrition composition of Latin American forages. *Trop. Anim. Prod.*, v.2, p.273- 279, 1977.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PÉCUARIA E ABASTECIMENTO. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução normativa nº12, de 30 de novembro de 2004. Aprova o Regulamento Técnico sobre Fixação de Parâmetros e das Características Mínimas dos Suplementos Destinados a Bovinos. *Diário Oficial da União*, 02/12/2004. Séc.1, p.4.

MORAES, S.S. *Importância da suplementação mineral para bovinos de corte*. Campo Grande: Embrapa/CNPGC, 2001a. 26p. (Documento Técnico, 114).

MORAES, S.S. *Novos microelementos minerais e minerais quelatados na nutrição de bovinos*. Campo Grande: Embrapa/CNPGC, 2001b. 22p. (Documento Técnico, 119).

MORAES, S.S. *Principais deficiências minerais em bovinos de corte*. Campo Grande: Embrapa/CNPGC, 2001c. 27p. (Documento Técnico, 112).

MORAIS, M.G. *Variações sazonais na composição química de Brachiaria decumbens sob pastejo e comparação da química clínica de vacas sadias e acometidas da síndrome da “vaca caída” em Mato Grosso do Sul*. 1996. 294f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academic Press, 2001. 381p.

NEIVA, R.S. *Bovinocultura de leite*. Lavras: UFLA, 1997. 540 p.

NICODEMO, M.L.F.; LAURA, V.A. *Elementos minerais em forrageiras: formas químicas, distribuição e biodisponibilidade*. Campo Grande: Embrapa/CNPGC, 2001 39p. (Documento Técnico, 115).

PAULINO, P.V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Exigências de zebuínos no Brasil. III. Minerais. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. *Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos - BR-CORTE*. Viçosa, MG: DZO/UFV, 2006. p.85-94.

PESCE, D.M.C. Microminerais protegidos em nutrição animal. *Cad. Téc. Vet. Zootec.*, n.39, p.85-91, 2002.

ROSA, I.V. Técnicas de avaliação de suplementos minerais. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: MINERAIS PARA RUMINANTES, 3., 1985, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1985. p.99-112.

SANTOS, J.E.P.; SANTOS, F.A.P. Novas estratégias no manejo e alimentação de vacas pré-parto. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. *Planejamento da exploração leiteira*. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.165-214.

SILVA, J.F.C. Minerais em nutrição de ruminantes: cobre e molibdênio. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES E PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG, 1976. p.66-79.

SOUSA J.C. Formulação de misturas minerais para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS – MINERAIS PARA RUMINANTES, 3., 1985, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1985. p.97-98.

SOUZA, J.C. *Considerações gerais sobre a suplementação mineral para gado de corte*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1979. 13p. (Circular Técnica, 1).

SPEARS, J.W. Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.58, p.151-163, 1995.

SPEARS, J.W. Zinc methionine for ruminants: relative bioavailability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers. *J. Anim. Sci.*, v.67, p.835-843, 1989.

SWAISGOOD, H.E. Review and update of casein chemistry. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.3054-3061, 1993.

TEIXEIRA, J.C. *Nutrição de ruminantes*. Lavras, MG: FAEPE, 1992. 239p.

THIAGO, L.R.L.S.; SILVA, J.M. *Observações preliminares sobre a suplementação da mistura mineral-ureia para bovinos em pastejo*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1981. 10p. (Comunicado Técnico, 7).

THOMPSON, D.J.; ANDRADE, J.M.S. Potássio e iodo na nutrição de ruminantes. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES E PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG/EV, 1976. p.85-98.

THOMPSON, D.J.; WERNER, J.C. Cálcio, fósforo e flúor na nutrição animal. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE

RUMINANTES E PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG/EV, 1976. p.85-98.

UCHIDA, K.; MANDEBVU, P.; BALLARD, C.S. et al. Effect of feeding a combination of zinc, manganese and copper amino acid complexes, and cobalt glucoheptonate on performance of early lactation high producing dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.93, p.193-203, 2001.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VIANA, J.A.C. Minerais em nutrição de ruminantes: magnésio. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES E PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG/EV, 1976. p.51-65.

WARD, J.D.; SPEARS, J.W.; KEGLEY, E.B. Bioavailability of cooper proteinate and cooper carbonate relative to cooper sulfate in cattle. *J. Dairy Sci.*, v.79, p.127-132, 1996.

WATTIAUX, M.A. Reproduction and nutrition. In: WATTIAUX, M.A. *Dairy essentials: Reproduction and genetic selection*. Madison, WI: University of Wisconsin, Babcock Institute for International Dairy Research Development, 1995. p.41-44.

CAPÍTULO 12

VITAMINAS NA NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE LEITE

*René Galvão Rezende Martins*¹, *Gustavo Henrique de Frias Castro*²,
*Lúcio Carlos Gonçalves*³, *Pedro Dias Sales Ferreira*⁴

RESUMO

As vitaminas atuam em diferentes vias do metabolismo animal, sendo essenciais na dieta de bovinos leiteiros. Caracterizam-se pelas suas solubilidades e suas funções. Em ruminantes, pela simbiose com a microflora ruminal, os sistemas de exigências nutricionais consideram necessária somente a presença de vitaminas A, D e E na dieta. No entanto, resultados de pesquisa têm demonstrado o efeito positivo da suplementação vitamínica no desempenho de vacas leiteiras de alta produção. Outra utilização das vitaminas na dieta de bovinos de leite é a possibilidade de se manipular a fermentação ruminal com estes compostos, pelo fato de estes consistirem de fatores de crescimento microbiano. Porém, existem poucas pesquisas relativas a esse tema.

INTRODUÇÃO

As vitaminas são compostos orgânicos necessários em pequenas quantidades no organismo, atuando como catalisadores e reguladores metabólicos (Murray et al., 2003). Em 1906, Hopkins sugeriu a existência de fatores alimentares acessórios. Somente a partir de 1912, Funk propôs o termo vitaminas para descrever este grupo de nutrientes, o qual se refere a uma amina essencial para a vida. Em 1913, McCollum e Davis identificaram um fator lipossolúvel, e, em 1915, um fator hidrossolúvel. Em 1920, Drummond sugeriu que nem todos estes fatores nutricionais referiam-se a aminas (Ewan, 1996).

A estrutura química das vitaminas é extremamente variável e, dentre suas funções, podem ser citadas participação na regulação do metabolismo, auxílio na conversão de gorduras, carboidratos e energia, participação na formação dos ossos e da visão, atuação no funcionamento na resposta imune celular, regulação gênica, participação na formação de tecidos corporais (Marks, 1975; National Research Council - NRC, 2001; Murray et al., 2003).

A classificação destes compostos não depende da característica química, mas sim da função que desempenham. As vitaminas A, D, E e K compõem o grupo das vitaminas

¹ Médico Veterinário, DSc.

² Médico Veterinário, DSc, Prof. Adjunto I do Dep. De Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri. Rod. BR 367, km 583, Campus JK, 39100-000 – Diamantina, MG. ghfcvet@yahoo.com.br

³ Engenheiro Agrônomo, DSc., Prof. Associado Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. luciocg@vet.ufmg.br

⁴ Médico Veterinário, Mestrando em Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. Bolsista CNPq. Ferreira.pds@gmail.com

lipossolúveis, enquanto as do complexo B, vitamina C, biotina, niacina e ácido fólico as vitaminas hidrossolúveis (Marks, 1975; NRC, 2001).

As vitaminas do primeiro grupo são insolúveis em água, as quais são absorvidas juntamente com os lipídios, sendo transportadas para o fígado através do quilomícron. Já as vitaminas hidrossolúveis, embora tenham estrutura química diversa, são moléculas polares, solúveis em água. Não apresentam a capacidade de serem armazenadas no organismo, sendo, por isso, necessária sua ingestão diariamente (Marks, 1975; Nunes, 1998). Na Tabela 1, são listadas as principais diferenças entre as vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis.

Tabela 1. Características gerais das vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis.

Característica	Lipossolúveis	Hidrossolúveis
Estocagem	Sim	Não ou muito pequena
Excreção	Bile	Urina ou Fezes
Controle	Rígido	Quase ausente
Intoxicação	Sim	Rara
Funções	Não enzimáticas, hormonais	Coenzimáticas, não hormonais
Estabilidade	Muito baixa	Variável

Fonte: Marks (1975); Nunes (1998).

Tratando-se das vitaminas, segundo Ewan (1996), a primeira consideração a ser feita relaciona-se à necessidade fisiológica e à necessidade dietética deste grupo de nutrientes. Todas as vitaminas são requeridas para os processos metabólicos, no entanto, pela capacidade de síntese do organismo ou pela simbiose com microrganismos no sistema gastrointestinal, os ruminantes não dependem exclusivamente das fontes dietéticas para todas as vitaminas.

Marks (1975) salienta que a ocorrência de deficiência de vitaminas coexiste com a deficiência proteica energética. Segundo este autor, os sintomas de deficiência são devido a modificações metabólicas pela depleção das reservas corporais destes nutrientes. Dessa forma, é passível a ocorrência de deficiência das vitaminas hidrossolúveis se estas não estiverem presentes constantemente na dieta, enquanto a deficiência de vitaminas lipossolúveis ocorrerá de forma mais gradativa, já que ocorre o acúmulo destas no organismo.

O NRC (2001) considera mais importante do que a deficiência clínica a ocorrência de deficiência subclínica em bovinos leiteiros. Isto se deve ao prejuízo gerado com esta situação no desempenho e na saúde dos animais.

Marks (1975) sugere que a ocorrência de hipervitaminose é mais provável em vitaminas lipossolúveis do que em vitaminas hidrossolúveis, pela capacidade de acúmulo destas no organismo animal.

Vários fatores afetam as necessidades de suplementação de vitaminas, dentre eles: a biodisponibilidade, o antagonismo com outros nutrientes, o nível de proteína da dieta e o uso de promotores de crescimento. Diversos fatores também podem afetar a estabilidade das vitaminas quando suplementadas. Entre eles, podem ser citados: a temperatura, a pressão, a fricção, a mistura, o tempo de condicionamento, a composição dos alimentos, a luminosidade, a extrusão e o armazenamento.

Esta revisão objetiva rever a função das vitaminas no organismo animal e abordar a aplicação da suplementação destas na dieta de bovinos leiteiros.

1 - VITAMINAS

1.1 - Vitaminas lipossolúveis

1.1.1 - Vitamina A

Vários compostos químicos apresentam o efeito de vitamina A. O principal precursor da vitamina A é o β -caroteno, mas há ainda o α -caroteno, o γ -caroteno e a criptoxantina. O termo vitamina A é empregado de maneira geral para todos os derivados do β -ionona que possuam atividade biológica do transretinol. Mais de 500 carotenoides têm sido isolados da natureza, mas somente cerca de 50 possuem atividade biológica. Dessa forma, o termo provitamina A é usado como um indicador genérico para todos os carotenoides que apresentam a atividade biológica de vitamina A (NRC, 1987).

O β -caroteno na isomeria trans é a forma mais ativa e, quantitativamente, a mais importante provitamina A. Uma grande variedade de outros análogos, incluindo metil, flúor e cloro derivados têm sido sintetizados. Os ésteres do retinol são chamados retinil-éster, e as formas aldeído são denominadas retinal ou retinaldeído (NRC, 1987; Murray et al., 2003).

A maioria do β -caroteno nas plantas é encontrada no material vegetativo, então as forragens podem conter quantidades substanciais de β -caroteno, mas a maioria dos grãos e seus subprodutos são praticamente ausentes deste composto; além disto, as concentrações de β -caroteno diminuem com a maturidade da planta e são rapidamente oxidadas quando a planta é cortada, por isso as baixas concentrações de β -caroteno encontradas em forragens armazenadas. Contudo, os teores do nutriente em fenos são extremamente variáveis, além disso, com o tempo, ocorrem perdas de mais de 50% em um ano de estocagem (NRC, 2001).

A atividade da vitamina A é definida em retinol equivalente. A maioria das formas comerciais de vitamina A são transretinil acetato e transretinil palmitato. Uma unidade internacional (UI) desta vitamina corresponde a 0,3 μ g trans retinil acetato ou 0,551 μ g transretinil palmitato. Assim, 1mg de β -caroteno corresponderá a 400UI de vitamina A.

A principal fonte comercial de vitamina A é o acetato de retinol, que contém cerca de 500.000UI/kg (Weiss, 1998; NRC, 2001). Em soluções concentradas, o retinol e seus ésteres são óleos de cor amarela clara a rosácea, solidificam em baixas temperaturas e apresentam odor suave.

Geralmente os ésteres são produzidos devido a sua alta estabilidade e melhor solubilidade em óleo ou outras preparações comerciais. Quando misturadas a alimentos, boa parte das formas comerciais de vitamina A podem manter sua estabilidade mesmo por períodos superiores a seis meses, desde que devidamente estocadas. Entretanto, na presença de alta umidade, calor e oxigênio, e sem a presença de agentes antioxidantes ou outros estabilizantes, as perdas são consideráveis.

Dentre as funções básicas da vitamina A, incluem-se combinações com a opsina para formar a rodopsina na retina dos olhos, que é um pigmento contido nas hastes de ligação, que são receptores da visão no escuro. Interfere no crescimento normal e na manutenção das células epiteliais escamosas, além de afetar o crescimento dos ossos por sua influência na síntese de condroitina. Participa de diversas reações do metabolismo corporal e é requerida para um crescimento e desenvolvimento normal (incluindo o crescimento fetal), para a espermatogênese e para a manutenção do tecido epitelial e esquelético. Também aumenta a resistência a doenças e tem efeito estimulatório na imunidade mediada por células, principalmente neutrófilos. O β -caroteno, independente de sua função de provitamina A, é um antioxidante (Behm et al., 1985; NRC, 1987; Miller et al., 1993; Ewan, 1996; Murray et al., 2003).

A absorção dos carotenoides requer a presença de sais biliares, enquanto a vitamina A, em algumas formas devidamente solubilizadas, é prontamente absorvida (Murray et al., 2003). A eficiência de absorção dos carotenoides dos alimentos depende de sua biodisponibilidade, variando em cerca de 50-60%, enquanto a absorção da vitamina A é de cerca de 80-90% (Weiss, 1998; NRC, 2001), ambos dependendo do grau de degradação ruminal (Zeoula e Geron, 2006).

A conversão do β -caroteno para vitamina A ocorre nas células da mucosa do intestino delgado e em outros tecidos, como o fígado (NRC, 1987; Murray et al., 2003). Experimentos mostram que ovinos e bezerros são mais eficientes na conversão de caroteno em vitamina A que bovinos adultos. Bovinos das raças Guernsey e Jersey têm maior concentração no organismo de vitamina A do que bovinos da raça Holandesa e Pardo Suíço (Teixeira, 1992; NRC, 2001).

Dentro da célula da mucosa, a enzima β -carotenoide 15,15'-dioxigenase catalisa a quebra central dos carotenoides e a conversão oxidativa de alguns β -apocarotenóis. Os principais produtos da quebra do β -caroteno são retinol e ácido retinoico (NRC, 1987; Murray et al., 2003).

Existem duas vias de conversão do β -caroteno em vitamina A. A importância das duas vias de quebra está relacionada a alterações da atividade da vitamina A. A quebra central rende dois moles de retinol por mol de β -caroteno, enquanto a quebra excêntrica rende apenas um. Em situações de deficiência de vitamina A, parece haver maior ação da β -carotenoide 15, 15'-dioxigenase (NRC, 1987; Murray et al., 2003).

Em condições normais, mais de 90% da vitamina A presente no corpo animal está no fígado. Quanto à concentração de vitamina A nas células do parênquima hepático, observam-se dois grupos celulares: as “células leves”, que contêm muita vitamina A; e as “células pesadas”, que contêm pouca vitamina A. Quando há carência de vitamina A, as células do parênquima são a sua principal reserva. Quando o aporte de vitamina A está adequado, a vitamina absorvida é transferida das células do parênquima a um tipo especializado de células perisinusoidais. Entretanto, este mecanismo de transporte ainda não está devidamente elucidado. Dentro destas células perisinusoidais, o retinol é esterificado e armazenado em glóbulos que contêm mais de 60% de retinil ésteres (NRC, 1987; Ewan, 1996).

Nos neonatos, há pouca ou nenhuma reserva hepática, sendo a ingestão de colostro muito importante, por conter vitamina A (42 a 48 microgramas por grama de gordura), e caroteno (25 a 45 microgramas por grama de gordura), em quantidades dependentes da dieta das vacas.

De forma geral, a vitamina A ingerida é metabolizada da seguinte forma: 10 a 20% não são absorvidos, sendo excretados nas fezes; 80 a 90% são absorvidos, sendo que 20 a 60% são ligados ou oxidados a produtos que serão excretados nas fezes ou urina; e a vitamina A remanescente é estocada (Ewan, 1996).

A digestão e a biodisponibilidade da vitamina A e dos carotenoides dependerão do *status* nutricional e da integridade da mucosa intestinal. Fatores nutricionais de maior importância são proteínas, gorduras, vitamina E, zinco e ferro. Alguns tipos de fibra também podem reduzir a absorção dos carotenoides (por exemplo, a pectina altamente metoxilada).

Os valores de meia-vida da vitamina A para total depleção das reservas em humanos são da ordem de 128-156 dias (Machlin, 1991). O estoque de vitamina A não ultrapassa dois a quatro meses em animais adultos. O tempo médio para que 50% da vitamina A saia do fígado varia entre 90 e 320 dias (Teixeira, 1992).

Os principais sintomas de deficiência relatados incluem: incapacidade de discernir objetos no escuro; cegueira total; convulsões; mudanças degenerativas dos rins; alterações ósseas; alterações ópticas; aumento da pressão do fluido cérebro-espinhal; diminuição da libido e da motilidade espermática; redução no número de espermatozoides maduros; degeneração da mucosa de muitos órgãos (trato respiratório, urogenital, rins, glândulas salivares e bucais e os olhos); desordens reprodutivas (abortos, retenção de placenta, nascimento de bezerros fracos, cegos ou mortos, diminuição na libido e atividade sexual em machos, espermas anormais e com

motilidade reduzida, degeneração dos túbulos seminíferos e injúrias testiculares gerais); diminuição da atividade fagocitária de macrófagos e neutrófilos (Ewan, 1996; NRC, 2001; McDowell, 2002; Murray et al., 2003). Weiss (1998) cita o aumento da incidência de aborto, natimortos e retenção de placenta em vacas com deficiência de vitamina A.

De maneira geral, quadros de deficiência de vitamina A são associados às seguintes ocorrências: premixes e produtos injetáveis velhos; dietas com alto teor de concentrados; dietas com grande quantidade de silagens; forragens secas e de baixa qualidade; alimentos expostos ao sol e a altas temperaturas; alimentos estocados por longo tempo; produtos processados intensamente; produtos misturados com elementos oxidantes, como minerais; bezerros alimentados com sucedâneos; e condições que reduzam a imunocompetência (por exemplo, o periparto) (NRC, 2001).

Devido à aparente degradação no rúmen, os ruminantes toleram maiores quantidades de vitamina A na dieta, sem apresentar sintomas tóxicos. Sinais clínicos de hipervitaminose em não ruminantes são: aumento no peso do fígado, coração e rins, decréscimo no nível de albumina e aumento no nível de globulina sérica (NRC, 1987).

1.1.2 - Vitamina D

Muitos compostos possuem atividade de vitamina D, mas somente a vitamina D₂ – ergocaliferol (ergosterol em plantas) e a D₃ – colecalciferol (7-dehidrocolesterol em animais) são importantes fontes dietéticas. A vitamina D₃ se comporta como um pró-hormônio ativado pelas hidroxilações no fígado e nos rins. Ela pode ser obtida pelo organismo por meio da dieta ou da exposição ao sol (NRC, 1987, 2001; Ewan, 1996).

A irradiação pelo sol ou a luz ultravioleta, que quebra a ligação entre carbonos, é essencial para a produção de ambas as formas biologicamente ativas de vitamina D (NRC, 2001; Murray et al., 2003). Anteriormente, pensou-se que as vitaminas D₂ e D₃ possuíam igual biopotência para ruminantes e outros mamíferos, enquanto para aves a D₃ foi considerada superior à D₂ no transporte de Ca. Entretanto, mais recentemente, sabe-se que suínos e ruminantes usam D₃ mais eficientemente que D₂. Para ruminantes, os autores sugerem que pode haver uma degradação preferencial de D₂ pelos microrganismos do rúmen (Teixeira, 1992).

Em países de clima temperado, durante a maior parte do ano, quando a insolação é insuficiente para gerar boas quantidades de vitamina D₃, a avitaminose poderá surgir se ocorrerem deficiências nas dietas. No Brasil, a única possibilidade de deficiência seria pelo emprego de rações pobres e instalações inadequadas, sombrias e fechadas, como, por exemplo, as que antigamente eram recomendadas para a criação de bezerros. Estes sistemas estão atualmente em desuso, adotando-se instalações abertas e ventiladas.

Como regra geral, a contribuição da luz solar e a da forragem como suprimentos de vitamina D não são consideradas na descrição das exigências para esta vitamina. A

atividade da vitamina D é altamente variável nas rações, mas não tão sensível ao calor como as vitaminas A ou E. Para a conversão de medidas, considera-se que 1UI de vitamina D equivale a 0,025µg de colecalciferol. A fonte comercial de vitamina D é o colecalciferol com concentração desta vitamina de 500.000UI/kg.

De maneira geral, a vitamina D está envolvida no metabolismo do Ca e P, no estímulo à formação da proteína transportadora de Ca na mucosa do intestino delgado, na secreção de insulina e prolactina, na função muscular, na resposta imune via linfócitos T, na síntese de melanina e na diferenciação celular de células da pele e do sangue (NRC, 1987, 2001; Ewan, 1996; Murray et al., 2003).

A vitamina D suprida pela pele ou pela dieta é rapidamente transportada e sequestrada pelo fígado. A rápida remoção desta vitamina previne que ela atinja concentrações muito elevadas no sangue (NRC, 1987, 2001; Ewan, 1996).

A vitamina D é absorvida em associação com lipídios na presença dos sais biliares no intestino delgado. Cerca de 70% da vitamina D da dieta é degradada no rúmen (Zeoula e Geron, 2006). Como outros esteroides que circulam no plasma, a vitamina D e seus metabólitos estão ligados a uma proteína, a proteína ligadora de vitamina D. Sabe-se que tanto a vitamina D, o 25(OH)D, quanto o 1,25(OH)₂D são transportados pela mesma proteína, entretanto a maior afinidade ocorre com o 25(OH)D. Ao contrário da vitamina A, o fígado de ruminantes não mantém grandes reservas corporais de vitamina D (NRC, 1987, 2001; Murray et al., 2003).

A maior fonte de vitamina D é a produção na pele de 7-deidrocolesterol. Este é convertido em pré-vitamina D a qual é, então, isomerizada em vitamina D. Dentro do fígado, a vitamina D pode ser convertida em 25(OH)D pela enzima 25-hidroxilase e liberada na corrente sanguínea. A 25(OH)D circula até os rins, onde ela poderá ser convertida em hormônio 1, 25(OH)₂D. Este hormônio age aumentando o transporte de cálcio e fósforo através das células epiteliais intestinais e potencializa a ação do paratormônio para aumentar a reabsorção óssea de cálcio. (NRC, 1987, 2001; Ewan, 1996; Murray et al., 2003). Os principais fatores que regulam a produção de 1,25(OH)₂D são o próprio metabólito, o paratormônio e os níveis séricos de Ca e P (NRC, 1987).

A via catabólica da vitamina D é desconhecida, mas sabe-se que a excreção de vitamina D e de seus metabólitos ocorre principalmente nas fezes, via sais biliares, muito pouco aparecendo na urina. Problemas hepáticos, renais, doenças, alterações na paratireoide, idade, sexo, entre outros, podem afetar o metabolismo da vitamina D (Behm et al., 1985; Ewan, 1996).

Diversos fatores afetam as necessidades de vitamina D dos animais. Dentre eles, podem ser citados a relação Ca:P dietética, o estágio de desenvolvimento, a idade, o sexo, a estrutura da pele e pelo, a condição sanitária etc. Assim, a quantidade de vitamina D dietética requerida para proporcionar substrato adequado para a produção de 1,25(OH)₂D é de difícil definição. Animais expostos à luz solar em baixas latitudes

podem não requerer qualquer quantidade de vitamina D dietética. Sistemas de produção de ruminantes em confinamento e dietas à base de alimentos conservados têm maiores necessidades de suplementação de vitamina D. No entanto, algumas pesquisas indicam que baixos consumos de vitamina D suplementar restauram a fertilidade de vacas em anestro ou causam um estro mais precoce após o parto (Teixeira, 1992).

Os sinais de deficiência observados são: o desbalanço do metabolismo do Ca e P, com redução das concentrações de Ca e/ou P inorgânico no plasma e aumento de enzima fosfatase no plasma, dos níveis séricos de 25(OH)D menores que 5ng/mL, e o desbalanço no metabolismo ósseo, com mineralização deficiente dos ossos, pernas tortas e articulações inchadas e duras; paralisia; dificuldade de andar; tetania; respiração difícil; acúmulo de fluido sinovial nas articulações; baixo ganho de peso; nascimento de fetos mortos, fracos ou deformados (Behm et al., 1985; Ewan, 1996; NRC, 2001).

A vitamina D em excesso na dieta pode causar toxicidade. Nesses casos, podem-se observar: maior absorção de Ca intestinal; altos níveis de Ca plasmáticos; calcificação intensa dos ossos, seguida de reabsorção de Ca; calcificação de tecidos moles, como rins, coração e artérias, além das articulações; perda de apetite; perda de peso; e níveis séricos de 25(OH)D maiores que 200-300ng/mL. Observa-se maior toxicidade após injeção intramuscular quando comparada à administração oral, o que confirma a degradação efetiva da vitamina D no rúmen (NRC, 2001; Murray et al., 2003).

1.1.3 - Vitamina E

A vitamina E é um nome genérico para designar uma série de compostos lipossolúveis chamados tocoferóis e tocotrienóis. A maior parte da forma biologicamente ativa da vitamina E está na forma de α -tocoferol. Esta é também a forma mais comum encontrada nos alimentos. Existem aos menos oito compostos na natureza com atividade similar à vitamina E, sendo a mais ativa o α -tocoferol (outras: β , γ , δ , ζ , e η) (NRC, 1987; Murray et al., 2003).

O teor de vitamina E nos alimentos é altamente variável; dependendo das espécies da forragem, as plantas podem conter de 80 a 200UI/Kg MS. As concentrações de α -tocoferol nas forragens declinam rapidamente após o seu corte, a exposição ao oxigênio e à luz solar exacerba este declínio. Em geral, as concentrações de vitamina E em concentrados são baixas, sendo exceções a soja crua e o caroço de algodão. O tratamento térmico do farelo de soja destrói essencialmente todos os α -tocoferóis. As concentrações de α -tocoferol nos alimentos diminuem com o tempo de armazenamento. As perdas na ensilagem e fenação são da ordem de 20-80% (Weiss, 1998; NRC, 2001).

O α -tocoferol é praticamente insolúvel em água, mas solúvel em óleos e solventes orgânicos. Os tocoferóis são estáveis ao calor e álcalis na ausência de oxigênio, e

também não são afetados por ácidos em temperaturas superiores a 100°C. Contudo, eles são lentamente oxidados pelo oxigênio atmosférico. Esta oxidação pode ser acelerada pela exposição ao calor, luz e álcalis na presença de cobre e ferro. Devido à maior estabilidade da forma éster, o tocoferol normalmente é comercializado na forma do éster acetato na concentração de 50%. Considera-se que 1UI equivale a 1mg acetato de α -tocoferol. Entretanto, os ésteres não exercem a função antioxidante, já que se observa que alterações da cadeia lateral do α -tocoferol alteram drasticamente sua função biológica. As perdas da atividade biológica em pré-misturas vitamínicas com acetato de α -tocoferol são menores que 1%/mês. Em alimentos extrusados, podem ser de 6%/mês (NRC, 2001).

A função melhor entendida da vitamina E é como um antioxidante celular lipossolúvel (Miller et al., 1993). Por meio desta função e talvez por outras, a vitamina E está envolvida na manutenção das membranas celulares, no metabolismo do ácido araquidônico, na imunidade e função reprodutiva (NRC, 1987, 2001).

Em ruminantes, a degradação ruminal da vitamina E parece ser mínima (Zeoula e Geron, 2006). A absorção dos tocoferóis ocorre principalmente através do sistema linfático, onde são transportados como complexos lipoproteicos. À medida que se aumenta a dose de tocoferol fornecida, a absorção tende a diminuir. A digestão e a absorção simultânea de lipídios da dieta favorecem a maior eficiência na absorção da vitamina. A forma como se apresenta o tocoferol (dl- α -tocoferol ou acetato de dl- α -tocoferil) interfere na sua absorção e nos níveis plasmáticos (NRC, 1987, 2001; Ewan, 1996; Murray et al., 2003).

Tanto a bile quanto o suco pancreático são importantes para a absorção da vitamina E, que ocorrerá juntamente com outras vitaminas lipossolúveis via micela. No sangue e linfa, a vitamina E pode ser transportada ligada a diversas lipoproteínas, sendo mais frequentemente ligada na fração LDL (NRC, 1987).

A utilização da vitamina E pelos tecidos irá depender da sua ingestão. Embora não seja estocada no corpo em grandes quantidades, os maiores teores dela se encontram no tecido adiposo, no fígado e nos músculos. Os níveis teciduais da vitamina parecem responder rapidamente ao nível de sua ingestão. De forma geral, menos de 1% da vitamina E ingerida é excretada na urina, sendo as fezes a principal forma de excreção.

A relação entre a função do Se e a vitamina E é fundamental para a ação da vitamina E no organismo (Miller et al., 1993). Os primeiros trabalhos mostraram que animais com deficiência de vitamina E responderam positivamente à suplementação com Se (NRC, 2001). Observam-se também interações entre o metabolismo da vitamina E e vitamina A, aminoácidos, vitamina B12, zinco, ferro, vitamina C e vitamina K.

A doença do músculo branco é um sinal clássico da deficiência desta vitamina. A miopatia observada na deficiência de vitamina E, na verdade, resulta primariamente da deficiência de Se.

Outros sintomas de deficiência incluem: dificuldade em mamar, paralisia, necrose hepática, necrose cardíaca, morte fetal e reabsorção, hiperplasticidade e necroses espalhadas nas fibras musculares, aumentos nas concentrações de algumas enzimas no plasma, como a glutamina oxaloacética transaminase, a alanina transaminase e a desidrogenase láctica (NRC, 1987, 2001). Experimentos mais recentes têm focado a relação da vitamina com distúrbios reprodutivos, mastites e função imune (Miller et al., 1993). Segundo o NRC (2001), parece mais provável a intoxicação com as vitaminas A e D que com a vitamina E.

1.1.4 - Vitamina K

Vitamina K é um termo genérico utilizado para descrever um grupo de compostos quinonas que possuem efeitos anti-hemorrágicos. A forma básica da vitamina K é 2-metil-1,4-naptoquinona. Os seus isômeros diferem quanto ao comprimento e à natureza da cadeia lateral. Os três isômeros mais comuns são filoquinona (K1), menaquinona (K2) e menadiona (K3). As filoquinonas são comumente encontradas nos cloroplastos das plantas verdes, as menaquinonas são sintetizadas pela flora bacteriana. A menadiona e seus derivados são as formas sintéticas de vitamina K utilizadas como suplementos alimentares (Behm et al., 1985; Ewan, 1996; NRC, 2001; Murray et al., 2003). Comercialmente se encontra a menadiona em concentração de 50%.

As vitaminas K1 e K2 são derivadas da naphoquinona. Elas são solúveis em gordura e sensíveis à luz e oxidação. Ambas servem como um fator necessário à coagulação do sangue nos animais. A vitamina K2 é normalmente sintetizada em quantidades adequadas no rúmen de animais adultos e no intestino da maior parte dos animais, existindo uma pequena chance de ocorrência de deficiência sob situações de alimentação normal (Ewan, 1996).

A vitamina K participa do sistema de coagulação sanguínea, bem como de diversas outras proteínas. Os bovinos requerem a vitamina K para a síntese de pelo menos 12 proteínas. Dentre estas, estão quatro fatores de coagulação sanguínea: protrombina (fator II) e os fatores VII, IX e X (Ewan, 1996; NRC, 2001).

A absorção da vitamina K se dá via sistema linfático, em micelas, e requer a presença de bile e suco pancreático. Pouco se sabe sobre a existência de proteínas carreadoras específicas e não há indícios de que seu transporte se dê sob uma forma modificada (Behm et al., 1985; NRC, 1987; Ewan, 1996).

Aparentemente ela é rapidamente concentrada no fígado após a absorção, porém, pouco tempo depois, encontra-se distribuída em diversos órgãos, principalmente glândulas adrenais, pulmões, medula óssea, rins e nódulos linfáticos. A menadiona é encontrada metabolizada na urina e bile. Já a filoquinona foi encontrada em grande parte metabolizada nas fezes (Behm et al., 1985; NRC, 1987; Ewan, 1996).

Um antagonista da ação da vitamina K é o dicumarol (metabólito de fungos). Encontrado no trevo doce mofado, ele age como um inibidor metabólico para a vitamina K, causando distúrbios de coagulação do sangue e levando à ocorrência de hemorragia e morte. Não existem relatos de intoxicação por vitamina K (NRC, 2001).

1.2 - Vitaminas hidrossolúveis

Segundo o NRC (2001), os microrganismos ruminais e a dieta, geralmente, suprem as necessidades dietéticas de vitaminas do complexo B, enquanto, com relação à vitamina C, a síntese pelo organismo animal é suficiente para a demanda corpórea. Dessa forma, bovinos jovens com a flora ruminal não estabelecida são os animais que devem ser suplementados na dieta com estas vitaminas, para que seja evitada a ocorrência de deficiência.

1.2.1 - Vitaminas do complexo B

1.2.1.1 - Tiamina (B1)

A tiamina é uma vitamina hidrossolúvel, que, na sua forma pura, apresenta coloração branca e tem um odor sulfuroso. Em soluções aquosas, apresenta boa estabilidade ao calor e à oxidação, próxima do pH 5,5. Em valores de pH maiores do que 5,5, a tiamina tem sua estabilidade reduzida. Funciona como uma importante coenzima em diversas vias do metabolismo energético e desempenha um papel, embora ainda não bem definido, nas funções nervosas e cerebrais (NRC, 2001).

As principais fontes de tiamina incluem grãos e seus subprodutos, farelo de soja e leveduras, além da síntese ruminal. Sabe-se que uma grande variedade de microrganismos requer tiamina para seu desenvolvimento (NRC, 2001). O cloridrato de tiamina 98,5% é a forma comercial encontrada desta vitamina. Dentre os fatores que alteram a disponibilidade da tiamina em alimentos após o processamento, podem-se destacar o pH, a temperatura, a solubilidade, a oxidação, a radiação, a ação de tiaminases.

A tiamina serve como um cofator de enzimas que estão envolvidas no metabolismo dos carboidratos. A tiamina difosfato tem sido identificada como coenzima atuante nas reações de descarboxilação oxidativa de α -cetoácidos (conversão do piruvato a α -cetoglutarato no metabolismo energético); metabolismo da glicose (coenzima na via das pentose-fosfato); oxidação do acetil-CoA; e na participação na condução do impulso nervoso (Behm et al., 1985; Ewan, 1996; Murray et al., 2003).

Em cobaias e humanos, a tiamina é absorvida na mucosa do jejuno por um processo mediado por carreador ou por difusão passiva, dependendo do gradiente de concentração. O transporte plasmático ocorre dentro das células vermelhas do sangue (Behm et al., 1985; Ewan, 1996).

Embora varie entre as espécies animais, o coração parece ser o órgão que apresenta o maior conteúdo de tiamina, seguido pelos rins e cérebro. Entretanto, a tiamina não possui estoques por longos períodos e apresenta rápida renovação no sangue. Assim, um suprimento contínuo torna-se necessário. A tiamina fornecida via oral ou parenteral é rapidamente convertida a difosfato e, em pequenas quantidades, a éster trifosfato nos tecidos. O excesso de tiamina é excretado na urina (NRC, 1987).

Como está envolvida no metabolismo da energia, os sintomas de deficiência desta vitamina normalmente se relacionam a reações que fornecem energia como: desordens no sistema nervoso central; efeitos neuromusculares; cardiomegalia; incoordenação muscular; bradicardia; necrose de fibras musculares cardíacas; cegueira; convulsão; polioencefalomalacia; anorexia; diarreia; baixo ganho em peso e morte (NRC, 2001).

A deficiência de tiamina tem sido observada em animais consumindo altas quantidades de grãos, resultando em sintomatologia nervosa. Tem-se sugerido que dietas com alto teor de açúcar estimulam a síntese de uma tiaminase por microrganismos ruminais que destroem a tiamina disponível. Também a presença de metabólitos antitiamina no rúmen pode induzir à sua deficiência. A ocorrência de polioencefalomalácia é pouco frequente em bovinos leiteiros, tendo maior predominância em animais mais jovens do que em animais mais velhos (NRC, 2001).

1.2.1.2 - Riboflavina (B2)

A riboflavina existe sob a forma livre, flavina mononucleotídeo – FMN e flavina adenosina dinucleotídeo – FAD. A absorção da riboflavina envolve um sistema de transporte ativo, saturável. Outros nomes usados para riboflavina são vitamina B2, vitamina G, ovoflavina, lactoflavina, uroflavina e hepatoflavina (NRC, 1987; Ewan, 1996; Murray et al., 2003). Como fonte suplementar, encontra-se comercialmente a riboflavina 80%.

A riboflavina é constituinte de diversos sistemas enzimáticos associados com o metabolismo intermediário. Atua na forma de FAD e FMN como intermediária na transferência de elétrons em reações de oxidação-redução (Behm et al., 1985; NRC, 1987; Ewan, 1996; Murray et al., 2003).

No rúmen, é totalmente degradada. No intestino, antes de sua absorção, a FMN é convertida em riboflavina. Uma vez dentro das células da mucosa intestinal, a riboflavina é novamente convertida em FMN, em uma reação dependente de adenosina trifosfato. A FMN então atinge o sistema porta e, via albumina plasmática, é levada ao fígado, onde é convertida em FAD (Behm et al., 1985; NRC, 1987; Ewan, 1996; Murray et al., 2003). Cerca de 1/3 das flavinas está armazenado no fígado, sendo a FAD a principal forma armazenada. Sua meia-vida é de cerca de 16 dias, e sua excreção se dá principalmente via urina (Ewan, 1996).

Os sinais de sua deficiência não são patognomônicos. Na deficiência, observam-se

lesões na boca e língua, diarreia, perda de apetite, baixo ganho de peso, alterações da pele, hepatomegalia, esteatose hepática, além de alteração no metabolismo do triptofano, já que a coenzima riboflavina atua na conversão da piridoxina em piridoxal, que, por sua vez, atua em conversão do triptofano em niacina (Behm et al., 1985; Ewan, 1996).

1.2.1.3 - Niacina (B3)

Niacina é o nome genérico de uma das vitaminas hidrossolúveis do grupo B3 derivado do ácido nicotínico (NRC, 1987). Comercialmente encontra-se o ácido nicotínico com 99,5% de concentração.

A niacina é utilizada para a síntese de nicotinamida adenina dinucleotídeo – NADH e nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato – NADPH no citosol das células, os principais carreadores de elétrons para a cadeia transportadora de elétrons e a fosforilação oxidativa. Além disso, esses compostos são coenzimas de muitas enzimas desidrogenases, tais como lactato desidrogenase e malato desidrogenase, e, portanto, são substâncias fundamentais em muitos processos metabólicos que afetam o metabolismo celular (NRC, 1987, 2001; Ewan, 1996; Murray et al., 2003).

Em ruminantes, tem importância especial devido a sua exigência para detoxificação hepática da amônia a ureia e no metabolismo hepático das cetonas (NRC, 2001). O mecanismo de ação exato da niacina ainda não foi desvendado em ruminantes, mas, em animais de laboratório e humanos, observa-se a redução do fluxo de ácidos graxos livres para o sangue e da síntese de colesterol via lipoproteínas (Grummer, 1993; Murray et al., 2003). Pode ainda influenciar a fermentação ruminal, em função da maior síntese de proteína microbiana e maiores níveis de propionato com a suplementação de niacina (NRC, 2001).

É provável que ocorra a síntese no rúmen desta vitamina, porque o suprimento de niacina para o intestino excede a quantidade ingerida quando dietas não suplementadas com esta vitamina são fornecidas para bovinos. Segundo o NRC (2001), os microrganismos do rúmen sintetizam a niacina em quantidades necessárias para vacas de alta produção mesmo no início da lactação.

De maneira geral, na célula da mucosa intestinal, a niacina é transformada em nicotinamida, forma esta que é disponibilizada para os tecidos corporais. A niacina pode ser obtida a partir da conversão do aminoácido triptofano, dependendo dos níveis dietéticos deste aminoácido (NRC, 1987). Com isso, as principais fontes desta vitamina para os ruminantes são a dieta, a síntese ruminal ou a conversão do triptofano em niacina (NRC, 2001). Segundo Murray et al. (2003), cerca de 60mg de triptofano equivalem a 1mg de niacina na dieta.

Seu metabolismo depende de outros componentes da dieta, dentre os quais, o balanço aminoacídico (maiores níveis de leucina, arginina e glicina requerem maior teor de niacina), a energia da dieta (quanto maior, maior a necessidade de niacina), o

uso de ionóforos (também elevam sua importância), a disponibilidade da niacina da dieta e a degradação ruminal.

Os sinais de deficiência não são específicos e incluem diminuição do apetite, redução no desenvolvimento, fraqueza muscular generalizada, desordens digestivas, diarreia, dermatite e anemia microcítica (Murray et al., 2003).

1.2.1.4 - Ácido pantotênico (B5)

O ácido pantotênico é sintetizado pelos microrganismos ruminais em grande quantidade. É um constituinte da coenzima A e, portanto, essencial para diversas reações fundamentais no metabolismo, como a oxidação de ácidos graxos, o catabolismo de aminoácidos e a síntese de acetilcolina, atuando como doador ou receptor de íons H^+ (Behm et al., 1985; NRC, 1987; Ewan, 1996; Murray et al., 2003).

Apresenta interação com a vitamina B12, a vitamina C, a biotina, o ácido fólico, a vitamina B6, a niacina, a vitamina A e com o cobre.

Muito embora a deficiência de ácido pantotênico seja incomum em ruminantes devido à produção desta vitamina pelos microrganismos do rúmen, em monogástricos observam-se alterações nervosas, gastrointestinais e imunes, diminuição do crescimento, diminuição do apetite, lesões de pele, alterações do metabolismo dos carboidratos e lipídios (NRC, 1987). O pantotenato de cálcio 98% é a forma comercial encontrada de ácido pantotênico.

1.2.1.5 - Piridoxina (B6)

O grupo das vitaminas B6 inclui diversos derivados da piridoxina, como o piridoxal e a piridoxamina (Behm et al., 1985; NRC, 1987; Ewan, 1996; Murray et al., 2003). Geralmente as vitaminas do grupo são lábeis, mas em níveis variáveis. Em solução aquosa, são sensíveis à luz com influência do pH.

O processamento dos alimentos pode alterar a biodisponibilidade e o conteúdo da vitamina B6. Em relação a outros nutrientes, o zinco e a riboflavina interagem no metabolismo das vitaminas B6. O cloridrato de piridoxina 99% é a forma comercial encontrada desta vitamina.

Aparentemente, a absorção da vitamina B6 é de forma passiva, e sua biodisponibilidade varia conforme o grupo e possíveis ligações. Seu transporte se dá ligado à albumina ou ao eritrócito. O tecido muscular tem sido sugerido como provável sítio de estocagem da vitamina B6, onde ela está presente sob a forma de piridoxal fosfato (PLP) ligada ao glicogênio fosforilase (Behm et al., 1985; NRC, 1987; Ewan, 1996; Murray et al., 2003).

A PLP tem sido reportada como coenzima participante em mais de 100 reações enzimáticas, boa parte delas reações de transaminação. As principais funções

atribuídas às vitaminas deste grupo relacionam-se ao metabolismo de ácidos nucleicos; à gliconeogênese, por atuarem como coenzimas nas reações de transaminação e na glicogênio fosforilase; à afinidade de ligação do O₂ nos eritrócitos; à conversão de triptofano em niacina; à formação de neurotransmissores (taurina, dopamina, neuroepinefrina, histamina); ao metabolismo de lipídios, à conversão de ácido linoleico em ácido araquidônico; bem como ao fato de essas vitaminas constituírem moduladores da ação esteroide (Behm et al., 1985; Ewan, 1996; Murray et al., 2003).

1.2.1.6 - Cianocobalamina (B12)

As formas naturais encontradas da vitamina B12 são a adenosilcobalamina e a metilcobalamina. A cianocobalamina é produzida artificialmente e apresenta relativa estabilidade e alta biodisponibilidade, sendo encontrada comercialmente na concentração de 1%.

A síntese ruminal é a principal fonte para os ruminantes. Os microrganismos ruminais podem produzir toda a vitamina B12 requerida pelos ruminantes, desde que quantidades adequadas de cobalto estejam disponíveis na dieta. Sua síntese tende a ser mais alta quando os animais estão sob pastejo do que quando em dietas ricas em concentrado (NRC, 1987, 2001).

A absorção ocorre no íleo e é facilitada pela presença de um fator intrínseco liberado no suco gástrico. Os principais tecidos onde ocorre a reserva de vitamina B12 são o fígado, os rins, o coração, o baço e o cérebro (NRC, 1987; Murray et al., 2003).

Esta vitamina atua como um cofator principalmente para duas enzimas: a metimalonil coenzima A mutase, necessária para a conversão de propionato em succinato; e a tetraidrofolato metiltransferase, que catalisa a transferência de grupos metil do 5-metiltetraidrofolato para homocisteína para que seja formada a metionina e o tetraidrofolato. Dessa forma, atua no metabolismo de ácidos nucleicos (cofator na biossíntese de purina e pirimidina), no metabolismo de proteínas, lipídios, carboidratos e no metabolismo do propionato (Behm et al., 1985; NRC, 1987, 2001; Ewan, 1996; Murray et al., 2003).

Observam-se sintomas de deficiência associados à deficiência de cobalto. Os sinais clínicos são muito semelhantes, entre eles: diminuição do apetite; retardo no desenvolvimento; enfraquecimento muscular e desmielinização de nervos periféricos (Behm et al., 1985; Ewan, 1996).

1.2.2 - Vitamina C

A vitamina C, ou ácido ascórbico, é sintetizada dentro das células dos ruminantes. Os bezerros não podem sintetizá-la até aproximadamente três semanas de idade. Portanto, essa vitamina não é considerada um nutriente essencial para bovinos com idade superior a três semanas (NRC, 2001).

O ácido ascórbico funciona como um antioxidante celular solúvel em água, atuando em conjunto com enzimas do grupo das hidroxilases (Miller et al., 1993; Murray et al., 2003). Especificamente, acredita-se que ele esteja envolvido na regulação da síntese de esteroides, pelo fato de a concentração de ácido ascórbico ser alta nas células secretoras de esteroides (Miller et al., 1993). Devido ao seu efeito antioxidante, a maioria das pesquisas tem se concentrado nos efeitos da vitamina C sobre a função imunológica (Behm et al., 1985; Ewan, 1996; NRC, 2001). McDowell (2002) cita a participação da vitamina C na redução dos níveis de glicocorticoides e na redução da vitamina E.

Em ruminantes, sua absorção intestinal é dificultada pela grande degradação no rúmen. Após a absorção, esta irá concentrar-se no fígado, nos rins, no cérebro, nas gônadas (NRC, 1987).

Na maioria das espécies animais, observa-se a interconversão reversível do ácido ascórbico em ácido deidroascórbico. A partir deste, o metabolismo é dependente das espécies, sendo os metabólitos, em grande parte deles, excretados pela urina (NRC, 1987).

1.2.3 - Ácido fólico

As enzimas contendo ácido fólico estão envolvidas no movimento de unidades de um carbono em vias bioquímicas do organismo. O ácido fólico é necessário na síntese de ácidos nucleicos, como cofator nas reações de carboxilação, e pode, ainda, interferir no metabolismo da metionina (Behm et al., 1985; NRC, 1987, 2001; Ewan, 1996; Murray et al., 2003).

A absorção e o metabolismo do ácido fólico estão relacionados à forma folato monoglutamato. O principal tecido de reserva é o fígado, sendo este excretado na bile (NRC, 1987; Murray et al., 2003).

A degradação microbiana de ácido fólico suplementar pode ser extensa, conseqüentemente a sua administração por via parenteral é geralmente utilizada para se examinar respostas à suplementação com esta vitamina (NRC, 2001).

A deficiência de ácido fólico é caracterizada por anemia, leucopenia, seguida de diarreia, pneumonia e morte (NRC, 1987; Murray et al., 2003). Entretanto, sintomas de deficiência de ácido fólico não têm sido observados nos bovinos de leite em lactação (NRC, 2001). Comercialmente, encontra-se o ácido fólico na concentração de 95%.

1.2.4 – Biotina

A biotina age como cofator para muitas enzimas envolvidas nas reações de carboxilação (Murray et al., 2003).

O processamento e o armazenamento dos alimentos podem reduzir seu conteúdo de biotina. Sua interação com o magnésio tem sido relatada. Soluções aquosas de biotina são relativamente estáveis ao pH. A fonte comercial utilizada para suplementação de biotina é a D+biotina com 2% de concentração.

Uma grande quantidade de microrganismos são capazes de sintetizar a biotina. Da mesma forma, diversos microrganismos requerem esta como fator de crescimento. Apesar disso, a biotina é pouco degradada no rúmen, e seus níveis no sangue e no leite estão altamente correlacionados com sua ingestão. Segundo o NRC (1987), a biotina é facilmente absorvida no intestino delgado, não havendo reserva desta no organismo, o que torna imediata sua recuperação na urina. Parecem existir duas proteínas de transporte de biotina no plasma: uma para o metabolismo geral e outra para o sistema reprodutivo (Behm et al., 1985; NRC, 1987, 2001; Ewan, 1996).

1.2.5 – Colina

De acordo com o conceito geral, a colina não é uma vitamina por não fazer parte de um sistema enzimático e, quantitativamente, por ser exigida em maiores quantidades que todas as outras vitaminas (NRC, 1987, 2001).

No entanto, a colina é um importante fornecedor de grupos metil, é constituinte estrutural de células, ajuda na transmissão de impulsos nervosos (acetilcolina) e tem grande importância no metabolismo das gorduras. Além disso, participa da formação da metionina, tem ação lipotrópica e contribui para a manutenção da estrutura celular (Behm et al., 1985; NRC, 1987; Ewan, 1996).

Em ruminantes, a ação da colina no metabolismo de lipídios tem levado à investigação dos seus efeitos na síntese da gordura do leite ou na produção de leite. Alguns autores sugerem que a colina facilita o transporte de ácidos graxos livres do tecido adiposo, através do fígado, para a glândula mamária, aumentando, assim, o teor de gordura do leite (NRC, 2001).

Pode ser sintetizada pelo organismo animal (a partir da metionina) e degradada no rúmen, sendo mais eficiente quando suplementada na forma sobrepassante (NRC, 1987, 2001). Comercialmente, encontra-se o cloreto de colina 50%.

O sinal predominante da deficiência de colina na maioria dos animais é o fígado gorduroso. Em bezerras, outros sintomas incluem fraqueza muscular, dificuldade respiratória, hemorragia renal e dificuldade em se levantar (Behm et al., 1985; Ewan, 1996).

1.2.6 – Inositol

O inositol é um nutriente importante no metabolismo e transporte de lipídios, além de ser constituinte dos fosfolipídios e ter atividade lipotrófica. O inositol pode ser sintetizado no rúmen e o mioinositol é encontrado nos alimentos como componente do

ácido fítico; assim, deficiências de inositol não são prováveis de ocorrer em condições normais. No entanto, em períodos de ocorrência de lipidose hepática ou fígado gorduroso, quando a ingestão de alimento comumente é baixa, a suplementação de inositol tem sido investigada como um apoio para ajudar na minimização do acúmulo de triglicerídeos no fígado (NRC, 2001).

2 - EXIGÊNCIAS DE VITAMINAS EM BOVINOS DE LEITE

Na Tabela 2, são apresentadas as exigências dietéticas de vitaminas sugeridas para bovinos de leite.

Tabela 2. Exigências dietéticas de vitaminas de bovinos de leite.

	Vacas em lactação ¹	Animais adultos ¹	Animais em crescimento ¹	Bezerros ^{2,3}
Vitamina A	110UI/kgPV	110UI/kgPV	80UI/kgPV	44000 - 55000UI/dia
Tiamina	-	-	-	11 - 15mg/dia
Riboflavina	-	-	-	11 - 15mg/dia
Niacina	-	-	-	44 - 66mg/dia
Ácido pantotênico	-	-	-	33 - 44mg/dia
Piridoxina	-	-	-	4,4 - 6,6mg/dia
Cianocobalamina	-	-	-	66 - 88ug/dia
Vitamina C	-	-	-	440 - 660mg/dia
Vitamina D	30UI/kgPV	30UI/kgPV	30UI/kgPV	4400 - 8800UI/dia
Vitamina E	2,6UI/kgPV	1,0UI/kgPV	1,0UI/kgPV	110 - 330UI/dia
Vitamina K	-	-	-	2,2 - 4,4mg/dia
Ácido Fólico	-	-	-	0,7 - 1,1mg/dia
Biotina	-	-	-	220 - 330ug/dia

Fonte: ¹NRC (2001); ²Microvit Nutrition Guide Standard Recommendations (2009). ³Valores por animal por dia. PV – peso vivo.

Observa-se que, exclusivamente na fase pré-ruminante, devem-se fornecer vitaminas hidrossolúveis e vitamina K, devido ao não estabelecimento da flora ruminal (Lucci, 1988). Em todas as categorias, há a necessidade da presença de vitaminas lipossolúveis (A, D, e E) na dieta.

Ruminantes não requerem fontes dietéticas de tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico, piridoxina, cianocobalamina, vitamina C, vitamina K, ácido fólico, biotina, uma vez que as bactérias ruminais podem sintetizá-las. As exigências para os tecidos são aparentemente alcançados pela síntese microbiana da vitamina no rúmen. Tais fatores dificultam a determinação das exigências dietéticas destes compostos.

No entanto, algumas diferenças têm sido relatadas quanto à capacidade de síntese de vitaminas hidrossolúveis e vitamina K por ruminantes. Até o presente momento, os dados não são suficientes para demonstrar a maior ou menor exigência destas em função de gestação, saúde e produção de leite em vacas de alta produção.

3 - SUPLEMENTAÇÃO VITAMÍNICA EM BOVINOS DE LEITE

A síntese de vitaminas hidrossolúveis pelos microrganismos ruminais sugere que esta atenda as exigências metabólicas destes compostos pelos ruminantes. No entanto, são relatados resultados benéficos com a suplementação na dieta de vitamina A, vitamina E, vitamina D, biotina, niacina e tiamina em bovinos leiteiros de alta produção (Teixeira, 1992; NRC, 2001).

Segundo Weiss (1998), a suplementação vitamínica é benéfica devido ao aumento na produção de leite, melhora nos índices reprodutivos, redução na ocorrência de mamites, redução na ocorrência de febre do leite e decréscimo nas desordens reprodutivas.

A prática de suplementação com vitamina A por meio do concentrado é recomendada devido à grande variabilidade no teor desta nos alimentos, particularmente nas forragens. Normalmente os bezerros lactentes recebem quantidade suficiente de vitamina A pelo leite, não sendo necessária sua suplementação, exceto em bezerros que sejam alimentados com sucedâneos de leite. Weiss (1998) relata a influência do estágio de lactação e o nível de lipídios na dieta nos níveis plasmáticos de retinol e β -caroteno.

Weiss (1998) relata, ainda, a ocorrência de altos níveis de β -caroteno no corpo lúteo de vacas leiteiras. Este autor sugere que, por isso, estudos têm associado a suplementação com vitamina A a um melhor desempenho reprodutivo. Nestes estudos, cerca de 50% observaram melhora na eficiência reprodutiva em vacas leiteiras com suplementação de vitamina A de cerca de 120000 a 300000UI por animal por dia acima das exigências dietéticas sugeridas pelo NRC (2001).

Trabalhos têm demonstrado efeito benéfico da suplementação com vitamina A na redução de mamites (150000-25000UI/dia vitamina A, ou 300-600mg/dia β -caroteno) e na melhora de índices reprodutivos (300-400mg/dia β -caroteno). Contudo, tais recomendações ainda carecem de mais pesquisas, sendo que Weiss (1998) considera adequada a recomendação feita pelo NRC (2001) para vitamina A quando se avalia a manutenção da resposta imune em vacas leiteiras.

A suplementação com vitamina D está associada ao metabolismo do cálcio e fósforo, e à imunidade (Weiss, 1998). Teixeira (1992) recomenda a suplementação com aproximadamente 10000UI/dia na dieta de vacas leiteiras como medida preventiva. Vacas de alta produção, criadas com um mínimo de exposição à radiação solar,

também podem precisar de suplementação de vitamina D, assim como bezerros criados estabulados e alimentados com sucedâneos do leite.

Weiss (1998) observou ligeira melhora na eficiência reprodutiva e na produção de leite em vacas leiteiras alimentadas com dietas balanceadas com cerca de 70UI/kg de peso vivo. Este autor ainda recomenda, para o aumento na produção de leite e na eficiência reprodutiva, a utilização de 80% a mais de vitamina D do que a recomendada na dieta pelo NRC (2001). No entanto, deve-se recordar que grande quantidade de vitamina D é metabolizada no rúmen e que, dessa forma, a suplementação via dieta pode ter pouco efeito no aumento dos níveis corpóreos desta vitamina (Weiss, 1998).

Experimentos com suplementação de vitamina E na dieta não resultaram em melhorias consistentes dos índices reprodutivos em vacas de leite (Miller et al., 1993). É muito importante que se obtenha um equilíbrio correto entre a vitamina E e a concentração de selênio na dieta para que se observem efeitos positivos da suplementação com vitamina E (NRC, 1987; Lucci, 1988).

Miller et al. (1993) observaram que a suplementação com vitamina E é menos efetiva quando ocorre deficiência de selênio ou vice-versa. Estudos consultados por estes autores demonstraram efeito da suplementação de vitamina E (500 a 1000 UI/dia) positivo na prevenção de retenção de placenta e edema de úbere, e melhora nos índices reprodutivos somente quando da manutenção de níveis de selênio acima de 0,12ppm na dieta de vacas leiteiras. Estes autores também sugerem a possibilidade da suplementação com vitamina E no pré-parto para a prevenção da ocorrência de febre do leite, já que a atividade antioxidante desta vitamina favoreceria a ação da enzima hidroxilase, possibilitando maior produção de $1,25(\text{OH})_2\text{D}$, o que resultaria na melhora da absorção intestinal de cálcio. McDowell (2002) cita a ocorrência de resposta positiva à suplementação com vitamina E em touros Holandeses consumindo dietas com altos teores de gossipol.

Weiss (1998) observou que, em cerca de 50% dos estudos revisados por este autor, a suplementação com vitamina E diminui a incidência de retenção de placenta em vacas leiteiras. Este autor considera importante a observação dos níveis de selênio na dieta, devendo este estar ajustado à recomendação feita pelo NRC (2001). Com base nestes achados, sugere-se a suplementação com 500 e 1000UI/dia de vitamina E, respectivamente, para vacas em lactação e vacas secas, valores que se encontram dentro das recomendações sugeridas pelo NRC (2001).

Outros ajustes no nível suplementar de vitamina E podem ser necessários em função do nível de forragens verdes frescas na dieta, para vacas no período periparto, devido à produção de colostro e à ocorrência de imunossupressão, e pelo fornecimento de fontes de ácidos graxos poli-insaturados na dieta (NRC, 2001).

Segundo o NRC (2001), a suplementação com biotina pode reduzir a incidência de laminites, sugerindo-se a suplementação com 20mg/dia. De acordo com McDowell

(2002), vacas com deficiência de biotina apresentam os cascos com a muralha frágil por deficiência na síntese de queratina.

Devido à participação da biotina como cofator em enzimas envolvidas com a carboxilação, a utilização desta vitamina no periparto, na tentativa de reduzir a ocorrência de fígado gorduroso, tem sido alvo de pesquisas, no entanto sem resultados conclusivos até o momento (McDowell, 2002).

A adição de colina à dieta pode melhorar a porcentagem de gordura no leite de vacas em lactação. O fato de o organismo ser capaz de sintetizá-la dificulta o estabelecimento de níveis dietéticos. Vacas de leite alimentadas com dietas que suprem quantidades adequadas de metionina absorvida no intestino são menos prováveis de responderem à suplementação de colina do que quando a metionina é limitante (NRC, 2001).

A suplementação de niacina vem sendo recomendada na dieta de vacas de leite no final de gestação e início de lactação para reduzir a mobilização de reservas de gordura corporal, os níveis séricos de ácidos graxos livres e corpos cetônicos, e melhorar o desempenho produtivo (Hutjens, 1991; McDowell, 2002).

Grummer (1993) observou a redução dos sintomas subclínicos de cetoses após a ingestão de 6 - 12g de niacina/dia em vacas leiteiras. Além disto, o efeito da niacina sobre o β -hidroxibutirato plasmático pode ser elevado, durante as primeiras semanas de lactação, sendo que as respostas têm sido mais significativas quando se inicia o seu fornecimento no período pré-parto.

Minor et al. (1998) observaram que a adição de 12g/dia de niacina na dieta no pré-parto não resultou em melhoria no desempenho de vacas de leite, durante as primeiras 40 semanas pós-parto, e também não alterou os níveis de glicose e ácidos graxos livres séricos ou triglicerídeos e glicogênio hepáticos, durante o período periparto.

Grummer (1999), analisando 14 trabalhos em que se utilizou a niacina em dietas de vacas de leite, relata que os ácidos graxos livres foram reduzidos em um dos trabalhos, e aumentados em dois outros, permanecendo inalterados nos demais estudos. No caso de se restringir os estudos em que a niacina foi fornecida no pré-parto ou nas duas semanas pós-parto, os níveis de ácido graxos livres foram significativamente reduzidos em uma comparação, aumentados em dois estudos e inalterados em oito deles.

Apesar de os dados com vacas secas serem controversos, a niacina tem sido adicionada a dietas de vacas de leite nos primeiros meses de lactação nas doses de 6 a 12g/vaca/dia. Segundo o NRC (2001), estas doses de niacina reduziram os níveis séricos de corpos cetônicos em vacas. No entanto, este comitê conclui que os dados dos estudos até a sua publicação não apoiam a rotina do uso desta vitamina para

minimizar o risco de desordens metabólicas relacionadas ao metabolismo de lipídios, como a cetose e o fígado gorduroso.

Outra estratégia a ser utilizada para a suplementação vitamínica em dietas de bovinos leiteiros é a tentativa de manipular a fermentação ruminal. Nagaraja et al. (1997) relatam a importância de vitaminas do complexo B e vitamina K para a nutrição das bactérias ruminais. Algumas bactérias ruminais têm como nutriente essencial determinadas vitaminas, como apresentado na Tabela 3.

A maioria dos microrganismos ruminais necessitam de vitaminas, mas com exigências diferentes, como visto na Tabela 3, além do que a capacidade de síntese desses compostos varia entre as espécies, o que sugere o intercâmbio destes compostos entre os microrganismos ruminais (Wolin et al., 1997).

Tabela 3. Exigências de vitaminas pelas bactérias do rúmen.

	Vitamina						
	Biotina	Ácido fólico	B1	B2	B3	B5	B6
<i>F. succunogenes</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>R. amylophilus</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>R. flavefaciens</i>	+	+	+	+	-	-	+
<i>R. albus</i>	+	-	-	-	-	-	+
<i>B. fibrosolvens</i>	+	+	-	-	-	-	+
<i>S. bovis</i>	+	-	+	-	+	+	-
<i>S. ruminantium</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>M. elsendii</i>	+	-	-	-	+	-	+

Fonte: Wolin et al. (1997). + exigido – não exigido.

Outro fato importante é a interferência dos compostos vitamínicos na taxa de crescimento dos microrganismos ruminais. Van Gylsmyk et al. (1992) associaram a presença de vitaminas do complexo B a diferentes taxas de crescimento bacteriano de *B. ruminicola* e *B. fibrisolvens in vitro*.

Poucos resultados aplicáveis são encontrados na literatura quanto à suplementação vitamínica como modificador da fermentação ruminal. Nagaraja et al. (1997) relatam que a suplementação com tiamina e niacina apresentou melhora na eficiência de síntese de proteína microbiana no rúmen. Observou-se também, com a adição de tiamina, o aumento da concentração de propionato no rúmen. Já para a suplementação com ácido fólico, observou-se a tendência de redução do pH ruminal e aumento da concentração de propionato. Estes autores também relataram que a suplementação com β -caroteno e vitamina E estimula o crescimento dos microrganismos ruminais e a digestão da fibra em dietas com altos teores de gordura. No entanto, a maioria destes resultados são obtidos em técnicas *in vitro* e apresentam grande divergência, ora sendo observado o efeito relatado, ora não havendo resposta, o que demanda maiores pesquisas referentes ao tema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As vitaminas são nutrientes essenciais na dieta de bovinos de leite. As exigências destes compostos estão subestimadas, principalmente quando se trata de vacas leiteiras de alta produção e/ou submetidas a algum tipo de estresse. Em bezerros pré-ruminantes, é indispensável o balanceamento das vitaminas contidas na dieta, principalmente se alimentados com sucedâneos do leite. Apesar de ser estabelecida a necessidade na dieta de bovinos leiteiros somente de vitaminas A, D e E, a suplementação com biotina, niacina e colina tem sido sugerida como efetiva na busca de melhor desempenho. Poucos estudos abordam o efeito das vitaminas na fermentação ruminal, apesar de já ter sido descrita a ação destes compostos como fatores de crescimento microbiano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEHM, G.; KLAUS, W.; LINDNER, H. *Las vitaminas en la nutricion animal*. Bonn: AWT, 1985. 55p.
- EWAN, R. Vitaminas. In: SWENSON, M.; REECE, W.O. (Ed.). *Dukes fisiologia dos animais domésticos*. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p.456-469.
- GRUMMER, R.R. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.3882-3896, 1993.
- GRUMMER, R.R. Feed additives for the transition cow. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 3., 1999, Passos, MG. *Anais ... Botucatu: UNESP*, 1999. p.25-34.
- HUTJENS, M.F. Feed additives. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, v.7, p.525-540, 1991.
- LUCCI, C.S. Administração de concentrados para vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2., Campinas, 1988. *Anais...* Campinas: CBNA/FEAGRI, 1988. p.97-120.
- MACHLIN, J. *The handbook of vitamins*. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1991. 595p.
- MARKS, J. *A guide to the vitamins: Their role in health and disease*. Lancaster: MTP: 1975. 208p.
- McDOWELL, L.R. Recent advances in minerals and vitamins on nutrition of lactating cows. *Pak. J. Nutr.*, v.1, p.8-19, 2002.

MICROVIT Nutrition Guide Standard Recommendations – Cattle. Adisseo North America. 2009. Disponível em: http://www.adisseonorthamerica.com/microvitguide/standard_rec_cattle.asp. Acessado em: 15 jun. 2009.

MILLER, J.K.; BRZEZINSKA-SLEBODZINSKA, E.; MADSEN, F.C. Oxidative stress, antioxidants, and animal function. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.2812-2823, 1993.

MINOR, D.J.; TROWER, S.L.; STRANG, B.D. et al. Effects of nonfiber carbohydrate and niacin on periparturient metabolic status and lactation of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.189-200, 1998.

MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A et al. *Harper's illustrated biochemistry*. 26.ed. New York: McGraw Hill, 2003. 693p.

NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J. et al. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. *The rumen microbial ecosystem*. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1997. p.523-632.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Vitamin tolerance of animals*. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1987. 96p.

NUNES, I.J. *Nutrição animal básica*. 2.ed. Belo Horizonte: FEP/MVZ Editora, 1998. 387p.

TEIXEIRA, J.C. *Nutrição de ruminantes*. Lavras, MG: FAEPE, 1992. 239p.

VAN GYLSWYK, N.O.; WEJDEMAR, K.; KULANDER, K. et al. Comparative growth rate of various rumen bacteria in clarified rumen fluid from cows and sheep fed different diets. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.58, p.99-105, 1992.

WEISS, W.P. Requirements of fat-soluble vitamins for dairy cows: A review. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2493-2501, 1998.

WOLIN, M.J.; MILLER, T.L.; STEWARD, C.S. Microbe-microbe interactions. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. *The rumen microbial ecosystem*. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1997. p.467-491.

ZEOULA, L.M.; GERON, L.J.V. Vitaminas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2006. p.355-395.

CAPÍTULO 13

NUTRIÇÃO DE RUMINANTES E O MEIO AMBIENTE

Vinícius R. Moreira ¹

RESUMO

A disseminação de tecnologias, como a mecanização e o uso de fertilizantes, muito embora mal distribuída ao redor do globo, propiciou produção agropecuária abundante o suficiente para suprir o crescimento exponencial da população humana no transcorrer do último século. Por outro lado, resíduos da intensificação da produção agropecuária, os dejetos e o excesso de nutrientes não utilizados no transcorrer do processo produtivo devido a limitações biológicas têm resultado em crescentes riscos ao meio ambiente e à própria saúde humana. Alguns destes problemas são facilmente detectáveis, como é o caso do desmatamento para implantação de pastagens. Outros problemas, nem tanto. Emissões de gases ou a contaminação das águas por excesso de nutrientes não são facilmente rastreados até suas fontes de origem. Indiferentemente, estes impactos negativos sobre o ambiente e a saúde humana requerem correção imediata para que os danos não se tornem permanentes. Neste capítulo serão discutidos os problemas relacionados à emissão de gases associados ao efeito estufa e a alguns nutrientes, particularmente o nitrogênio e o fósforo. Também serão examinados como os sistemas de produção pecuária se relacionam aos problemas ambientais e, finalmente, serão discutidos alguns aspectos nutricionais que podem mitigar o “rastros ecológico” da pecuária.

INTRODUÇÃO

Nos últimos cinquenta anos, a produção agrícola transformou-se tão drasticamente que o período é referido como *Revolução Verde*. A disponibilidade e acessibilidade a alimentos em grande quantidade permitiram à população humana crescer exponencialmente, de cerca de dois bilhões de pessoas por volta de 1960 para um total atual de mais de seis bilhões (Figura 1A). De fato, as taxas de crescimento populacional atingiram 3% desde 1960. Durante os últimos cinquenta anos, taxas anuais de aumento da produção agrícola alcançaram 4% para cereais (Figura 1B), 7% para ovos e carnes (Figuras 1C e 1D) e 2% para leite (Figura 1D). O aumento do uso de tecnologias, como fertilizantes, melhoramento de variedades de culturas, mecanização, irrigação e pesticidas, contribuíram significativamente para a melhoria das práticas de manejo. As produções agrícolas atuais não seriam possíveis, em grande parte, sem a descoberta da fixação artificial de nitrogênio, em 1903, pelo

¹Médico Veterinário, DSc, Louisiana State University Agricultural Center, Southeast Research Station. vmoreira@agcenter.lsu.edu

cientista alemão Fritz Haber, o que possibilitou a intensificação na produção de fertilizantes nitrogenados após a Segunda Guerra Mundial.

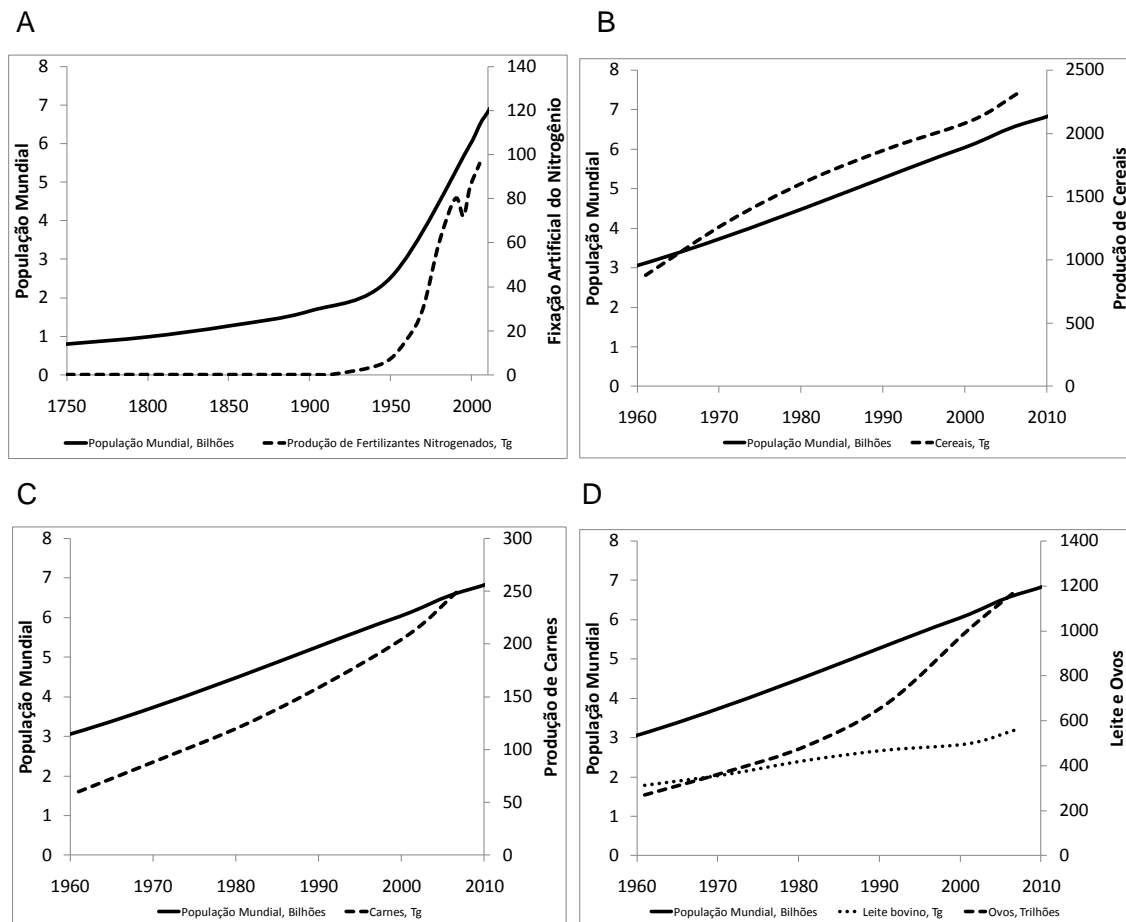


Figura 1. Comparação da taxa de crescimento da população mundial com as taxas de crescimento da produção de fertilizantes nitrogenados (A) e de produtos agrícolas (B, C, D).

Fonte: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO (2003).

Para assegurar nutrição adequada para a maioria da população, os governantes dos países mais desenvolvidos tornaram mais acessíveis os preços dos alimentos, influenciando negativamente os preços pagos aos produtores rurais, resultando em baixos preços aos consumidores. Programas de eliminação da pobreza bem-sucedidos e o desenvolvimento econômico de países asiáticos têm demonstrado que o consumo de produtos de origem animal cresceu, mesmo considerando-se a elevação da prosperidade medida pela renda *per capita*. Conseqüentemente, a demanda por produtos de origem animal (carne, leite e ovos) está se elevando rapidamente, particularmente entre populações pobres, habitantes de áreas urbanas e suburbanas, onde a renda *per capita* aumentou em um curto período de tempo. Nos próximos cinquenta anos, espera-se que a população humana cresça em 60%.

Durante o mesmo período, também se espera aumento da demanda por alimentos em até 108%, apesar da projeção de redução na taxa de crescimento populacional, por causa de aumentos nas ingestões de calorias e carnes.

Uma consequência indesejável da Revolução Verde é que poucas regiões no mundo permanecem intocadas. Em algumas situações, terras agrícolas se tornaram fontes de poluição para o meio ambiente.

Poluição é o resultado de contaminantes que sujam, mancham, corrompem ou infectam pelo contato ou por associação, tornando algo menos puro ou de qualidade inferior (Merriam-Webster Online, 2009). O termo **poluente**, o objeto que causa poluição, tem um significado amplo. Pode ser utilizado vagamente, mesmo em pensamentos e discursos, mas, quando se refere à poluição ambiental, frequentemente pode ser limitado a substâncias que são sólidas, líquidas ou gasosas, ou mesmo energia emitida (calor, barulho ou radiação). Os poluentes podem ser despejados no meio ambiente por atividades humanas ou naturais. As atividades humanas que emitem poluentes são geralmente chamadas **fontes antropogênicas**.

Poluentes antropogênicos têm alterado os ecossistemas do planeta desde o surgimento do homem. Os primeiros humanos eram nômades, e a população era escassa. Ainda assim, arqueólogos encontram resquícios de atividades dos ancestrais humanos mais antigos, evidenciando alterações ambientais de longa duração. Entretanto, essas atividades eram esporádicas e menos prováveis de depreciar significativamente os recursos ambientais. Desde então, a população humana cresceu e se tornou mais sedentária. A população urbana atual corresponde a mais de 57% do total da população mundial e consome grande parte dos recursos do planeta (Miller Jr., 1999; FAO, 2003). A população urbana é proporcionalmente ainda maior na América Latina e em países desenvolvidos, representando mais de 80% e 92%, respectivamente. Atualmente, 1,5% da população dos Estados Unidos produz 300% em comparação ao ano de 1800, quando a população rural era mais de 50%.

Estatísticas compiladas pela Organização para Alimentos e Agricultura (FAO) vinculada à Organização das Nações Unidas (ONU) indicam que a proporção das terras agrícolas aumentou de 36,6% para 37,3% em relação ao total de terras do planeta durante o período entre 1989 e 2000. A expansão de terras agrícolas ocorreu provavelmente devido à ocupação de florestas e outras áreas menos adequadas à agricultura. Durante o mesmo período, a proporção de terra utilizada para o cultivo de lavouras diminuiu de 28,3% para 27,8%, enquanto a área de pastagens como uma proporção de terras agrícolas permaneceu constante (69,6%). A diminuição em terras aráveis para produção de lavouras foi provavelmente o resultado da expansão e da dispersão urbanas, como é o caso das terras agrícolas próximas às principais áreas urbanas, como a cidade de Xangai, China, perto do delta do rio Yangtze (FAO, 2003).

Tabela 1. Lista de gases atmosféricos e os potenciais de aquecimento global (PAG) associados a cada um deles.

Gas	PAG (100 anos)
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	23
Óxido nitroso (N ₂ O)	296
Hidrofluorcarbonos (HFC)	12-12.000
Perfluorcarbonos (PFC)	5.400-11.900
Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	22.2
Clorofluorcarbonos (CFC)	4.600-14.000
Hidroclorofluorcarbonos (HCFC)	120-2.400
Halogênios	1.300-6.900
Ozônio troposférico (O ₃)	?
Vapor de água estratosférico (H ₂ O)	?
Monóxido de carbono (CO)	1-3
Compostos orgânicos voláteis (COV)	?
Óxidos de nitrogênio (NO _x = NO+NO ₂)	?
Aerossóis	?

As fontes poluentes podem ser classificadas de acordo com o método de descarga. Fontes poluentes antropogênicas que podem ser visualmente individualizadas são definidas como **fontes pontuais**. O ruído oriundo de britadeiras, o derramamento de óleo de um navio cargueiro ou a fumaça emitida pela chaminé de uma indústria podem ser identificados como fontes pontuais. Resíduos de pesticidas carregados pelo vento para regiões distantes da área de aplicação e fertilizantes escoados de gramados e jardins são, geralmente, identificados como fontes **não pontuais** (Miller Jr., 1999). Isto porque fertilizantes carregados de apenas um jardim não constituem poluentes devido à pequena quantidade ou baixa concentração. Entretanto, fertilizantes dos jardins de várias casas se acumulam nas galerias pluviais das grandes cidades e podem se tornar poluentes quando atingem áreas suscetíveis sem tratamento prévio adequado.

A agricultura, em geral, e os sistemas de produção animal, em particular, são considerados fontes poluentes não pontuais para quase qualquer aspecto do meio ambiente (ar, solo, água, visual, mudança climática e biodiversidade). Problemas ambientais relacionados aos sistemas agrícolas são numerosos, incluindo gases associados ao efeito estufa (CO₂, CH₄ e N₂O), nutrientes (N, P e K), patógenos zoonóticos (*Escherichia coli*, *Salmonella*, *Cryptosporidium*, e toxinas...), substâncias tóxicas (H₂S, metais pesados, drogas...), emissões de odor (compostos orgânicos voláteis, H₂S, NH₃...), emissões aéreas (partículas de matéria ou poeira, NH₃, NO_x e SO_x) e alteração de ecossistemas (desmatamento, mudanças no relevo, competição por fontes naturais). Problemas relacionados aos principais gases associados ao efeito estufa (GEE) e nutrientes serão discutidos nesse capítulo.

1. MUDANÇA CLIMÁTICA

1.1. Questão ambiental

Em 2001, o *Grupo de Trabalho nº1 do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática* (IPCC) publicou um relatório indicando que a temperatura da Terra aumentou $0,6\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ desde o início da medição de temperatura, por volta de 1860 (Houghton et al., 2001). Este é um aumento nítido quando comparado com as estimativas de temperaturas históricas dos últimos mil anos baseadas em anéis de crescimento de árvores, corais, sedimentos, datação radiométrica, núcleo de gelo e registros históricos. Como regra, a Terra reflete luz solar e radiações de calor de volta ao espaço; porém, parte do calor é retida na atmosfera, que funciona como uma estufa natural. A temperatura média da Terra é vários graus acima do que seria não fosse por este efeito estufa. Numerosos gases da atmosfera podem reter o calor com diferentes intensidades ou potenciais de aquecimento global (Tabela 1). Os mais importantes GEE são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O ²) por causa do volume de emissões antropogênicas e de seus respectivos potenciais de aquecimento global. O relatório do IPCC (Houghton et al., 2001) afirmou que as concentrações atmosféricas desses três gases aumentou exponencialmente desde a Revolução Industrial (séculos XVIII e XIX), o que se correlaciona com o aumento da temperatura média da Terra.

A previsão de mudanças climáticas futuras é uma tarefa complexa, mas a extrapolação de dados atualmente conhecidos sugere que as temperaturas continuarão aumentando se as emissões dos GEE não forem drasticamente abrandadas no futuro próximo. O aquecimento global pode causar mudanças nos padrões de clima, possivelmente de maneira irreversível, podendo afetar a gravidade e a frequência de eventos extremos, como inundações e secas em áreas tipicamente não afetadas.

1.2. O caso contra os sistemas de produção animal

Os GEE produzidos e emitidos a partir de sistemas de produção animal representam uma fração significativa do total global de emissões. O IPCC (Houghton et al., 2001) relatou que fontes de agricultura e pecuária contribuíram com 20 a 35% das emissões desses GEE. Especificamente, 9% das emissões antropogênicas de dióxido de carbono mais o metano e o óxido nitroso representaram mais de 60 e 70% de todas as fontes antropogênicas, respectivamente. Mais recentemente, outro relatório da Organização para Alimentos e Agricultura (FAO) concluiu que sistemas de produção animal foram responsáveis por 18% de todas as emissões antropogênicas de GEE (Steinfeld et al., 2006).

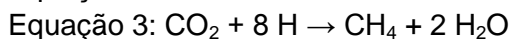
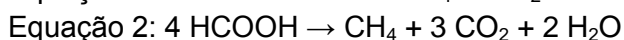
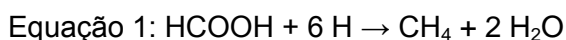
² Óxido nitroso, também conhecido como *gás do riso*, há muito utilizado em procedimentos cirúrgicos e odontológicos como uma droga anestésica e analgésica.

1.3 Dióxido de Carbono

Entre as atividades da pecuária, os GEE são principalmente emitidos pela queima de combustível fóssil, pelos próprios animais, pelo armazenamento de dejetos e pelas instalações de tratamento destes, bem como pelos fertilizantes aplicados ao solo. Os GEE devem ser considerados em termos de depósitos e fontes na agricultura. A maior parte do dióxido de carbono que contribuiu para os inventários de GEE está relacionada ao maquinário. O dióxido de carbono também é um produto do catabolismo oxidativo dos tecidos corporais dos animais e é um produto derivado da fermentação no rúmen. O dióxido de carbono do sangue e rúmen é utilizado para neutralizar ácidos graxos voláteis transportados através do epitélio ruminal. Além disso, 25 a 33% do dióxido de carbono ruminal escapa pela circulação sanguínea. O excesso é exalado durante a respiração ou a eructação. Entretanto, dióxido de carbono também é armazenado pelas plantas durante a fotossíntese ou pode ser retido na fração de matéria orgânica do solo. Sobretudo, a maior parte das emissões agrícolas de dióxido de carbono ocorre durante o desmatamento com finalidade de produção agrária.

1.4. Metano

Cerca de 80% da produção de metano em atividades pecuárias ocorre no rúmen e nos intestinos dos animais. O restante do metano emitido é resultado da fermentação de dejetos armazenados e instalações de tratamento. Em monogástricos, a maior parte do metano resulta da fermentação no intestino grosso e é liberado como flatulência. O rúmen é o local de maior produção de metano em ruminantes, embora fermentação também ocorra no intestino grosso. Cerca de 27% dos gases do rúmen são representados pelo metano, enquanto 66% é dióxido de carbono. O metano é o acceptor de prótons mais importante durante a fermentação da digesta no rúmen. As reações químicas comumente relacionadas a esse processo incluem:



A geração de metano é influenciada por fatores que afetam a concentração de hidrogênio e a formação e dissipação de gás carbônico no rúmen, como nível de ingestão, taxa de fermentação, tipo e forma de carboidratos, processamento das forragens, adição de lípidis, adição de ionóforos, tipo de ácidos graxos voláteis produzidos, populações microbianas prevalentes, eficiência da síntese microbiana, taxa de passagem, pH ruminal e ruminação (Johnson e Johnson, 1995; Monteny et al., 2006).

Sob condições anaeróbicas na estocagem de dejetos, o metano é um dos produtos da fermentação. As bactérias acidogênicas hidrolisam compostos orgânicos em dejetos, produzindo ácidos orgânicos [H] e dióxido de carbono. Uma população mista de

bactérias acetogênicas, bactérias hidrogênicas e bactérias metanogênicas transformam, então, ácidos carboxílicos, alcoóis, ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono em dióxido de carbono, água e metano.

1.5. Óxido nitroso

O óxido nitroso é um produto derivado da desnitrificação (Figura 2). A maior parte da produção de óxido nitroso se origina da aplicação de nitrogênio em fertilizantes e dejetos ao solo. A distribuição de fontes de N_2O-N é apresentada na Tabela 2. A geração de óxido nitroso depende de processos aeróbios e anaeróbios para a nitrificação e a desnitrificação, respectivamente. Nitrificação é a conversão aeróbia de amônia (NH_4^+) em nitrito e, finalmente, nitrato. Alguns óxido nitroso pode ser produzido nessa etapa. A desnitrificação é a conversão anaeróbia de nitrato (NO_3^-) em nitrogênio gasoso (N_2), na qual a maioria do óxido nitroso é perdida. Pouco se conhece sobre esse processo porque ele é difícil de ser mensurado. Os processos de nitrificação e desnitrificação são influenciados pela presença de oxigênio, temperatura, umidade e fontes de carbono no solo onde o nitrogênio é aplicado.

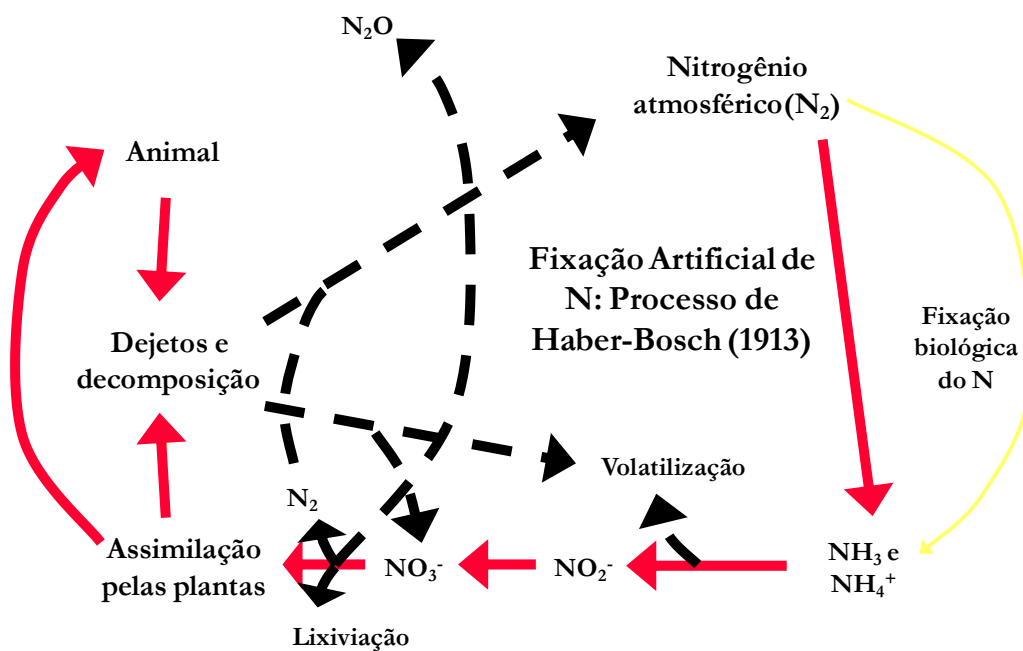


Figura 2. Esquema simplificado do ciclo do nitrogênio na agricultura. A linha amarela representa o processo de fixação biológica do nitrogênio. Linhas vermelhas indicam seqüências de eventos na agricultura. Linhas negras representam processos de retorno do nitrogênio ao meio ambiente.

Tabela 2. Levantamento de emissões de N₂O-N oriundas de dejetos de animais de produção.

Fonte	% de emissões de N ₂ O-N
Dejetos em pastagens	41
Fontes indiretas	27
Estábulos e armazéns	19
Aplicação no solo	10
Combustão de dejetos	3

Fonte: Adaptado de Oenema et al. (2005).

1.6. Fatores de emissão

A complexidade dos eventos e a potencial variabilidade envolvidas nas emissões de GEE a partir de sistemas de produção animal são ilustradas pelos esforços do IPCC em padronizar metodologias para a quantificação levando-se em consideração práticas de manejo e as principais regiões geográficas do mundo (Eggleston et al., 2006). Esta metodologia, entretanto, requer a tarefa árdua de compilação da documentação estatística sobre populações de animais e sua distribuição geográfica, temperaturas médias, tipos de alimentos e práticas de manejo adotadas na criação de animais e no gerenciamento de dejetos. Fatores de emissão de metano sugeridos pelo IPCC (Eggleston et al., 2006) variam de 1kg/vaca leiteira/ano na América Latina e África a 112kg/vaca leiteira/ano na América do Norte. Os fatores de emissão foram mais baixos para outros tipos de gado, variando de zero na África a 26kg CH₄/cabeça/ano na Europa Ocidental (Eggleston et al., 2006). O mesmo relatório do IPCC (Eggleston et al., 2006) considerou valores de emissão de N₂O-N em função da excreção de nitrogênio variando entre zero e 7%, embora outros autores tenham sugerido valores entre 0 e 10% (Mosier et al., 1998). Mitloehner (comunicação pessoal) detectou 0,05kg de N₂O/vaca/h emitido de dejetos deixados sobre o piso de uma instalação do tipo *free-stall*.

Existem várias metodologias para medir emissões provenientes de animais de produção. Elas podem incluir técnicas em câmaras de respiração, técnicas de marcadores, equações de predição, técnicas de equilíbrio de massas e técnicas micrometeorológicas; todas possuindo vantagens e desvantagens. Medições simples e instantâneas podem ser problemáticas por causa de variação na escala temporal. Johnson et al. (1994) mediram metano utilizando SF₆ como gás marcador e verificaram que o pico de eructação de uma novilha ocorria entre duas e quatro horas após a alimentação. Os fatores de emissão precisam ser determinados em escala mais refinada porque há potencial considerável de variabilidade entre as medições publicadas (Tabela 3). Utilizando-se da técnica de equilíbrio de massas em sistemas de criação de vacas sob manejo intensivo em *Wisconsin* (Estados Unidos), Moreira e Satter (2005) estimaram as perdas de nitrogênio por volatilização sendo ao redor de 48kg de N/vaca/ano. É importante ressaltar o potencial de variabilidade em perdas de nitrogênio proveniente de dejetos durante manejo e estocagem. Em fazendas leiteiras com práticas de manejo muito semelhantes (alojamento em *free-stall* e armazenamento de dejetos em forma líquida) e em locais relativamente próximos, o

coeficiente de variação foi da ordem de 1.000% (Moreira e Satter, 2005). Adicionalmente, metodologias atualmente utilizadas adotadas para contabilizar GEE resultam em considerável ambiguidade. Fatores de emissão são expressos por unidade animal. A produtividade animal deve ser levada em consideração se o objetivo for o de assegurar a produção de alimentos para a população humana no futuro. A baixa produtividade animal é frequentemente acompanhada por ingestão deficiente de alimentos de qualidade inferior, os quais resultam em diminuição de geração de GEE por unidade animal. Capper et al. (2009) compararam o impacto ambiental da produção de leite em 1944 e em 2007. Utilizando-se de fatores de emissão do IPCC (Eggleston et al., 2006), Capper et al. (2009) estimaram que uma vaca moderna emite GEE mais de duas vezes que uma vaca emitia em 1944 (27,8 *versus* 13,5kg de CO₂ equivalente/vaca). Esta situação se inverteu quando os fatores de emissão foram estimados como proporção de leite produzido (1,35 *versus* 3,66kg de CO₂ equivalente/vaca).

2. PRÁTICAS NUTRICIONAIS PARA MINIMIZAR O IMPACTO AMBIENTAL

Os fatores que influenciam a vida produtiva de um animal contribuem para reduzir as emissões de GEE por unidade de produto. Uma comparação entre os trabalhos de Lassey et al. (1997) e Hensen et al. (2006) sugere que uma vaca em criação extensiva na Nova Zelândia contribui menos para o aquecimento global que uma vaca confinada em um *free-stall* na Holanda (Tabela 3). No estudo realizado na Nova Zelândia, as vacas estavam produzindo menos de 3.000kg de leite/vaca/ano (14kg/dia durante 210 dias) *versus* mais de 9.000kg/vaca/ano na fazenda experimental de Lelystad, Holanda. Portanto, se a produção é levada em consideração, a situação de emissão de GEE é invertida.

Tabela 3. Metano e óxido nitroso medidos em vários estudos.

	Estudo				
	Lasley et al. (1997)	Harper et al. (1999)		Hensen et al. (2006)	
Local	Nova Zelândia	Texas	Texas	Holanda	Holanda
Animal	Gado de leite	Novilho de corte	Novilho de corte	Gado de leite	Gado de leite
Alimentação	Pastagem	Pastagem	Confinamento	<i>free-stall</i>	<i>bedded pack</i>
Ingestão de material seca (kg/d)	12,9	8,34	9,1	-	-
CH ₄ (kg/cabeça/dia)	0,26	0,23	0,07	0,7	1,4
CH ₄ (kg/cabeça/ano)	96	84	25,6	256	511
% de ingestão de GE	6,2	7,7-8,4	1,9-2,2	-	-

O aumento da taxa de passagem e da taxa de fermentação e diminuição da ruminação ou redução do pH são condições que reduzem a quantidade de [H] disponível para a produção de metano. Felizmente, as condições mencionadas resultam da mesma

situação: nutrição melhorada. Estratégias de alimentação para minimizar a produção de GEE incluem a mudança de forragem de qualidade baixa para dietas contendo maiores proporções de amido (mais concentrados) e forragem de alta qualidade (Johnson e Johnson, 1995). Harper et al. (1999) mediram emissões de metano de um mesmo grupo de novilhos mantidos a pasto ou confinados em um lote. A produção de metano diminuiu 200% quando os animais mudaram de uma dieta contendo apenas forragem para outra composta, principalmente, por concentrados (Tabela 3). Forragens com partículas de menor tamanho também reduziram a produção de metano.

O uso de gorduras insaturadas, como semente de girassol e outras sementes oleaginosas também é recomendado para reduzir a metanogênese. Sauer et al. (1998) forneceram óleo de soja para vacas em lactação; porém, obtiveram redução de menos de 1% no volume de metano produzido no rúmen (<4L/vaca/dia em um total de aproximadamente 600L de metano/vaca/dia). A inibição de bactérias metanogênicas e/ou a remoção de protozoários do conteúdo ruminal podem potencialmente reduzir a produção deste gás. Os ionóforos podem ser usados para alterar a fermentação ruminal com produção de maiores proporções de propionato. Pode-se calcular por estequiometria que a produção de metano poderia ser reduzida em mais de 30% com o uso de monensina para vacas leiteiras. Na verdade, observa-se redução de metano em apenas 16 a 20%. De fato, Sauer et al. (1998) observaram que a fermentação ruminal de vacas tratadas com monensina parecia adaptada ao uso prolongado, diminuindo a extensão de resposta ao aditivo. No caso de vacas em lactação, dietas que induzem a uma menor proporção de acetato e maior de propionato podem resultar em depressão na gordura do leite.

Considera-se o óxido nitroso emitido como uma proporção do nitrogênio excretado. Portanto, as práticas de manejo que minimizam essa fração devem reduzir a emissão desse GEE. Isto será discutido na seção relacionada ao nitrogênio.

Nos Estados Unidos, a maioria dos trabalhadores de fazendas leiteiras (71%) utiliza rações completas para alimentar as vacas. Isto sugere que quantidades significativas de concentrado são incluídas na dieta. Considerando-se a discussão prévia sobre minimização dos GEE, somente reduções modestas na emissão de metano podem ser esperadas dos rebanhos leiteiros altamente produtivos dos Estados Unidos. A maioria dos benefícios pode ser potencialmente percebida a partir de fazendas leiteiras de criação extensiva e daquelas com práticas deficientes de manejo nutricional. Isto representa uma desigualdade do *Protocolo de Kyoto*, o qual estabelece que as reduções nas emissões de GEE sejam praticadas principalmente em países desenvolvidos. Na maioria destes países, medidas associadas a este acordo internacional somente têm sido observadas em relação à redução do número de vacas. De fato, o efetivo de bovinos dos Estados Unidos diminuiu cerca de 130 milhões por volta de 1980, atingindo 94,5 milhões de animais em 2009. As produções de leite e carne aumentaram consistentemente no mesmo período, o que ilustra a importância do melhoramento genético e das práticas adequadas de manejo.

2.1. Nutrientes

O carbono (**C**), o nitrogênio (**N**), o fósforo (**P**), o potássio (**K**), o enxofre (**S**) e o oxigênio (**O**) são alguns dos elementos químicos essenciais para a vida. Esses nutrientes devem ser incorporados às dietas oferecidas aos animais de produção com fins de manter a saúde animal, bem como para a otimização da produtividade. Entretanto, o excesso de nutrientes pode tornar sistemas de produção animal em fontes poluidoras devido ao mau manejo nutricional e tratamento de dejetos. A Figura 3 apresenta alguns dos principais fatores que influenciam o ciclo dos nutrientes em fazendas de produção pecuária. De fato, nutrientes têm se tornado importantes fontes poluidoras com a intensificação da produção de alimentos, não somente como resultado dos sistemas de criação intensiva de animais, mas também com a aglomeração de várias pequenas propriedades de criação extensiva. Mesmo áreas de congregação dos animais em sistemas extensivos de produção podem se tornar fontes emissoras de nutrientes que contaminam o solo, a água e a atmosfera. Alguns aspectos relacionados ao nitrogênio e ao fósforo como poluentes provenientes de sistemas de produção animal serão discutidos nas seções seguintes.

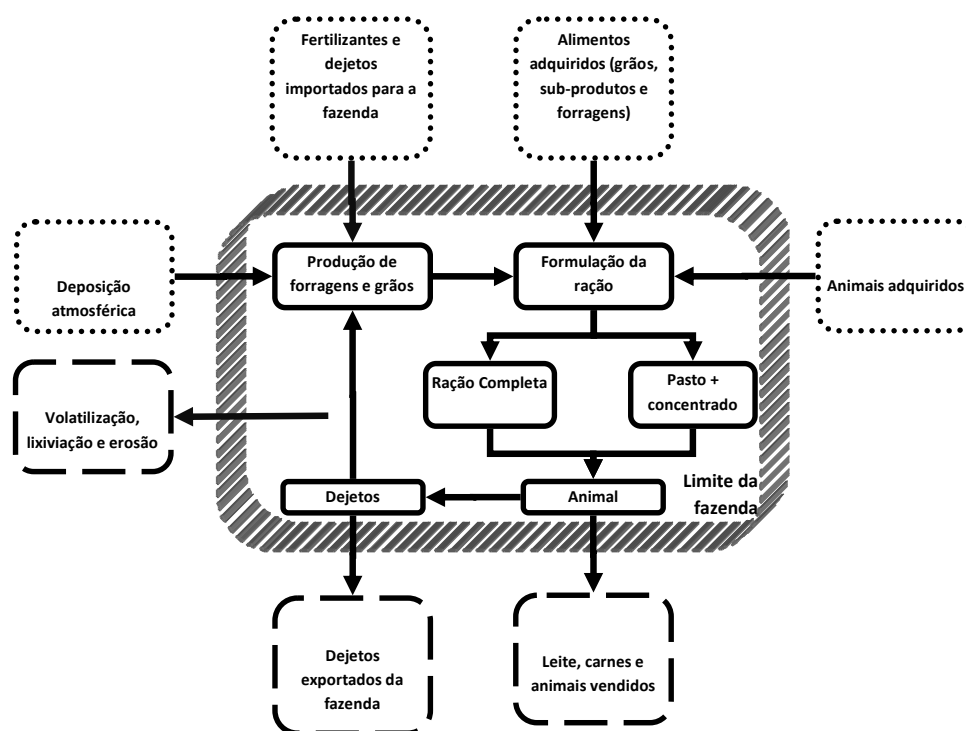


Figura 3. Ciclo de nutrientes em uma fazenda de produção leiteira, mostrando processos que representam fontes de nutrientes importados para a fazenda, nutrientes exportados da fazenda, e o ciclo de nutrientes dentro da fazenda.

2.2 Nitrogênio (N)

2.2.1. Questão ambiental

O nitrogênio representa cerca de 78% do volume da atmosfera terrestre na forma de nitrogênio elementar (N_2). A forte ligação trivalente do N_2 faz com que o seu rompimento, necessário para conversão em outros compostos, seja um processo complexo e de custo energético extremamente elevado. Entretanto, o N é um componente importante em organismos vivos, como, por exemplo, na estrutura de proteínas (aminoácidos) e na do DNA e do RNA (ácidos nucleicos). A relevância deste elemento químico foi reconhecida como a principal limitação para a produção de alimentos ao fim do século XIX. Na natureza, uma fração do nitrogênio é extraída da atmosfera e convertida por microrganismos em formas utilizáveis de nitrogênio, num processo chamado de fixação biológica do nitrogênio (FBN). Com o desenvolvimento do processo conhecido como Haber-Bosch³, no princípio do século XX, a produção de amônia em larga escala foi rapidamente disseminada para indústrias em vários continentes. Estima-se que a capacidade de fixação antropogênica do nitrogênio (processo Haber-Bosch) superou a de FBN em meados da década de 60 e hoje representa quase três vezes mais que a FBN. Depois de transformadas em amônia (NH_3) e em outros fertilizantes a partir desta, as moléculas que incorporam o N se transformam por meio de cadeias de reações, genericamente conhecidas como a *cascata do nitrogênio* (Galloway et al., 2003). As moléculas que incorporam N são conjuntamente denominadas como *nitrogênio reativo* (Nr), exceto a molécula de N_2 , que é chamada de *nitrogênio não reativo*.

O processo de Haber-Bosch, no entanto, não é a única causa da alteração do ciclo do N. O cultivo em larga escala de plantas leguminosas, como a soja e o arroz, por meio da FBN e a queima de combustíveis fósseis também promovem a conversão de N_2 em Nr, como N orgânico e óxidos de N (NO_x). Devido a essa aceleração na taxa de produção e à limitada taxa de remoção no meio ambiente (o processo de desnitrificação discutido acima), o Nr está se acumulando rapidamente, causando inúmeros problemas. O excesso de Nr pode representar uma ameaça à saúde humana e à qualidade do meio ambiente, à medida que as diferentes formas de Nr se convertem na cascata do ciclo do N em escala local, regional e global. Alguns exemplos de problemas ambientais causados pelo acúmulo de Nr no meio ambiente incluem, entre outros:

- existência de várias formas de Nr tóxicas aos seres humanos, como é o caso da NH_3 em alta concentração no ar (> 5.000ppm), ou da meta-hemoglobinemia adquirida (NO_3^-);
- produção de ozônio e aerossóis (NO_x , NH_3) na troposfera, os quais podem induzir doenças cardiovasculares, respiratórias, e câncer em humanos (Wolfe e Patz, 2002; Kaiser, 2005);

³ O processo de fixação antropogênica do nitrogênio é chamado processo de Haber-Bosch, dedicado ao descobridor do princípio, Fritz Haber, e ao criador da metodologia de produção em larga escala, Carl Bosch, ambos químicos alemães.

- redução na visibilidade por causa da formação de aerossóis e partículas (NO_x , NH_3);
- contribuição para a ocorrência de chuvas ácidas e consequente acidificação de rios e lagos (NH_3);
- enriquecimento de ecossistemas naturais, outrora relativamente pobres em N e P (NO_x , NH_3);
- eutrofização (Figura 4) e surgimento de zonas de hipóxia em águas costeiras (Rabalais, 2002);
- contribuição para a degradação da camada estratosférica de ozônio (diferente do ozônio troposférico) e para as mudanças climáticas (N_2O);
- redução da biodiversidade (N_2O , NH_3 , NO_x , NO_3^-).



Figura 4. A eutrofização é o processo de enriquecimento de nutrientes que ocorre de maneira natural ou antropogênica em um ecossistema. Este acúmulo de nutrientes pode causar o crescimento de organismos, tais como algas, cianobactérias, e plantas superiores. O crescimento exacerbado desses organismos leva à escassez de oxigênio, causando a mortalidade dos produtores primários e decomposição por bactérias aeróbias. Em casos extremos, a água (rios, lagos ou mares) pode se tornar hipóxica ou anóxica, causando o extermínio de plantas superiores, peixes e outros animais aquáticos.

2.2.2. O caso contra os sistemas de produção animal

A produção animal, bem como em qualquer sistema biológico, é limitada pela eficiência de utilização dos nutrientes. Em teoria, a eficiência máxima de utilização do N por uma vaca leiteira é, na melhor das hipóteses, menos de 50% (digestibilidade da proteína bruta, % x eficiência de utilização da proteína metabolizável, % x 100). Em condições experimentais, essa eficiência raramente ultrapassa 35% (Figura 5) e, em sistemas de produção leiteira a pasto, pode atingir níveis abaixo dos 20%. O N não utilizado pelas plantas e animais pode ser lixiviado do solo na forma de nitrito e nitrato até o lençol freático e pode volatilizar como NH_3 ou NO_x para a atmosfera. O N perdido pode ser transportado e causar problemas distantes de sua origem. A NH_3 , por exemplo, pode ser transportada por correntes de ar até 450km a partir de sua origem, embora metade do volume emitido seja depositada dentro de um raio de 50km da fonte emissora (Bussink e Oenema, 1998).

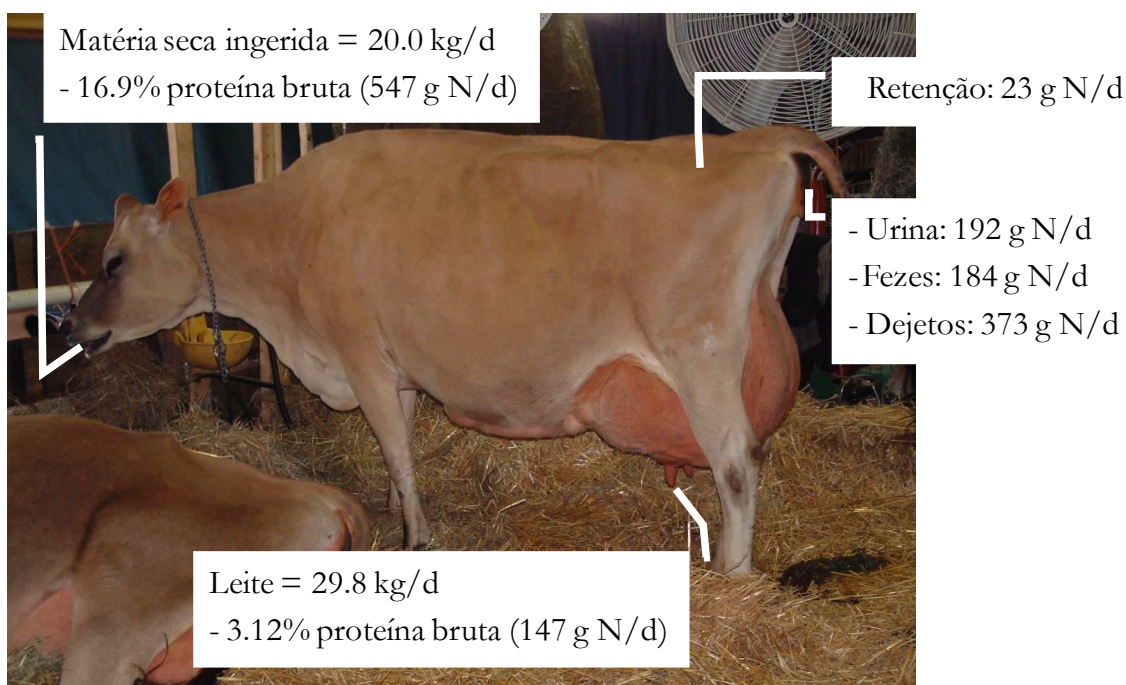


Figura 5. Balanço do nitrogênio (N) para uma vaca em lactação (média de 53 estudos de balanço de N).

Acredita-se que a NH_3 liberada da degradação de compostos orgânicos em dejetos de animais represente a maior proporção das emissões antropogênicas de N. Inventários de emissões internacionais sugerem que sistemas de produção animal (bovinos, suínos e aves) contribuem com 50 a 80% da NH_3 liberada na atmosfera a partir de atividades humanas nos EUA e na Europa Ocidental (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals - ECETOC, 1994; U.S. Protection Agency - USEPA, 2004b). O IPCC (Eggleston et al., 2006) sugeriu que perdas de nitrogênio a partir de dejetos de vacas leiteiras variam entre 28 e 77% do N excretado dentro do

estábulo. Apenas uma pequena fração de perdas nitrogenadas foi atribuída à desnitrificação (N_2O , N_2).

Estudos recentes demonstraram que a maioria do N é volatilizada dos dejetos bovinos antes de sua reciclagem para a produção agrícola. Filipy et al. (2004) avaliaram que as perdas de NH_3 chegaram a 160kg/vaca/ano medidos em todo o sistema de produção leiteira da fazenda experimental da Universidade do Estado de Washington. Durante o verão em Wisconsin, Moreira e Satter (2006) estimaram perdas de N entre 40 e 50% do N excretado, quando os dejetos de vacas leiteiras foram raspados do estábulo duas vezes ou seis vezes ao dia, sem diferença entre os tratamentos. A perda de N durante o inverno foi menos da metade daquelas medidas durante o verão. Todd et al. (2005) demonstraram que a maior fração nitrogenada perdida em um confinamento de gado de corte foi na forma de NH_3 volatilizada.

Em resumo, a pecuária é apontada como a maior fonte não pontual de Nr. Bovinos, suínos e aves são incluídos entre as fontes antropogênicas mais altas de NH_3 e, entre estes, criações de vacas leiteiras são individualizadas como as maiores fonte emissoras, particularmente em sistemas de produção intensiva modernos.

2.2.3. Práticas nutricionais para minimizar o impacto ambiental

Perdas nitrogenadas dos dejetos de vacas leiteiras começam imediatamente após a excreção, porque a maioria do N urinário (NU) está presente como ureia. A ureia é rapidamente hidrolisada a NH_3 pela uréase. Esta enzima é ubiqüitária sob as condições de manejo da maioria das fazendas de produção leiteira (Muck, 1982). As condições de concentração de NH_3 , da temperatura, do pH, da velocidade do vento, da umidade, o tipo de superfície e a relação entre a área e a grossura da camada dos dejetos depositados sobre esta superfície são alguns dos mais importantes fatores que influenciam a taxa de emissão da NH_3 . Em condições propícias, até 50% ou mais do N excretado por vacas leiteiras pode ser volatilizado antes mesmo da retirada dos dejetos de dentro do estábulo (Muck, 1982; Bussink e Oenema, 1998; Moreira e Satter, 2006). Apesar de emissões nitrogenadas significativas ocorrendo dentro das instalações, a aplicação de práticas de manejo com o intuito de reduzir as perdas de N é relativamente limitada porque requer adaptações consideravelmente caras dessas instalações para se obter a rápida remoção, coleta e estocagem da urina separadamente das fezes (Moreira e Satter, 2006). Estas modificações não podem ser facilmente alcançadas sem essas melhorias significativas e caras das instalações. No curto prazo, sugere-se que a busca por oportunidades de abatimento das emissões nitrogenadas deve focar primariamente (mas não se limitar a) práticas de alimentação dos animais e distribuição dos dejetos.

A maximização do uso de nutrientes nas dietas e a injeção dos dejetos no solo podem reduzir o conteúdo de NH_3 e suas perdas ao ambiente, e são, em geral, de implementação relativamente simples e barata. Dijkstra et al. (2007) propuseram que a avaliação sistemática da produção animal para a alívio da contaminação do meio ambiente deveria ao menos considerar a desenfaturação dos sistemas de alimentação

baseados em exigências nutricionais em prol de um sistema que valorize a produtividade animal e minimize seus impactos ambientais. A última recomendação destes pesquisadores foi que “estratégias para mitigar emissões provenientes de dejetos em fazendas devem, primeiramente, considerar as fontes de variação relativas aos animais”. Sobre o mesmo assunto, o recente plano de ação para a produção pecuária do Departamento de Agricultura dos EUA enfatiza que “meios para a otimização da eficiência de utilização do N são deficientes”. É necessário que os sistemas de alimentação e outras práticas de manejo sejam avaliados à luz dessa nova perspectiva como um dos principais caminhos para a melhoria da eficiência produtiva (U.S. Department of Agriculture - USDA, 2007). Para a escolha de uma metodologia para atenuação das emissões de N nos sistemas de produção de leite, devem-se diferenciar os fatores que influenciam o fluxo de N pré e pós-excreção. O consumo de proteína bruta (PB) ($\text{consumo de N} = \text{PB} \div 6.25$), o tipo de forragem e de manejo, a genética e o metabolismo dos animais são exemplos de fatores que podem ser manipulados para alterar o fluxo de N na vaca, sua secreção no leite e excreção na urina ou nas fezes (NF). Após a excreção, a emissão de N pode ocorrer a partir do piso do estábulo, das áreas de coleta e estocagem dos dejetos, e depois que estes são reciclados aos solos como fonte de nutrientes para produção agrícola.

2.2.4. Efeito do consumo de proteína

O consumo de proteína bruta [Σ (conteúdo de N nos alimentos, % \times consumo do alimento, kg \times 6.25)] é influenciado pelo conteúdo de N nos alimentos. Muitos produtores de leite alimentam suas vacas com dietas contendo níveis de PB próximos às recomendações. O custo dos suplementos proteicos é elevado, limitando, portanto, sua utilização nas dietas. Por outro lado, incertezas quanto à qualidade dos alimentos ou quanto à acurácia da preparação da ração frequentemente levam à elevação do nível de proteína oferecido aos animais, como margem de segurança (VandeHaar e St.-Pierre, 2006). Além disto, é importante notar que a produção leiteira responde curvilinearmente à suplementação proteica (Dijkstra et al., 2007). Este padrão de resposta significa que a produção de leite e a de proteína do leite ($\text{MN} = \text{proteína do leite} \div 6.38$) aumentam com os níveis de proteína na dieta, embora a taxa de resposta seja gradualmente reduzida a cada incremento de proteína na dieta. Este efeito cria ainda outro grau de incerteza para a lucratividade do produtor, isto é, o nível mais econômico de suplementação proteica é uma variável que depende do preço do leite e do custo do insumo proteico, e este nível frequentemente diverge daquele necessário para a maximização da produção leiteira.

Vários estudos demonstraram que ajustes na degradabilidade da proteína e no suprimento de aminoácidos ao intestino delgado podem, em muitos casos, permitir a alimentação de proteína bruta a níveis mais próximos das exigências de vacas leiteiras, desde que essas alterações dietéticas sejam acompanhadas de reduções na proteína bruta das dietas (Tabelas 4 e 5). Tratamentos que utilizaram essas tecnologias, porém sem reduzir os níveis proteicos, raramente resultam em alterações apreciáveis da excreção de NU. A proporção de N que é excretada pela vaca leiteira na urina aumenta com a ingestão de proteína (Broderick, 2003; Wattiaux

e Karg, 2004). Esta resposta é exponencial e independe da fonte proteica na dieta, isto é, o excesso de PB na dieta aumenta NU indiferentemente de sua qualidade, degradabilidade ou suplementação de aminoácidos (Moreira e Leonardi, 2006).

Tabela 4. Efeito da degradabilidade da proteína em conjunto com a redução na proteína bruta sobre a excreção de nitrogênio na urina (NU).

Estudos	Tratamento excesso de PB (EPB ¹)	Redução de PB (%)	PL ² no EPB (kg/d)	Redução em PL (%)	NU no EPB (kg/d)	Redução em NU (%)
Noftsger e St. Pierre (2003)	18,6	9,14	45,0	2,22	0,268	19,4
Ruiz et al. (2002)	14,1	33,3	21,7	28,6	0,139	71,7
Wright et al. (1998)	12,0	12,8	26,5	13,6	0,317	79,7
Média	14,9	18,4	31,1	14,8	0,241	56,9

¹ EPB = Tratamento positivo contendo nível elevado de proteína bruta dietética. Proteína representada como porcentagem da matéria seca da ração.

² PL = Produção de leite.

Tabela 5. Efeito do uso da metionina e da redução da proteína bruta na excreção de nitrogênio na urina (NU).

Estudos	Tratamento excesso de PB (EPB ¹)	Redução de PB (%)	PL ² no EPB (kg/d)	Redução em PL (%)	NU no EPB (kg/d)	Redução em NU (%)	Redução em N volatilizado (%)
Kröber et al. (2000)	17,5	29,1	32,9	7,29	0,177	68,9	71,8
Dinn et al. (1998)	18,3	16,4	34,2	4,09	0,264	38,6	
Noftsger e St. Pierre (2003)	18,6	8,89	45,1	4,43	0,264	15,0	
Leonardi et al. (2003)	18,8	14,4	42,2	2,84	0,264	23,9	
Média	18,3	17,2	38,6	4,67	0,242	36,6	

¹ EPB = Tratamento positivo contendo nível elevado de proteína bruta dietética. Proteína representada como porcentagem da matéria seca da ração.

² PL = Produção de leite.

Indubitavelmente, a maneira mais eficiente de se diminuir a quantidade de N perdida dos dejetos de animais para o meio ambiente é reduzir a compra de insumos nitrogenados para a fazenda e melhorando a reciclagem do N dentro da propriedade (Figura 4). Perdas nitrogenadas a partir de dejetos excretados no piso cimentado de um *free-stall* variaram entre 228g N/vaca/dia e 265g N/vaca/dia em vacas lactantes consumindo dietas contendo de 18.5 a 19.3% PB na matéria seca (Moreira e Satter, 2006). Smits et al. (1995) observaram que a perda de N diminuiu 63% quando a proteína dietética foi reduzida de 20 para 14.7%. Infelizmente, vacas de alta produtividade excretam grandes quantidades de N na urina (> 200g/vaca/dia), mesmo quando alimentadas com a finalidade de melhorar a eficiência de utilização da proteína (National Research Council - NRC, 2001; Broderick, 2003; Moreira e Leonardi, 2006). Existe grande variabilidade em perdas nitrogenadas de uma fazenda para outra, porém poucos estudos investigaram as potenciais fontes de variação (Moreira e Satter, 2005). Portanto, esforços para reduzir essas perdas de N devem considerar construções e práticas de manejo pós-excreção para melhorar a retenção do N nos dejetos durante sua coleta e armazenamento, bem como a reciclagem do nutriente pelas plantas.

2.3. Fósforo (P)

2.3.1. Questão ambiental

Um levantamento sobre a qualidade das águas nos Estados Unidos (USEPA, 2004a) revelou que os nutrientes estavam entre os cinco principais poluentes. A eutroficação antropogênica de águas doces e costeiras é um problema conhecido há muito tempo, mas a importância relativa originalmente atribuída a fontes pontuais (Edmondson, 1970) recentemente mudou para fontes não pontuais (Carpenter et al., 1998). O papel do enriquecimento do fósforo na eutroficação de águas doces é bem documentado. Há quase quatro décadas, foi demonstrado que o fósforo aplicado a uma metade do lago canadense, Lago 227, causou crescimento de algas e aumentou a concentração de clorofila-*a* por vários anos na parte fertilizada (Schindler, 1974, 1977). Mais recentemente, as evidências sugerem que o nitrogênio e o fósforo podem contribuir para a eutroficação próxima ou distante de fontes não pontuais, criando condições para o crescimento exacerbado de algas potencialmente tóxicas e levando à hipóxia das águas em várias regiões do mundo (Conley et al., 2009).

2.3.2. O caso contra os sistemas de produção animal

O risco associado ao fósforo agrícola é baseado em fortes evidências circunstanciais. Várias pesquisas indicam que o acúmulo de fósforo no solo aumenta a chance de este elemento atingir cursos d'água por meio de escoamento e lixiviação (Sharpley et al., 1993a). Diversos estudos demonstraram que solos que recebem dejetos de animais possuem maior potencial de acúmulo de fósforo, e níveis elevados de extração de fósforo do solo estão fortemente relacionados às concentrações de fósforo solúvel em águas de escoamento (Sharpley et al., 1992, 1993b, 2000). O fósforo é o principal nutriente que promove o crescimento de algas em lagos e riachos, causando redução da concentração de oxigênio, que pode levar à mortalidade de peixes, odor desagradável, limitações a recreação e ao turismo e pode comprometer a potabilidade de águas superficiais.

McFarland e Hauck (1999) verificaram uma correlação positiva entre a proporção de terras utilizadas por fazendas leiteiras e sistemas de produção de forragem com alterações das concentrações de nutrientes presentes na água (nitrogênio e fósforo) na bacia hidrográfica do alto Rio *North Bosque*, localizado na região central do Texas, Estados Unidos. As concentrações mais elevadas de fósforo na dieta fornecida às vacas leiteiras aumentaram o conteúdo de fósforo nas fezes (Wu et al., 2000), bem como o potencial para escoamento depois da aplicação do esterco ao solo (Ebeling et al., 2002). Apesar da ausência de demonstração experimental da eutroficação derivada diretamente de atividades agrícolas, pesquisas disponíveis parecem indicar que solos com níveis de fósforo excedendo sua capacidade de retenção contribuem significativamente para o enriquecimento dos cursos d'água.

2.3.3. Balanço de fósforo em fazendas leiteiras.

Assim como a maioria dos nutrientes, o balanço do fósforo em uma fazenda leiteira é principalmente o resultado do fósforo oriundo de alimentos, fertilizantes, animais e cama trazidos para a propriedade menos o fósforo que deixa a fazenda na forma de produtos agrícolas, dejetos ou produtos animais. Práticas agrícolas baseadas em balanços de fósforo negativos ou nulos são improváveis de serem sustentáveis a longo prazo porque os animais e as lavouras têm eficiências de utilização menor que 1,0. A eficiência de utilização do fósforo para produção de leite por uma vaca varia amplamente. Cerca de 20 a 60% do fósforo ingerido pela vaca é secretado no leite (Knowlton e Herbein, 2002). Portanto, o fósforo excedente não incluído em produtos permanece na fazenda e se acumula nos campos fertilizados com dejetos por períodos de tempo prolongados. O balanço negativo de nutrientes em fazendas pode ser aplicado por algum tempo em solos contendo altos níveis de fósforo. O fósforo acumulado nos solos deve ser extraído por meio do cultivo de lavouras sem a adição (ou pelo menos minimizando o uso) de fertilizantes fosforados, e o produto resultante deve ser exportado da propriedade.

Spears et al. (2003) analisaram o balanço de fósforo de 41 fazendas localizadas nos estados de Utah e Idaho, Estados Unidos, e observaram que os alimentos representavam mais de 84% (65 a 97%) do fósforo que entrava nas fazendas. A proporção de suplementos minerais com fósforo adquirido pelas fazendas não foi mencionada no estudo. De acordo com as estimativas dos autores, fazendas que cultivavam lavouras tendiam a acumular quase duas vezes mais fósforo por causa da aquisição de fertilizantes juntamente com os alimentos. Entretanto, a maioria das fazendas estudadas adquiria todos os alimentos necessários para suplementação dos rebanhos. A redução do balanço do fósforo em fazendas leiteiras requer o conhecimento detalhado dos requerimentos e do potencial de armazenamento de fósforo por vacas leiteiras.

2.3.4. Balanço de fósforo em vacas leiteiras

Os nutricionistas geralmente recomendam suplementação de fósforo acima dos valores determinados pelo NRC (2001) para vacas leiteiras em sistemas intensivos de produção (Sansinena et al., 1999). De fato, a maioria dos fazendeiros desconhece o conteúdo de fósforo dos alimentos em muitos casos (Leonardi et al., 2010). Incertezas relacionadas às medições de exigências para manutenção e coeficientes de absorção, além de receio de obtenção de índices de produtividade, reprodução e sanidade baixos levaram a um grande número de pesquisas avaliando recomendações de fósforo na dieta para vacas leiteiras de alta produção (Kincaid et al., 1981; Martz et al., 1990; Spiekens et al., 1993; Valk e Šebek, 1999; Wu et al., 2000, 2001; Knowlton e Herbein, 2002; Lopez et al., 2004a, b). Estudos envolvendo um ou mais períodos lactacionais indicam que vacas alimentadas com conteúdo de fósforo em um nível constante de 0,32% na matéria seca da dieta ao longo de toda a lactação podem suportar produção de 9.000kg de leite ou mais (Kincaid et al., 1981; Brintrup et al., 1993; Valk e Šebek, 1999; Wu et al., 2000; Knowlton e Herbein, 2002). Apesar disto,

em outros estudos, vacas alimentadas com concentrações de fósforo na dieta tão baixas quanto 0,28% e 0,31% foram capazes de manter desempenho produtivo elevado (Valk e Šebek, 1999; Wu et al., 2001). Deve-se ressaltar que estudos de lactação incluindo concentrações marginais de fósforo na dieta em um nível constante invariavelmente assumem que vacas podem lidar com a deficiência durante os estágios iniciais da lactação.

2.3.5. Exigências de fósforo para vacas leiteiras

Exigências dietéticas diárias de minerais foram definidas mais precisamente desde a metade do século XX, depois do desenvolvimento do método fatorial de estimativa das exigências nutricionais. O método fatorial considera o somatório de manutenção, lactação, gestação e necessidades para crescimento, corrigidos pelo coeficiente de absorção dos alimentos contidos na dieta (NRC, 2001).

As diferenças entre os sistemas de alimentação frequentemente resultam de disparidades na demanda de manutenção e nos coeficientes de absorção, pois as quantidades de fósforo utilizadas para crescimento, gestação e lactação em vacas podem ser medidas diretamente. A exigência de crescimento contribui para o acréscimo de fósforo nos tecidos e ossos e representa apenas uma pequena proporção da exigência total de uma vaca em lactação (NRC, 2001). House e Bell (1993) desenvolveram uma equação exponencial para estimar a exigência de fósforo para gestação, a qual é considerada significativa somente durante o último trimestre. Spiekers et al. (1993) demonstraram que o fósforo endógeno relaciona-se com a quantidade de matéria seca ingerida por vacas em lactação (1,0g de fósforo absorvido por kg de matéria seca ingerida). A pequena quantidade de fósforo excretado pela urina (0,002g/kg do peso corporal) é adicionada à perda inevitável nas fezes, resultando no valor de manutenção. Este valor equivale à perda inevitável quando a vaca é alimentada com uma dieta contendo fósforo suficiente para suprir apenas o requerimento de manutenção. A maior fração do fósforo absorvido é secretada no leite, especialmente durante o início da lactação (Figura 6). O conteúdo de fósforo no leite varia de 0,083 (Wu et al., 2000) a 0,100% (Knowlton e Herbein, 2002). É importante ressaltar que o suprimento de fósforo pode advir de fontes dietéticas bem como de reabsorção óssea.

O controle hormonal da homeostase de fósforo não é completamente entendido, mas está intimamente relacionado à homeostase de cálcio (Horst, 1986, Moreira et al., 2009). A absorção intestinal de cálcio e fósforo ocorre primariamente por difusão passiva quando as vacas são alimentadas com dietas contendo quantidades suficientes destes minerais. A hipofosfatemia e a hipocalcemia, juntamente com o hormônio da paratireóide, podem, independentemente, induzir à hidroxilação de 25-hidroxicolecalciferol a 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25-(OH)₂D₃). Os metabólitos da vitamina D promovem transporte intestinal ativo de cálcio e fósforo através das células epiteliais (Breves e Schröder, 1991; Horst et al., 1994; Goff, 2006). Embora as atividades dos hormônios da paratireoide e do 1,25-(OH)₂ D₃ sejam de remover cálcio e fósforo dos ossos, ainda não está claro se existe uma resposta seletiva para baixos

níveis de fósforo plasmático (Breves e Schröder, 1991). De fato, Moreira et al. (2009) sugeriram que a absorção de cálcio da dieta parece ser mais eficiente em conteúdos mais baixos de fósforo na dieta.

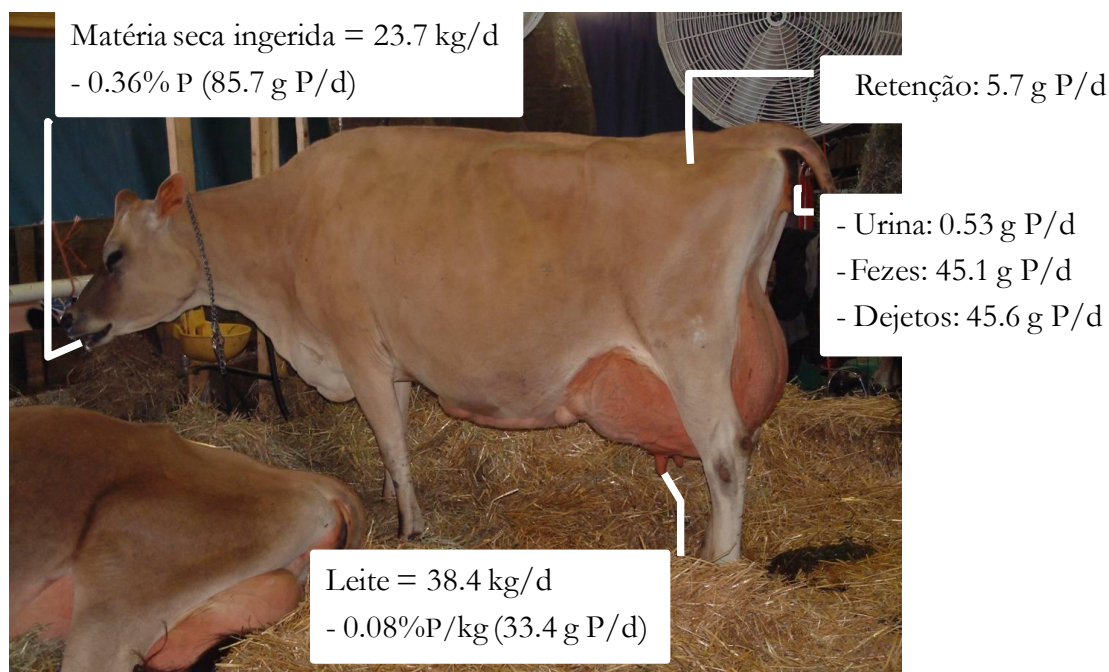


Figura 6. Balanço do fósforo (P) em uma vaca em lactação (média de quatro estudos de balanço de P).

O conteúdo mínimo de fósforo na dieta de 0,32% durante toda a lactação parece estar bem estabelecido após a realização de vários estudos sobre o desempenho produtivo (Brintrup et al., 1993; Valk e Šebek, 1999; Wu et al., 2000, 2001). Reduções adicionais de fósforo na dieta têm o potencial de minimizar o impacto de sistemas de produção sobre o meio ambiente. Entretanto, essa prática deve levar em consideração a habilidade da vaca em remover fósforo dos ossos durante os primeiros estágios de lactação, e as dietas precisarão fornecer quantidades necessárias para a renovação durante o final da lactação e no início do período seco.

De acordo com Ternouth (1990), 80 a 85% do fósforo em bovinos pesando 300kg (cerca de 2kg de fósforo) é estocado nos ossos, principalmente como fosfato de cálcio e hidroxiapatita, em uma proporção de 1,67:1 de cálcio em relação ao fósforo (Ternouth, 1990; Goff, 2000). A reabsorção óssea pode suprir até 1.300g de cálcio em vacas leiteiras no início da lactação, sendo que a maioria ocorre nas primeiras semanas (Liesegang et al., 2000; NRC, 2001). Vacas leiteiras não responderam à suplementação com fósforo no início da lactação; portanto, pode-se assumir que entre 500 e 800g de fósforo poderiam ser prontamente disponibilizados a partir da reabsorção óssea (Wu et al., 2000; Moreira et al., 2009). Além disso, sinais de deficiência de fósforo no desempenho de vacas foram detectados somente durante o

final da lactação ou durante a lactação subsequente (Valk e Šebek, 1999; Wu et al., 2001). Assumindo que o fósforo precisa ser mobilizado dos ossos juntamente com o cálcio, estima-se que a reabsorção de fósforo dos ossos possa suprir cerca de 26 a 42kg de leite por dia, durante os primeiros 21 dias de lactação. O modelo do NRC (2001) não leva em consideração a mobilização de fósforo a partir dos ossos.

Reconhecendo que a reabsorção óssea ocorre no início da lactação, Ekelund et al. (2006) forneceram uma dieta contendo 0,32% de fósforo para um grupo de vacas nos primeiros quatro meses de lactação seguida por outra dieta contendo 0,43% de fósforo pelo período restante da lactação comparado a outro grupo de vacas alimentadas com 0,43% de fósforo na dieta por toda a lactação. Estes autores verificaram que os desempenhos produtivos dos animais foram semelhantes em ambos os tratamentos. Mudanças nos metabólitos sanguíneos indicadores de reabsorção óssea (osteocalcina e telopeptídeos carboxiterminais de ligação cruzada do tipo I – colágeno – CTx) demonstraram que o padrão de mobilização foi semelhante no início da lactação, mas a osteocalcina elevada indicou maior aposição óssea com a dieta contendo 0,43% de fósforo na matéria seca, entre 14 e 24 semanas de lactação. As vacas utilizadas neste experimento mantiveram balanço positivo de fósforo durante toda a lactação em ambos os tratamentos. Os resultados deste estudo sugerem que o conteúdo de fósforo nas dietas forneceu quantidades suficientes do nutriente, mas alguma mobilização óssea ocorreu, possivelmente, em resposta à deficiência de cálcio durante o início da lactação. Por outro lado, Moreira et al. (2009) alimentaram vacas com valores tanto acima quanto abaixo das recomendações do NRC (2001) de cálcio (0,64 *versus* 0,45%) e fósforo (0,47% *versus* 0,37%). Os autores verificaram ingestão de matéria seca e produção de leite semelhantes entre os tratamentos testados. Nesse estudo, mais fósforo foi mobilizado em vacas alimentadas com níveis dietéticos de cálcio abaixo do recomendado em comparação com vacas que receberam quantidades superiores às exigências. Excesso de fósforo na dieta, entretanto, causou mobilização óssea mais intensa e prolongada, independentemente do conteúdo de cálcio na dieta. Valores semelhantes de balanço de fósforo foram observados para vacas leiteiras, no início da lactação, recebendo 0,34; 0,51 e 0,67% de fósforo na matéria seca da dieta (Knowlton e Herbein, 2002). Esses resultados parecem sugerir que a reabsorção de fósforo pode ser secundária ao controle de cálcio; porém, o excesso de fósforo na dieta pode limitar a absorção de cálcio e causar mobilização óssea prolongada.

2.3.6. Produção de leite e suplementação com fósforo

Vários experimentos foram conduzidos para avaliar o efeito de diferentes níveis de fósforo na dieta sobre o desempenho de vacas em lactação. Valk e Šebek (1999) alimentaram vacas (média aproximada de 8.000kg de leite por lactação) com dietas contendo 0,24; 0,28 ou 0,32% de fósforo na matéria seca por quase duas lactações. Somente os dois níveis mais elevados de fósforo mantiveram o desempenho esperado das vacas. As vacas que receberam dietas com níveis mais baixos de fósforo tiveram menor ingestão durante o período seco após a primeira lactação, e sua produção de leite foi menor na lactação seguinte. Em outro estudo, as vacas foram alimentadas

com 0,31; 0,34 ou 0,49% de fósforo na matéria seca da dieta total (Wu et al., 2000). A produção média de leite durante a lactação atingiu mais de 10.000kg, mas não foi diferente entre os tratamentos. A produção de leite de vacas que receberam 0,31% de fósforo caiu a uma taxa mais rápida após 175 dias de lactação, indicando a importância do *status* prévio de fósforo das vacas. Pode-se concluir que a depleção das reservas ósseas demoraria mais tempo em vacas leiteiras alimentadas com dietas marginais em fósforo. Em um estudo subsequente utilizando as mesmas concentrações de fósforo na dieta, o desempenho produtivo foi semelhante entre tratamentos; porém, as vacas do grupo que recebeu 0,31% de fósforo na dieta apresentaram concentrações baixas de fósforo no plasma e nos ossos (Wu et al., 2001). Brintrup et al. (1993) forneceram 0,33 e 0,39% de fósforo em dietas para vacas durante duas lactações e verificaram produção de leite mais elevada no tratamento com nível baixo de fósforo. Portanto, parece que a exigência de fósforo para vacas leiteiras está entre 0,28 e 0,32%. Deve-se ressaltar que exigências são diferentes de níveis recomendados de alimentação. Estes últimos geralmente contêm margens de segurança considerada pelo tratamento. As recomendações do NRC (2001) variam entre 0,32 e 0,42% de fósforo em dietas de vacas em lactação, dependendo do tipo do animal e de fatores alimentares, tais como produção de leite e nível de ingestão de matéria seca e disponibilidade do fósforo nos alimentos.

2.3.7. Reprodução e suplementação com fósforo

Suplementação mineral com fósforo somente é justificada se as exigências do animal não são supridas pelos alimentos incluídos na dieta. Por vários anos, vacas leiteiras de alta produção têm sido alimentadas com dietas contendo fósforo acima das recomendações, supostamente para atender às expectativas de desempenho reprodutivo. Isto se baseia no mito de que o fornecimento de dietas com níveis elevados de fósforo melhoraria o desempenho reprodutivo. O fato é que o fósforo afeta a reprodução apenas quando as vacas não ingerem quantidades adequadas para suprir suas exigências. Estudos demonstraram melhoria de desempenho reprodutivo em vacas e novilhas alimentadas com dietas de baixa qualidade após suplementação com fósforo. Esses estudos foram desenvolvidos em regiões da África do Sul, onde a concentração de fósforo no solo é tipicamente inferior a 0,03% (Theiler et al., 1927; Theiler e Green, 1932; Jones, 1990), ou na Europa logo após a Segunda Guerra Mundial, quando a qualidade dos recursos alimentares disponíveis aos bovinos era muito baixa (Hignett e Hignett, 1951). Um estudo recente (Lopez et al., 2004b) investigou o efeito do fornecimento de fósforo em excesso às recomendações do NRC (2001) sobre o desempenho reprodutivo de 267 vacas leiteiras de alta produção. A duração e o comportamento estrais, e as taxas de concepção e prenhez, dentre outros parâmetros, foram avaliados por radiotelemetria, semanalmente por ultrassonografia e por níveis sanguíneos de progesterona. Nenhum desses parâmetros apresentou diferença significativa entre os dois tratamentos (0,38 e 0,58% de fósforo). Quando as vacas desse estudo foram distribuídas em grupos de produção alta e baixa e o sangue foi analisado para pesquisa de concentração de estradiol, observou-se que o grupo de alta produção teve concentrações plasmáticas de estradiol mais baixas, independentemente do nível de fósforo na dieta (Lopez et al., 2004a).

2.3.8. Disponibilidade de fósforo nos alimentos

O coeficiente de absorção do fósforo é afetado pelas características dos alimentos (NRC, 2001). Entretanto, como regra geral, a redução do conteúdo de fósforo na dieta aumenta o coeficiente de absorção. Portanto, recomenda-se estimar o coeficiente de absorção de um alimento em particular em dietas suprindo marginalmente as exigências de fósforo da vaca. Poucos estudos cumprem este critério. As medidas dos coeficientes de absorção de fósforo são complicadas por fontes endógenas de fósforo. A saliva contém a maior fração de fósforo endógeno secretado dentro de trato digestivo. Portanto, a secreção de fósforo endógeno é influenciada por fatores que causam salivação. De fato, tem-se demonstrado que a secreção de fósforo endógeno pode ser estimada como uma proporção da ingestão de matéria seca (Spiekers et al., 1993).

O fósforo é absorvido principalmente como fósforo inorgânico, especialmente na forma de ortofosfato, por mecanismos de transportes ativo e passivo, como discutido acima (Breves e Schröder, 1991). Vários fatores, entre os quais a solubilidade da fonte de fósforo; a presença de cobre, zinco e cálcio, entre outros elementos; a fonte de fósforo; o pH intestinal; a idade e o estado de saúde dos animais, podem interferir na eficiência absorptiva do fósforo (NRC, 2001).

Por questões de praticidade e deficiência de dados, o comitê de pesquisadores do NRC (2001) adotou coeficientes de absorção fixos para forragens (0,64), concentrados (0,70) e valores variáveis para diferentes suplementos minerais de fósforo. Este trabalho constituiu uma melhoria em relação ao NRC anterior (NRC, 1989), cujo fator único era mais baixo (0,50). A avaliação cuidadosa de dietas fornecendo fósforo em níveis próximos às exigências de vacas leiteiras em vários estudos (Brintrup et al., 1993; Martz et al., 1999; Valk e Šebek, 1999) sugere que os coeficientes utilizados pelo comitê do NRC podem ainda ser conservadores.

A maioria dos experimentos avaliando o conteúdo dietético de fósforo utiliza as mesmas dietas por todo o estudo. Todavia, a variação das fontes de alimentos e a qualidade de forragens são comuns portanto a formulação da ração precisa ser alterada ao longo do ano. Ajustes periódicos na formulação das dietas devem ser feitos em resposta a variações na produção do rebanho, disponibilidade de alimentos, qualidade e preços.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Políticas governamentais em vários países desenvolvidos enfatizam a securidade alimentar, ou seja, promovem a disponibilização de alimentos de maneira abundante e a preços acessíveis a toda a população. Este sistema econômico está fundamentado na manutenção do baixo custo energético e, principalmente, no uso de derivados do petróleo. Flutuações nos preços do petróleo e outros insumos para a agricultura têm complicado a estabilidade do sistema e causado a eliminação daqueles produtores

menos eficientes. Notadamente, os mais afetados são pequenos produtores devido a sua menor capacidade de investimento e limitado capital de giro para se manterem viáveis durante períodos em que o preço de seus produtos estão mais baixos que o custo de produção. Consequentemente, crescentes extensões de terras aráveis são devotadas à produção eficiente na forma de monoculturas sob fertilização intensiva e, em muitos casos, muito acima do necessário⁴. Por outro lado, é também importante lembrar que os recursos do planeta são limitados. A própria área de terras potencialmente agricultáveis é um recurso finito. Sendo assim, Green et al. (2005) sugeriram que **a agricultura e a pecuária intensivas** são e serão necessárias não somente para alimentar a humanidade, mas também para permitir que outras áreas sejam liberadas para serem utilizadas em programas de proteção ambiental.

A **nutrição** pode contribuir para a **redução** (não a eliminação) na emissão de gases de efeito estufa e de nutrientes a partir de sistemas de produção pecuária, mas esses esforços são **limitados** pela **eficiência alimentar**. Pesquisas também devem enfatizar a busca por metodologias de manejo e de tratamento e reciclagem de dejetos para minimizar emissões pós-excreção.

A contaminação ambiental causada por sistemas de produção agrícola e pecuário é inegável, embora seja difícil diferenciar seus efeitos em muitas regiões do mundo onde os dejetos humanos ainda são despejados diretamente nos rios, lagos e mares sem tratamento prévio. Os custos humanos e ambientais são altos e estão, comprovadamente, aumentando de forma contínua, à medida que a prosperidade alcança frações maiores da população mundial. Uma maneira de se prevenir abusos seria por meio da criação de leis que coibam o uso indiscriminado de nutrientes ou que limitem os níveis de poluição. Entretanto, **regulamentações**, quando necessárias, precisam ser **baseadas em dados científicos** (não em especulações) e devem ser exequíveis. Por exemplo, leis que limitam a emissão de gases requerem capacidade para medição rápida e acurada dessas emissões, condição que é ainda limitada na maioria dos casos. **Desinformação** precisa ser corrigida por meio de **educação**, pois grande parte da população urbana hoje é pouco e mal informada a respeito da origem dos alimentos que consome. Portanto, mais **pesquisas** são necessárias para que sistemas de produção agrícola e pecuário mais sustentáveis sejam desenvolvidos.

AGRADECIMENTO

O autor é grato a Marcelo R. Souza, pelo auxílio na tradução do texto deste capítulo.

⁴ A fertilização nitrogenada chega a atingir 600kg N/hectare/ano na região norte da China, causando um excedente de cerca de 230kg N/hectare/ano (Vitousek et al., 2009).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BREVES, G.; SCHRÖDER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nutr. Res. Rev.*, v.4, p.125-140, 1991.
- BRINTRUP, R.T.; MOOREN, U.; MEYER, H. et al. Effects of two levels of phosphorus intake on performance and faecal phosphorus excretion of dairy cows. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, v.69, p.29-36, 1993.
- BRODERICK, G.A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.1370-1381, 2003.
- BUSSINK, D.W.; OENEMA, O. Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, v.51, p.19-33, 1998.
- CAPPER, J.L.; CADY, R.A.; BAUMAN, D.E. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *J. Anim. Sci.*, v.87, p.2160-2167, 2009.
- CARPENTER, S.R.; CARACO, N.F.; CORREL, D.L. et al. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecol. Appl.*, v.8, p.559-568, 1998.
- CONLEY, D.J.; PAERL, H.W.; HOWARTH, R.W. et al. Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. *Science*, v.323, p.1014-1015, 2009.
- DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; MILLS, J.A.N. et al. Predicting the profile of nutrients available for absorption: from nutrient requirement to animal response and environmental impact. *Animal*, v.1, p.99-111, 2007.
- DINN, N.E.; SHELFORD, J.A.; FISHER, L.J. Use of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System and rumen-protected lysine and methionine to reduce nitrogen excretion from lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.229-237, 1998.
- EBELING, A.M.; BUNDY, L.G.; POWELL J.M. et al. Dairy diet phosphorus effects on phosphorus losses in runoff from land-applied manure. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.66, p.284-291, 2002.
- EDMONDSON, W.T. Phosphorus, nitrogen, and algae in Lake Washington after diversion of sewage. *Science*, v.169, p.690-691, 1970.
- EGGLESTON, H.S.; BUENDIA, L.; MIWA, K. et al. (Ed.). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. v. 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Kanagawa, Japan: IGES, 2006.
- EKELUND, A.; SPÖRNDLY, R.; HOLTENIUS, K. Influence of low phosphorus intake during early lactation on apparent digestibility of phosphorus and bone metabolism in dairy cows. *Livest. Sci.*, v.99, p.227-236, 2006.

EUROPEAN CENTRE FOR ECOTOXICOLOGY AND TOXICOLOGY OF CHEMICALS. *Ammonia emissions to air in Western Europe*. Brussels: ECETOC, 1994. (Technical Report, 62).

FILIPY, J.M.; LAMB, B.K.; KINCAID, R.L. et al. Emissions of atmospheric ammonia and a nitrogen mass balance for a dairy. *J. Dairy Sci.*, v.87, suppl. 1, p.301-302, 2004.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Statistics Division. Compendium of agricultural-environmental indicators 1989-91 to 2000. Rome: FAO, 2003. Disponível em: http://www.fao.org/es/ess/os/envi_indi/part_221.asp. Acessado em: 4 set. 2009.

GALLOWAY, J.N.; ABER, J.D.; ERISMAN, J.W. et al. The nitrogen cascade. *Bioscience*, v.53, p.341-356, 2003.

GOFF, J.P. Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.126, p.237-257, 2006.

GOFF, J.P. Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. *Vet. Clin. N. AM. Food Anim. Pract.*, v.16, p.319-337, 2000.

GREEN, R.E.; CORNELL S.J.; SCHARLEMANN J.P.W. et al. Farming and fate of wild nature. *Science*, v.307, p.550-555, 2005.

HARPER, L.A.; DENMEAD, O.T.; FRENEY, J.R. et al. 1999. Direct measurements of methane emissions from grazing and feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.1392-1401.

HENSEN, A.; GROOT, T.T.; VAN DEN BULK, W.C.M. et al. Dairy farm CH₄ and N₂O emissions, from one square metre to the full farm scale. *Agric. Ecosyst. Environ.*, v.112, p.146-152, 2006.

HIGNETT, S.L.; HIGNETT, P.G. The influence of nutrition on reproductive efficiency in cattle. *Vet. Rec.*, v.68, p.603-609, 1951.

HORST, R.L. Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow. *J. Dairy Sci.*, v.69, p.604-616, 1986.

HORST, R.L.; GOFF, J.P.; REINHARDT, T.A. Calcium and vitamin D metabolism in the dairy cow. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.1936-1951, 1994.

HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J. et al. *Climate Change 2001: The scientific basis*. IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001. v.1.

HOUSE, W.A.; BELL, A.W. Mineral accretion in the fetus and adnexa during late gestation in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.2999-3010, 1993.

- JOHNSON, K.A.; HUYLER, M.; WESTBERG, H. et al. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. *Environ. Sci. Technol.*, v.28, p.359-362, 1994.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.2483-2492, 1995.
- JONES, R.J. Phosphorus and beef production in northern Australia. 1. Phosphorus and pasture productivity: A review. *Trop. Grassl.*, v.24, p.131-139, 1990.
- KAISER, J. Mounting evidence indicts fine-particle pollution. *Science*, v.307, p.1858-1861, 2005.
- KINCAID, R.L.; HILLERS, J.K.; CRONRATH, J.D. Calcium and phosphorus supplementation of rations for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.64, p.754-758, 1981.
- KNOWLTON, K.F.; HERBEIN, J.H. Phosphorus partition during early lactation in dairy cows fed diets varying in phosphorus content. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.1227-1236, 2002.
- KRÖBER, T.F.; KULLING, D.R.; MENZI, H. et al. Quantitative effects of feed protein reduction and methionine on nitrogen use by cows and nitrogen emission from slurry. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.2941-2951, 2000.
- LASSEY, K.R.; ULYATT, M.J.; MARTIN, R.J. et al. Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. *Atmos. Environ.*, v.31, p.2905-2914, 1997.
- LEONARDI, C., MOREIRA, V.R.; BARDWELL, R.D. et al. An assessment of current feeding practices in Louisiana dairy farms. *J. Ext.*, 2010. (no prelo).
- LEONARDI, C.; STEVENSON, M.; ARMENTANO, L.E. Effect of two levels of crude protein and methionine supplementation on performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.4033-4042, 2003.
- LIESEGANG, A.; ELCHER, R.; SASSI, M.-L. et al. Biochemical markers of bone formation and resorption around parturition and during lactation in dairy cows with high and low standard milk yields. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1773-1781, 2000.
- LOPEZ, H.; KANITZ, F.D.; MOREIRA, V.R. et al. Effect of dietary phosphorus on performance of lactating dairy cows: milk production and cow health. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.139-146, 2004a.
- LOPEZ, H.; KANITZ, F.D.; MOREIRA, V.R. et al. Reproductive performance of dairy cows fed two concentrations of phosphorus. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.146-157, 2004b.

MARTZ, F.A.; BELO, A.T.; WEISS, M.F. et al. True absorption of calcium and phosphorus from alfalfa and corn silage when fed to lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.73, p.1288-1295, 1990.

MARTZ, F.A.; BELO, A.T.; WEISS, M.F. et al. True absorption of calcium and phosphorus from corn silage fed nonlactating, pregnant dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.618-622, 1999.

McFARLAND, A.M.S.; HAUCK, L.M. relating agricultural land uses to in-stream stormwater quality. *J. Environ. Qual.*, v.28, p.836-844, 1999.

MERRIAM-WEBSTER online. 2009. Disponível em: <http://www.merriam-webster.com/>. Acessado em: 4 set. 2009.

MILLER Jr., G.T. *Environmental science: working with the earth*. 7.ed. Belmont, CA: Wadsworth, 1999. 566p. (Wadsworth biology series, 1).

MONTENY, G.-J.; BANNINK, A.; CHADWICK, D. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agric. Ecosyst. Environ.*, v.112, p.163-170, 2006.

MOREIRA, V.R.; LEONARDI, C. Meta-analysis on the effect of main dietary forage on N excretion from dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.89, suppl. 1, p.255, 2006.

MOREIRA, V.R.; SATTER, L.D. Effect of scraping frequency in a free-stall barn on volatile N loss from dairy manure. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.2579-2587, 2006.

MOREIRA, V.R.; SATTER, L.D. Estimating nitrogen loss from dairy farms. In: INTERNATIONAL NITROGEN CONFERENCE, 3., 2004, Nanjing, China. *Contributed papers...* Nanjing, China: Science Press, 2005. p.56-60.

MOREIRA, V.R.; ZERINGUE, L.K. WILLIAMS, C.C. et al. Influence of calcium and phosphorus feeding on markers of bone metabolism in transition cows. *J. Dairy Sci.*, v.92, p.5189-5198, 2009.

MOSIER, A.; KROEZE, C.; NEVISON, C. et al. Closing the global N₂O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, v.52, p.225-248, 1998.

MUCK, R.E. Urease activity in bovine feces. *J. Dairy Sci.*, v.65, p.2157-2163, 1982.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed. Washington, DC: National Academic Press, 1989. 157p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, DC: National Academic Press, 2001. 260p.

NOFTSGER, S.; St-PIERRE, N.R. Supplementation of methionine and selection of highly digestible rumen undegradable protein to improve nitrogen efficiency for milk production. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.958-969, 2003.

OENEMA, O.; WRAGE, N.; VELTHOF, G.L. et al. Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 72, p.51-65. 2005.

RABALAIS, N.N. Nitrogen in aquatic ecosystems. *Ambio*, v.31, p.102-112, 2002.

RUIZ, R.; TEDESCHI, L.O.; MARINI, J.C. et al. The effect of a ruminal nitrogen (n) deficiency in dairy cows: evaluation of the cornell net carbohydrate and protein system ruminal n deficiency adjustment. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.2986-2999, 2002.

SANSINENA, M.; BUNTING, L.D.; STOKES, S.R. et al. A survey of trends and rationales for dietary phosphorus recommendations among Mid-South dairy nutritionists. In: MID-SOUTH RUMINANT NUTRITION CONFERENCE, 1999, Dallas, TX. *Proceedings...* Dallas, TX: M-SRNC, 1999. p. 51-54.

SAUER, F.D.; FELLNER, V.; KINSMAN, R. et al. Methane output and lactation response in Holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. *J. Anim. Sci.*, v.76, p.906-914, 1998.

SCHINDLER, D.W. Eutrophication and recovery in experimental lakes: Implications for lake management. *Science*, v.184, p.897-899, 1974.

SCHINDLER, D.W. The evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science*, v.195, p.260-262, 1977.

SHARPLEY, A.N.; DANIEL, T.C.; EDWARDS, D.R. Phosphorus movement in the landscape. *J. Prod. Agric.* 6, p.492-500, 1993a.

SHARPLEY, A.N.; FOY, B.; WITHERS, P. Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: an overview. *J. Environ. Qual.*, v.29, p.1-9, 2000.

SHARPLEY, A.N.; SMITH, S.J.; BAIN, W.R.. Nitrogen and phosphorus fate from long-term poultry litter applications to Oklahoma soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.57, p.1131-1137, 1993b

SHARPLEY, A.N.; SMITH, S.J.; JONES, O.R. et al. The transport of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. *J. Environ. Qual.*, V.21, p.30-35, 1992.

SMITS, M.C.J.; VALK, H.; ELZING, A. et al. Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.*, v.44, p.147-156, 1995.

SPEARS, R.A.; YOUNG, A.J.; KOHN, R.A. Whole-farm phosphorus balance on western dairy farms. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.688-695, 2003.

SPIEKERS, H.; BRINTRUP, R.; BALMELLI, M. et al. Influence of dry matter intake on faecal phosphorus losses in dairy cows fed rations low in phosphorus. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, v.69, p.37-43, 1993.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T. et al. *Livestock's long shadow: Environmental issues and options*. Roma: FAO, 2006. 390p.

TERNOUTH, J.H. Phosphorus and beef production in northern Australia. 3. Phosphorus in cattle: A review. *Trop. Grassl.*, v.24, p.159-169, 1990.

THEILER, A.; GREEN, H.H. Aphosphorosis in ruminants. *Nutr. Abstr. Rev.*, v.1, p.359-385, 1932.

THEILER, A.; GREEN, H.H.; DU TOIT, P.J. Minimum mineral requirements in cattle. *J. Agric. Sci.*, v.17, p.291-314, 1927.

TODD, R.W.; COLE, N.A.; HARPER, L.A. et al. Ammonia and gaseous nitrogen emissions from a commercial beef cattle feedyard estimated using the flux-gradient method and N:P analysis. In: NOWAK, P.J (Ed.). SYMPOSIUM STATE OF THE ART: ANIMAL MANURE AND WASTE MANAGEMENT, 2005, San Antonio, TX. Proceedings... Disponível em: <http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/natlcenter/center.htm>.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *National Program 101: Food Animal Production Action Plan (2007-2012)*. 2007. Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/research/programs/>. Acessado em: 22 maio 2007.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Total maximum daily loads: National Section 303(d) list fact sheet*. 2004a. Disponível em: <http://oaspub.epa.gov/waters/national_rept.control>.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *National Emission Inventory. Ammonia emissions from animal husbandry operations: Draft report*. Washington, DC: USEPA, 2004b.

VALK, H.; ŠEBEK, L.B.J. Influence of long-term feeding of limited amounts of phosphorus on dry matter intake, milk production, and body weight of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.82, p.2157-2163, 1999.

VANDEHAAR, M.J.; ST.-PIERRE, N. Major advances in nutrition: relevance to the sustainability of the dairy industry. *J. Dairy Sci.*, v.89, p.1280-1291, 2006.

VITOUSEK, P.M.; NAYLOR, R.; CREWS, T. Nutrient Imbalances in agricultural development. *Science*, v.324, p.1519-1520, 2009.

WATTIAUX, M.A.; KARG, K.L. Protein level for alfalfa and corn silage-based diets: II. Nitrogen balance and manure characteristics. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.3492-3502, 2004.

WOLFE, A.H.; PATZ, J.A. Reactive nitrogen and human health: Acute and long-term implications. *Ambio*, v.31, p.120-125, 2002.

WRIGHT, T.C.; HOLUB, B.J.; HILL, A.R. et al. Effect of combinations of fish meal and feather meal on milk fatty acid content and nitrogen utilization in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 81, p.861-869, 2003.

WU, Z.; SATTER, L.D.; BLOHOWIAK, A.J. et al. Milk production, estimated phosphorus excretion, and bone characteristics of dairy cows fed different amounts of phosphorus for two or three years. *J. Dairy Sci.*, v.84, p.1738-1748, 2001.

WU, Z.; SATTER, L.D.; SOJO, R. Milk production, reproductive performance, and fecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1028-1041, 2000.

CAPÍTULO 14

NUTRIÇÃO E REPRODUÇÃO

*Helton Mattana Saturnino*¹

RESUMO

A relação entre a nutrição e a fertilidade da fêmea bovina é muito grande, desde o desenvolvimento dos folículos até o momento do parto e na sobrevivência pós-natal. O crescimento folicular pode ser alterado, a qualidade do oócito e o desenvolvimento do embrião e/ou do feto podem ser comprometidos, levando a perdas embrionária e/ou fetal. A idade à puberdade é outro evento que merece destaque devido a sua importância no processo produtivo das mais diferentes espécies e raças. O retorno à atividade ovariana após o parto e à gestação são pontos limitadores quanto à eficiência reprodutiva de vacas leiteiras, principalmente as de alta produção. Dieta bem balanceada em proteína, energia e minerais é fundamental quando se objetiva o melhor desempenho produtivo e reprodutivo. A avaliação da condição das fêmeas bovinas no pré e no pós-parto é fundamental para se ter informações de como estava e como está a nutrição destas.

INTRODUÇÃO

A seleção para produção de leite tem sido o caminho mais consistente para aumentar a produção, sendo que a ênfase tem sido para produção de leite por vaca sem levar muito em conta os efeitos na reprodução. O ganho genético na produção de leite tem sido relacionado negativamente com a fertilidade das vacas leiteiras. As exigências nutricionais aumentaram com o aumento da produção de leite, principalmente no início da lactação. O maior limitador na produção de leite, em condições normais, é o consumo de matéria seca (CMS) pela vaca. O CMS depende de quantidade de leite produzido, estágio da lactação, peso da vaca, condições climáticas, manejo, condição corporal, alimentação anterior, ranque social, tipo e qualidade dos alimentos (National Research Council - NRC, 1989).

Alta produção de leite leva a um quadro de balanço energético negativo (BEN). O BEN afeta negativamente a reprodução das vacas. Nutrição inadequada se deve a consumo de nutrientes aquém, em excesso ou desbalanceados, que pode afetar vários estágios da reprodução, como atraso na puberdade; diminuir as taxas de ovulação e de concepção e/ou aumentar a mortalidade embrionária e as perdas fetais. O desenvolvimento fetal bem como a sobrevivência pós-natal podem também ser prejudicados por nutrição inadequada.

¹ Médico Veterinário, PhD., Prof. Associado, Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, Caixa Postal 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. helton@vet.ufmg.br

1 - DESENVOLVIMENTO FOLICULAR E FETAL

Existem vários trabalhos relacionando a nutrição e o desenvolvimento do folículo (Webb e Armstrong, 1998; Diskin et al., 2003; Webb et al., 2004; Leroy et al., 2008), do embrião (O'Callaghan e Boland, 1999) e do feto (Harding e Johnston, 1995; Wallace et al., 1996; Robinson et al., 1999).

As ondas de crescimento folicular, a ovulação e o início de gestação requerem pouca energia (menos de 3MJ de energia metabolizável por dia) comparados com as exigências para manutenção e produção (60 a 250MJ de energia metabolizável por dia em vacas em lactação) (O'Callaghan e Boland, 1999).

O estado metabólico dos animais, devido ao BEN, afeta uma variedade de hormônios, tais como o hormônio do crescimento (GH), o fator de crescimento semelhante à insulina-I (IGF-I), a insulina, a leptina, o cortisol e a tiroxina, os quais podem afetar a proliferação celular ou a esteroidogênese *in vitro* (Mihm e Blesch, 2003). As demandas metabólicas associadas às altas produções de leite têm causado anestro pós-parto e ciclos estrais anormais (Lucy, 2003).

O crescimento fetal e o tamanho ao parto podem ser afetados pelos ambientes do oócito, do embrião e do concepto em alongamento pré-implantação (Robinson et al., 1999). A nutrição tem papel importante em modificar ambientes diretamente, suprimindo nutrientes essenciais, ou indiretamente, alterando a expressão dos hormônios e de fatores de crescimento.

A deficiência alimentar crônica pode reduzir as taxas de fertilização e de sobrevivência embrionária como consequência da perda de peso e da condição corporal no início da gestação (Dunn e Moss, 1992).

2 – PUBERDADE

A idade à puberdade da fêmea bovina foi afetada pela composição genética, peso à desmama e nutrição pós-desmama (Warnick et al., 1956), heterose (Wiltbank et al., 1969) e presença de touro (Roberson et al., 1991). A puberdade em novilhas é mais relacionada com o peso do que com a idade. As novilhas atingem a puberdade com 30 a 40% do peso adulto médio. A puberdade ocorre com peso relativamente constante, entretanto o peso alvo à puberdade foi maior em novilhas que passaram por longo período de subnutrição (Sparke e Lamond, 1968; Wiltbank et al., 1969). Morrow et al. (1976) relataram que a idade à puberdade é inversamente proporcional ao consumo de energia, o que não foi observado por Saturnino (1981) com novilhas da raça Brahman que, suplementadas desde a desmama com 2% do peso vivo com concentrado (12% de proteína bruta e 86% de NDT), não diferiram das suplementadas com 1% do peso quanto à taxa de gestação aos 17 meses de idade.

Simpson et al. (1998), trabalhando com novilhas, observaram que peso e condição corporal foram responsáveis por 55% da variação na idade à primeira concepção ($P < 0,01$), indicando serem eles os fatores mais informativos para prever a idade à primeira concepção de novilhas.

A puberdade é um evento que depende da maturação do hipotálamo, a qual depende, principalmente, do aumento da secreção pulsátil do hormônio luteinizante (LH) (Kinder et al., 1995), e a nutrição influencia esse processo, visto que a restrição alimentar energética atrasa a puberdade por inibição do desenvolvimento do sistema reprodutivo endócrino (Day et al., 1986). Gasser et al. (2006b), ao trabalharem com novilhas de corte desmamadas aos 73 dias de idade e alimentadas com dieta rica em concentrado, constataram que 88% das bezerras que receberam essa dieta atingiram a puberdade aos 262 dias comparadas com as controle aos 368 dias, pesando 327 e 403kg, respectivamente. Os autores observaram um aumento no número de pulsos de LH ($p < 0,05$) e na concentração média de LH ($p < 0,01$). Dando sequência aos estudos de puberdade precoce em novilhas de corte, Gasser et al. (2006a) trabalharam com bezerras desmamadas aos 104 ou aos 208 dias de idade e observaram puberdade precoce em 100 e 55% das bezerras desmamadas aos 104 dias e alimentadas com dieta rica em concentrado (60% de milho) ou dieta controle (30% de milho). Para eles, que este fato se deveu à maturação ovariana acelerada neste grupo de novilhas.

As novilhas de raças leiteiras, em geral, atingem a puberdade a uma idade menor do que as novilhas de raças de corte. No entanto, cuidados devem ser tomados para que o ganho em peso até a puberdade não prejudique o desempenho produtivo destas novilhas. O ganho em peso não deve ser superior a 800g/dia.

3 - ATIVIDADE OVARIANA APÓS O PARTO NA VACA

O retorno à atividade ovariana após o parto na vaca ocorre com o restabelecimento da síntese e do estoque liberável de LH pela hipófise, visto que o estoque de LH foi esgotado durante a gestação devido ao efeito negativo e prolongado de hormônios esteroides, principalmente do estradiol, sobre o hipotálamo, diminuindo a liberação do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) e, conseqüentemente, o estímulo à síntese e liberação de LH pela adeno-hipófise (Nett, 1987). Durante duas a cinco semanas após o parto, há descargas inconstantes de GnRH, as quais estimulam a síntese de LH, mas, como os pulsos são infreqüentes, só parte deste novo LH é liberado. Durante essa fase inicial da lactação, as vacas teriam hormônio folículo estimulante (FSH) suficiente, e a concentração de LH parece ser independente da presença da cria e de estressores ambientais. A fase seguinte seria mais sensível ou ligada ao estímulo da presença da cria e de estressores ambientais.

A secreção do LH é, em parte, controlada pelos efeitos negativos de esteroides, como o estradiol e a progesterona, e pelo efeito positivo do estradiol que induz o pico de LH. A sensibilidade ao efeito negativo do estradiol sobre o LH é aumentada pela presença da cria (Acosta, 1983) ou devido à subnutrição (Imakawa et al., 1986, 1987; Dawuda et

al., 2002), que leva a uma diminuição da glicose circulante bem como da insulina, do IGF-I e das proteínas ligadoras de IGF (IGFBPs) (Imakawa et al., 1986; Roberts et al., 1997; Webb et al., 1999).

As vacas que não apresentam problemas ao parto e/ou após o parto têm melhor fertilidade do que as que têm problemas nesse período. A fertilidade das vacas que não tiveram problemas no periparto pode ser reduzida por erros na detecção de cio, na manipulação do sêmen e/ou na inseminação em si, pela perda excessiva da condição corporal e/ou pela nutrição inadequada.

Nas duas semanas pré-parto, há diminuição no CMS (Bertics et al., 1992), portanto, já no pré-parto da vaca de alta produção de leite, pode ocorrer déficit energético devido ao menor CMS e a maiores demandas do feto e do útero somados à produção de colostro. No período inicial da lactação, nas vacas de alta produção, a maior demanda de energia não é suprida pela quantidade que elas conseguem ingerir de sua dieta, aumentando, assim, o déficit energético, ou seja, a vaca passa por um período de BEN (Butler e Smith, 1989) desde o pré-parto até oito a 12 semanas pós parto. A diminuição do CMS pela fêmea bovina é associada a perdas de peso e, conseqüentemente, da condição corporal, provocando diminuição da atividade ovariana, podendo levar ao anestro (Imakawa et al., 1986; Rhodes et al., 1995; Prado et al., 2002). O anestro é uma das principais causas da redução de desempenho reprodutivo após o parto. A fêmea bovina em BEN tem o período parto-primeira ovulação aumentado (Lucy et al., 1991). A subnutrição leva a uma menor secreção pulsátil de LH (Imakawa et al., 1987; Schillo, 1992) devido a uma redução na secreção do GnRH pelo hipotálamo (Schillo, 1992) com conseqüente falha na ovulação (Rhodes et al., 1996).

Para Dunn e Moss (1992), as deficiências energéticas se sobreporiam às deficiências proteicas em reduzir o desempenho reprodutivo em fêmeas bovinas. Além da deficiência, o desequilíbrio dietético entre proteína, aminoácidos, ácidos graxos, minerais e/ou vitaminas pode reduzir a utilização de um ou mais nutrientes (Brown, 1994).

Segundo Butler e Smith (1989), nos casos de déficit energético, peptídeos opiodes agiriam no hipotálamo diminuindo a liberação de GnRH. McShane et al. (1992) observaram que a restrição alimentar em ovelhas aumentou a concentração de neuropeptídeo Y (NPY) no líquido cérebro-espinhal. O NPY tem ação inibitória sobre a secreção de GnRH, sem alterar sua síntese. Já Sosa et al. (2004) observaram que, em ovelhas subalimentadas (50% da manutenção), houve diminuição da sensibilidade do endométrio à ação da progesterona.

O BEN provoca mudanças nos metabólitos e hormônios metabólicos. A baixa concentração de insulina causa mobilização de gordura (energia) a qual é direcionada para a glândula mamária. No fígado, a baixa concentração de insulina induz à gliconeogênese. A mobilização de gordura leva a um aumento na concentração circulante de ácidos graxos não esterificados (AGNE) que, no fígado, podem sofrer

oxidação, podendo fornecer energia ou transformarem-se em corpos cetônicos. Os AGNE podem ser utilizados como fonte de energia alternativa para outros tecidos. O aumento na concentração de AGNE pode levar ao quadro de fígado gorduroso. Por outro lado, a concentração do hormônio do crescimento (GH) aumenta, e a de IGF-I diminui (Tamminga, 2006).

Durante o período inicial da lactação, o fígado se torna refratário ao hormônio do crescimento (GH) (Vicini et al., 1991, citados por Butler et al., 2003), havendo redução drástica de IGF-I. A concentração hepática de receptores para GH tem correlação positiva com o nível nutricional e com a concentração plasmática de IGF-I. O declínio de IGF-I na circulação inicia-se duas semanas pré-parto em paralelo com o declínio na concentração de insulina. A baixa concentração de insulina reduz a captura de glicose pelos tecidos que respondem à insulina e facilita maior captura pela glândula mamária. O aumento na secreção de GH no pós-parto pode ser devido à baixa concentração de IGF-I, considerado o principal inibidor da secreção de GH. A secreção de IGF-I é parcialmente controlada pelo *status* nutricional (consumo de energia e proteína em relação às exigências). Os IGF encontrados nos ovários são de origem hepática, autócrinas e parácrinas. O IGF estimula a função ovariana agindo em sinergia com as gonadotrofinas, promovendo crescimento e esteroidogênese nas células ovarianas. As ações dos IGF-I e II são controladas pelas proteínas ligadoras de IGF (IGFBP), que se originam do sangue ou são sintetizadas nos folículos. A degradação e as sínteses diferenciadas de IGFBP são mecanismos importantes na regulação da quantidade de IGFBPs. A quantidade relativa de IGFBP pode, em última instância, determinar a ação ovariana do IGF (Lucy, 2000).

Em vacas leiteiras de alta produção e em lactação, o desenvolvimento de folículos dominantes ocorre logo no período após o parto, mas a funcionalidade destes depende do *status* energético, quando há o surgimento destes folículos e da concentração de IGF-I (Beam e Butler, 1998). As gonadotrofinas também são importantes, principalmente o LH. Como ocorre um déficit energético, há necessidade de um alto consumo de energia visando minimizar este déficit.

A concentração de FSH nas vacas em anestro nutricional não foi limitante para o crescimento folicular, visto que infusão de GnRH com frequência de um pulso por hora induziu ao crescimento folicular e à atividade luteal em vacas de corte em anestro (Bishop e Wettemann, 1993; Vizcarra et al., 1997).

Sendo o BEN a principal causa no atraso do reaparecimento do ciclo estral em vacas de leite de alta produção (Lucy, 2003) e a glicose o principal fator limitante, trabalhos têm sido desenvolvidos visando aumentar a concentração de precursores de glicose e/ou aumentar a concentração de insulina. Neste sentido, Gong (2002) trabalhou com duas populações de vacas leiteiras selecionadas por 20 anos para alta ou baixa produção de leite com diferença de 20% na produção de 305 dias. Entre os dois grupos genéticos, não foram observadas diferenças nas concentrações de FSH e no padrão de crescimento folicular, mas a primeira ovulação foi postergada no grupo de alta produção. Gong (2002) mencionou também que a concentração basal de LH, a

frequência de pulso de LH e a concentração de progesterona após ovulação induzida pelo GnRH foram mais baixas nas vacas de alta do que nas de baixa produção. As diferenças foram associadas às baixas concentrações plasmáticas de insulina e IGF-I.

Em um experimento em que as vacas dos dois grupos genéticos receberam dietas isoenergéticas e isonitrogenadas, mas que levavam à maior produção de acetato ou propionato, ou seja, dietas que levaram a uma menor ou maior liberação de insulina, respectivamente, foi observado que, até o 50^o dia pós-parto, a dieta que aumentou a produção de insulina diminuiu o período parto-primeira ovulação nos dois grupos genéticos. Foi também observada redução nos intervalos parto-primeiro serviço e parto-gestação, mas não houve efeito nas taxas de gestação ao primeiro serviço e no número de serviço por gestação. Quando avaliaram até 100 dias pós-parto, a dieta que propiciou o aumento de insulina não só teve efeito na primeira ovulação pós-parto (28 vs 40 dias nas vacas de alta produção e 18 vs 27 dias nas vacas de baixa produção) e nos intervalos parto-primeiro serviço e parto-gestação, como também aumentou a taxa de gestação (33 vs 12% nas vacas de alta produção e 50 vs 20% nas de baixa produção) e reduziu o número de serviço por gestação. Além de não afetar as concentrações e os padrões de secreção de FSH e LH, a dieta não afetou a produção de leite, o peso corporal e o escore da condição corporal durante o período experimental, sugerindo um efeito direto da dieta nos ovários. Vacas de leite alimentadas com dietas que aumentem a concentração circulante de insulina na fase inicial da lactação podem melhorar o desempenho reprodutivo.

Garnsworthy et al. (2008) alimentaram vacas de alta produção (43kg de leite por dia) com dietas contendo diferentes quantidades de amido e gordura. Eles observaram aumento na relação insulina/glucagon com o aumento do amido e diminuição da gordura, alcançando o pico com 159g de amido e 43g de gordura por kg de MS da dieta. Os autores mencionaram ainda que os efeitos da insulina foram independentes do balanço energético. Sugeriram que uma relação adequada entre insulina e glucagon pode ser obtida fornecendo às vacas dietas contendo pelo menos 160g de amido e no mínimo 44g de gordura/kg de MS da dieta. Relataram ainda que quantidades elevadas de amido podem levar a problemas no desenvolvimento de oócitos e baixar a concentração de progesterona.

4 - ADIÇÃO DE GORDURA

Fontes concentradas de energia, como gordura, sementes de oleaginosas ou óleos derivados delas, têm sido utilizadas com diferentes resultados tanto na produção quanto na reprodução de vacas de leite e de corte (Staples et al., 1998). Efeitos do consumo de gordura no rúmen quanto à produção de ácidos graxos voláteis dependem da quantidade e do grau de saturação da gordura. Gorduras saturadas ou altamente poli-insaturadas passam pelo rúmen tendo pouco efeito na fermentação ruminal e na digestibilidade da matéria seca comparadas às gorduras insaturadas (Williams, 2001).

Óleos vegetais poli-insaturados aumentaram a concentração de insulina no plasma, a qual pode ser a mediadora do crescimento folicular diretamente ou indiretamente, interagindo com receptores de IGF-I. Houve também aumento do GH que, aparentemente, levou a um acúmulo de IGF-I nos folículos grandes e médios, sem alterar o IGF-I circulante (Williams, 2001).

A utilização de gordura em dietas de vacas pode melhorar o desempenho reprodutivo, independente de sua contribuição energética *per se*, pois os ácidos graxos podem modificar algumas vias específicas e influenciar o metabolismo de alguns hormônios que modulam os processos metabólicos no ovário, especialmente em vacas mais magras (Ryan et al., 1995; Lammoglia et al., 1996; Thomas e Williams, 1996; Williams e Stanko, 2000). Os mecanismos pelos quais a suplementação melhora o desempenho reprodutivo parecem envolver, principalmente, aumento na capacidade funcional do ovário. A utilização de gordura também aumenta a concentração de progesterona circulante e a vida útil do corpo lúteo (Williams, 1990; Ryan et al., 1995; Lammoglia et al., 1996).

O colesterol circulante é o substrato primário para a síntese de progesterona pelo corpo lúteo nos mamíferos. A síntese de novo, a partir do acetato no tecido luteínico, é inadequada para manter as funções luteínicas normais (Williams e Stanko, 2000). O crescimento folicular foi afetado pela suplementação com gordura, aumentando de 1,5 a 5 vezes o número de folículos de tamanho médio entre três a sete semanas pós-parto (Wehrman et al., 1991; Ryan et al., 1995; Thomas et al., 1997). A gordura suplementar estimulou o crescimento folicular aumentando o número de folículos e o tamanho do folículo pré-ovulatório (Mattos et al., 2000). As maiores respostas em termos de crescimento folicular foram obtidas com a adição de pelo menos 4% da matéria seca de óleo vegetal (Thomas e Williams, 1996; Stanko et al., 1997) ou com valores próximos a 400 gramas de gordura suplementar, especialmente provenientes de óleos vegetais (Wehrman et al., 1991; Ryan et al., 1995). Artunduaga (2009) alimentou novilhas da raça Holandês pré e pós-parto com dietas contendo farelo de soja (controle), soja tostada ou gordura protegida. A autora observou maior concentração de insulina e glicose no grupo suplementado com gordura protegida. As concentrações de AGNE foram maiores no grupo-controle do que nos outros dois ($p < 0,05$). As concentrações de IGF-I foram maiores nos grupos soja tostada e gordura protegida. A adição de gordura protegida foi associada a melhores perfis metabólico e hormonal e aceleração do retorno à atividade ovariana cíclica pós-parto.

Os ácidos graxos essenciais contidos na alimentação podem fazer a diferença quanto à resposta nos índices reprodutivos das fêmeas bovinas. O caroço de algodão assim como o de soja e o de girassol são fontes de ácidos graxos como o ácido linoleico (C18:2) e o eicosapentaeinoico (AEP, C20:5), os quais podem ser convertidos em ácido araquidônico (C20:4), que é o precursor das prostaglandinas (PGFs). A conversão do ácido araquidônico à $PGF_2\alpha$ é controlada por uma enzima-chave, a prostaglandina endoperóxido sintetase (PGHS). A maior disponibilidade de AEP pode diminuir a síntese de $PGF_2\alpha$ pelo útero, competindo pela PGHS. Outro ácido graxo, o docosaenoico (ADH C22:6) é um potente inibidor da PGHS (Thatcher et al., 2004).

Ácidos linoleico e linolênico são classificados como essenciais e devem ser fornecidos na dieta (Staples et al., 1998).

5 – PROTEÍNA

A proteína bruta (PB) engloba a proteína degradável (PDR) e a proteína não degradável no rúmen (PNDR), sendo que a PDR fornece o nitrogênio utilizado pelos microrganismos, os quais darão origem às proteínas microbianas. O suprimento de nutrientes aminogênicos para ruminantes advém da PDR e da PNDR, que são, então, divididas em aminoácidos e não aminoácidos (e.g. ácidos nucleicos). Quanto da PDR é convertida em proteína microbiana depende da concentração de PB na dieta; quanto de PB é degradável no rúmen depende da disponibilidade de carboidrato degradável e da eficiência de produção de proteína microbiana (Tamminga, 2006).

O aumento no consumo de PB eleva a concentração de ureia circulante no sangue (nitrogênio ureico no sangue - NUS). O excesso de PDR leva a excesso de NH₃, que se difunde para o sangue do sistema porta e, no fígado, será transformado em ureia. A ureia é altamente solúvel em água e se dispersa por todo o corpo (fluido ruminal, sangue, leite, líquidos folicular e uterino).

A quantidade de aminoácidos no sangue se deve às proteínas microbianas, às PNDR e ao metabolismo das reservas de proteína corporal. Os aminoácidos não utilizados são deaminados no fígado, assim como a amônia absorvida pelo rúmen é metabolizada no fígado e também convertida em ureia. Pelo visto, pode-se diminuir a produção de amônia diminuindo-se a quantidade de PDR, mas o que conta é o somatório do que leva à produção de ureia no organismo e quanto de ureia há no sangue. O nitrogênio ureico no leite pode ser quantificado como o é no sangue (Kaufmann, 1981; Butler et al., 1996; Westwood et al., 1998), sendo uma informação importante para avaliar, em parte, o metabolismo do nitrogênio da dieta.

A deficiência proteica em dietas isoenergéticas causou redução no ganho de peso pré e pós-parto, redução na porcentagem de vacas demonstrando cio pós-parto, redução na taxa de gestação ao primeiro serviço e aumento no intervalo do parto ao primeiro cio (Dunn e Moss, 1992).

Dieta com alta concentração proteica diminuiu a taxa de gestação (Jordan e Swanson, 1979a; Ferguson e Chalupa, 1989), podendo este efeito ser devido à ação da alta concentração de ureia no ambiente uterino com conseqüente diminuição no seu pH (Jordan et al., 1983; Elrod e Butler, 1993; Elrod et al., 1993), diminuição das concentrações de Mg, K e P e aumento nas de Zn (Jordan et al., 1983) ou na viabilidade e no metabolismo do embrião pré-implantação, bem como no desenvolvimento do feto (McEvoy et al., 1997).

A redução do pH do útero não está bem esclarecida. Rhoads et al. (2004) infundiram ureia no sangue e observaram diminuição do pH uterino, relacionando-a ao efeito da

anidrase carbônica. Hammon et al. (2005), discutindo a literatura, mencionaram que a mudança no pH uterino poderia ser o resultado na mudança da relação $\text{NH}_3\text{-NH}_4$ no fluido uterino. O aumento na concentração de NH_4^+ em relação à NH_3 no fluido uterino diminuiria o pH. Mencionaram ainda o envolvimento da síntese de glutamina, a qual é um mecanismo rápido e importante para manter as concentrações de NH_3 no sangue e é responsável por um terço da desintoxicação de NH_3 . A glutamina serve como um mecanismo de transporte atóxico e um sistema de “backup” de alta afinidade para o ciclo da ureia, carreando NH_3 para o fígado para a síntese de ureia ou para outro tecido para a síntese de aminoácidos.

Os oócitos de novilhas alimentadas com dieta para aumentar a concentração de amônia dividiram-se menos ($p < 0,05$) e tiveram menor taxa de produção de blastocistos ($p = 0,06$), indicando que a exposição a altas concentrações de amônia ou ureia *in vivo* pode comprometer a capacidade de o oócito se desenvolver em blastocisto *in vitro*. Foi observado também que oócitos recuperados de folículos médios foram mais sensíveis ao efeito da alta concentração de amônia (Sinclair et al., 2000). Hammon et al. (2000) observaram que a amônia afetou o desenvolvimento de embriões *in vitro* por até 10 dias após a fertilização. Ocon e Hansen (2003) também constataram que dietas com altas concentrações de proteína degradável comprometeram a fertilidade pela ação direta da ureia no oócito, alterando o pH uterino. Leroy et al. (2004) observaram que as concentrações de ureia no líquido folicular acompanharam as concentrações plasmáticas no período pós-parto de vacas leiteiras de alta produção.

Hammon et al. (2005) demonstraram que concentrações elevadas de NUS resultaram em concentrações também elevadas de amônia e ureia no líquido folicular no dia do estro e no fluido uterino na fase luteal do ciclo estral. Rhoads et al. (2006) observaram que o efeito de alta concentração de NUS se deu antes da colheita (sete dias pós-inseminação), visto que as taxas de gestação foram menores com embriões advindos de doadoras com altas concentrações de NUS, os quais foram transferidos para receptoras com concentrações de NUS normais ou altas.

Laven et al. (2004) observaram que vacas leiteiras não lactantes alimentadas com concentrações elevadas de nitrogênio rapidamente degradável 10 dias antes da inseminação não tiveram o desenvolvimento folicular e o crescimento do embrião afetados.

Embora Jordan e Swanson (1979b) tenham relatado aumento na concentração de LH devido ao uso de dietas com altas concentrações de proteína, outros não observaram diferenças (Elrod e Butler, 1993; Dawuda et al., 2004). Jordan e Swanson (1979b) também observaram que as vacas ingerindo alta concentração de proteína liberaram mais LH após injeção de GnRH. Foi também constatado que o aumento de N-ureico bloqueou a ligação do LH aos seus receptores no corpo lúteo.

Quanto ao efeito do excesso de proteína na concentração de progesterona, Jordan e Swanson (1979b), Sonderman e Larson (1989) mencionaram diminuição, ao passo que Jordan et al. (1983) e Dawuda et al. (2004) não observaram diferenças nas

concentrações de progesterona quando forneceram dieta com 17,5% de proteína e suplementação ou não de 250g da ureia por dia, iniciando 10 dias antes da inseminação e prosseguindo até o 17^o dia pós-inseminação.

Entre os hormônios que podem ser alterados pela nutrição, a leptina tem sido muito estudada. A leptina é produzida pelos adipócitos e age no hipotálamo, na hipófise, no pâncreas e nos ovários, tendo papel importante na comunicação do *status* nutricional ao sistema nervoso central, incluindo os centros que controlam a reprodução (Williams et al., 2002). A ação da leptina modulando a secreção de LH parece ser, em parte, por ação direta na adeno-hipófise e depende do *status* nutricional do animal, como observado por Amstalden et al. (2003) em estudo *in vitro*.

Segundo Williams et al. (2002), a produção de leptina e/ou concentração circulante foi aumentada pela glicose, insulina, estradiol, cortisol, pelo aumento do fotoperíodo, e diminuída devido ao jejum, à baixa proporção de gordura em relação à massa corporal e ao hormônio do crescimento, entre outros fatores.

As mudanças na concentração de leptina e na expressão do seu mRNA foram associadas ao início da puberdade em novilhas, indicando que a leptina parece ser uma ligação importante entre o *status* metabólico e o eixo neuroendócrino (Barb e Kraeling, 2004).

Animais muito gordos podem ter excesso de leptina, e quadro de hiperleptinemia tem sido associado com disfunção testicular e ovárica. Spicer e Francisco (1998) observaram que a leptina tem efeito inibitório em ovários de vacas.

6 - CONDIÇÃO CORPORAL

A avaliação da condição corporal (CC) é uma técnica subjetiva para se estimar a quantidade de gordura e depende do treinamento e da habilidade de cada avaliador, tendo alta repetibilidade entre avaliadores. Estudos têm demonstrado relação entre a condição corporal e a reserva de gordura estocada no corpo. No início da lactação, vacas de maior produção secretam maior quantidade de energia no leite do que consomem na dieta. Esta diferença advém de reservas energéticas dos tecidos. Ferguson e Otto (1989), citados por Chandler (1997), avaliaram a condição corporal, mediram a circunferência torácica e pesaram vacas leiteiras e, após o abate, tiraram amostras entre a 9^a e a 12^a costela para análise.

A matéria seca do tecido aumentou de 30 a 52%, e a gordura (extrato etéreo) variou ao inverso da proteína e das cinzas nas vacas com CC de 1 a 4. A gordura na matéria seca das vacas com condição corporal 4 e 5 foi maior que 70%. À medida que a CC aumentou, a água, a proteína e as cinzas se mantiveram relativamente constantes, a não ser a água na CC 5. A maior contribuição no aumento de peso e CC foi da gordura, sendo este aumento quase exponencial, com um aumento médio de 61kg de gordura por unidade de aumento na CC. Isto significa que o potencial de produzir leite

a partir de gordura é maior quando as vacas têm CC mais elevada (Chandler, 1997) (Tabela1).

Tabela 1. Valores médios de peso e composição corporal conforme a condição corporal de vacas leiteiras.

Condição corporal	1	2	3	4	5
Vacas (n)	12	12	18	9	5
Idade (anos)	8	6,5	5,7	4,9	4,4
Peso (kg)	443	498	566	638	743
Circunferência torácica (cm)	189,3	189,4	197,7	204,3	214,8
Matéria seca	30,06 ^a	35,5 ^b	42,99 ^c	52,56 ^d	52,67 ^d
Proteína*	61,74 ^a	55,29 ^a	39,41 ^b	25,45 ^c	23,75 ^c
Extrato etéreo	35,31 ^a	41,04 ^a	58,14 ^b	72,95 ^c	74,54 ^c
Cinzas	3,14 ^a	2,93 ^a	2,07 ^b	1,34 ^c	1,12 ^c

Valores seguidos por letras diferentes na linha diferem ($p < 0,05$).

Fonte: Ferguson e Otto (1989) citados por Chandler (1997).

Ferreira et al. (2000) observaram que vacas mestiças com boa condição corporal ao parto e que foram submetidas à restrição alimentar e perderam peso (15,2%) até 90 dias ou (16,3%) até 180 dias pós-parto não foram afetadas quanto ao retorno à atividade ovariana cíclica.

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se fornece alimentação adequada, estimula-se o hipotálamo a secretar GnRH que, por sua vez, estimula síntese e liberação de LH pela hipófise. A resposta hipotalâmica quanto à liberação de GnRH depende do *status* nutricional do animal, que influencia a produção de hormônios como insulina, IGF-I e leptina. A liberação de LH é influenciada negativamente pelo NPY, que tem sua concentração elevada em casos de subnutrição. A subnutrição assim como a presença da cria aumentam a sensibilidade do hipotálamo ao efeito negativo do estradiol sobre o LH, diminuindo a concentração circulante do LH bem como de insulina e de IGF-I, não havendo, desta forma, estímulos necessários ao crescimento folicular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, B.; TARNAYSKY, G.H.; PLATT, T.E. et al. Nursing enhance the negative effect of estrogen on LH release in the cow. *J. Anim. Sci.* v.57, p.1530-1537, 1983.
- AMSTALDEN, M.; ZIEBA, D.A.; EDWARDS, J.F. et al. Leptin acts at the bovine adenohipophysis to enhance basal and gonadotropin-releasing hormone mediated release of luteinizing hormone: differential effects are dependent upon nutritional history. *Biol. Reprod.*, v.69, p.1539-1544, 2003.

ARTUNDUAGA, M.A.T. *Efeito de dietas com fontes lipídicas e gliconeogênicas no período de transição de primíparas leiteiras sobre: perfil metabólico, produção de leite e reprodução.* 2009. 95f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

BARB, C.R.; KRAELING, R.R. Role of leptin in regulation of gonadotropin secretion in farm animals. *Anim. Reprod. Sci.* v.83, p.155-167, 2004.

BEAM, S.W.; BUTLER, W.R. Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.121-131, 1998.

BERTICS, S.J.; GRUMMER, R.R.; CADORNIGA-VALINO, C. et al. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.1914-1922, 1992.

BISHOP, D.K; WETTEMANN, R.P. Pulsatile infusion of gonadotropin-releasing hormone initiates luteal activity in nutritionally anestrous beff cows. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.2714-2720, 1993.

BROWN, B.W. A review of nutritional influence on reproduction in boars, bulls and rams. *Reprod. Nutr. Dev.*, v.34, p.89-114, 1994.

BUTLER, S.T.; MARR, A.L.; PELTON, S.H. et al. Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy balance in dairy cattle: effects on expression of IGF-I and GH receptor 1 A. *J. Endocrinology*, v.176, p.205-217, 2003.

BUTLER, W.R.; CALAMAN, J.J.; BEAM, S.W. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.858-865, 1996.

BUTLER, W.R.; SMITH, R.D. Interrelationships between energy balance on pospartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* v.72, p.767-783, 1989.

CHANDLER, P. Body condition score can influence milk production, reproduction. *Feedstuffs*, Dec. 8, p.10,11,27, 1997.

DAWUDA, P.M.; SCAIFE, J.R.; HUTCHINSON, J.S.M. et al. Mechanisms linking under-nutrition and ovarian function in beef heifers. *Anim. Reprod. Sci.*, v.74, p.11-26, 2002.

DAWUDA, P.M.; SCARAMUZZI R.J.; DREW, S.B. et al. The effect of a diet containing excess quickly degradable nitrogen (QDN) on reproductive and metabolic hormonal profiles of lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v.81, p.195-208, 2004.

DAY, M.L.; IMAKAWA, K.; GARCIA, M. et al. Effects of restriction of dietary energy intake during the prepubertal period on secretion of luteinizing hormone and

responsiveness of the pituitary to luteinizing hormone-releasing hormone in heifers. *J. Anim. Sci.* v.62, p.1641-1648, 1986.

DISKIN, M.G.; MACKEY, D.R.; ROCHE, J.F. et al. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, v.78, p.345-370, 2003.

DUNN, T.G.; MOSS, G.E. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.1580-1593, 1992.

ELROD, C.C.; BUTLER, W.R. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.694-701, 1993.

ELROD, C.C.; VAN AMBURGH, M.; BUTLER, W.R. Alterations of pH in response to increased dietary protein in cattle are unique to the uterus. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.702-706, 1993.

FERGUSON, J.D.; CHALUPA, W. Symposium: interactions of nutrition and reproduction. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* v.72, p.746-766, 1989.

FERREIRA, A.M.; VIANA, J.H.M.; SÁ, W.F. et al. Restrição alimentar e atividade ovariana luteal cíclica pós-parto em vacas Girolanda. *Pesq. Agropec. Bras.* v.35, p.2521-2528, 2000.

GARNWORTHY, P.C.; LOCK, A.; MANN, G.E. et al. Nutrition, metabolism, and fertility in dairy cows: 1. dietary energy source and ovarian function. *J. Dairy Sci.*, v.91, p.3814-3823, 2008.

GASSER, C.L.; BURKE, C.R.; MUSSARD, M.L. et al. Induction of precocious puberty in heifers II: Advanced ovarian follicular development. *J. Anim. Sci.*, v.84, p.2042-2049, 2006a.

GASSER, C.L.; GRUM, D.E.; MUSSARD, M.L. et al. Induction of precocious puberty in heifers 1: enhanced secretion of luteinizing hormone. *J. Anim. Sci.*, v.84, p.2035-2041, 2006b.

GONG, J.G. Influence of metabolic hormones and nutrition on ovarian follicle development in cattle: practical implications. *Domest. Anim. Endocrinol.*, v.23, p.229-241, 2002.

HAMMON, D.S.; HOLYOAK, G.R. DHIMAN, T.R. Association between blood plasma urea nitrogen levels and reproductive fluid urea nitrogen and ammonia concentration in early lactation dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v.86, p.195-204, 2005.

HAMMON, D.S.; WANG, S.; HOLYOAK, G.R. Effects of ammonia on development and viability of preimplantation bovine embryos. *Anim. Reprod. Sci.*; v.59, p.23-30, 2000.

HARDING, J.E.; JOHNSTON, M. Nutrition and fetal growth. *Reprod. Nutr. Dev.*, v.7, p.539-547, 1995.

IMAKAWA, K.; DAY, M.L.; GARCIA-WINDER, M. et al. Endocrine changes during restoration of estrous cycles following induction of anestrus by restricted nutrient intake in beef heifers. *J. Anim. Sci.*, v.63, p.565-571, 1986.

IMAKAWA, K.; DAY, M.L.; ZALESKY, D.D. et al. Effects of 17β estradiol and diets varying in energy on secretion of luteinizing hormone in beef heifers. *J. Anim. Sci.*, v.64, p.805-815, 1987.

JORDAN, E.R.; CHAPMAN, T.E.; HOLTAN, D.W. et al. Relationship of dietary crude protein to composition of uterine secretions and blood in high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.66, p.1854-1863, 1983.

JORDAN, E.R.; SWANSON, L.V. Effect of crude protein on reproduction efficiency, serum total protein, and albumin in the high-producing dairy cow. *J. Dairy Sci.*, v.62, p.58-63, 1979a.

JORDAN, E.R.; SWANSON, L.V. Serum progesterone and luteinizing hormone in dairy cattle fed varying levels of crude protein. *J. Anim. Sci.*, v.48, p.1154-1158, 1979b.

KAUFMANN, W. The significance of using special proteins in farm lactation (also with regard to the fertility of the cow). In: SYMPOSIUM ON OBSERVATIONS ON THE PRACTICAL USE OF NEW SOURCES OF PROTEIN IN RELATION TO ENERGY SUPPLY FOR HIGH PRODUCTION OF MILK AND MEAT, 1981, Geneva. Rome: FAO, 1981. 35p.

KINDER, J.E.; BERGFELD, E.G.M.; WEHRMAN, M.E. et al. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, n.49, p.393-407, 1995.

LAMMOGLIA, M.A.; WILLARD, S.T.; OLDHAM, J.R. et al. Effects of fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and on hormonal, cholesterol, triglycerides, follicular patterns, and postpartum reproduction in Brahman cows. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.2253-2262, 1996.

LAVEN, R.A.; DAWUDA, P.M.; SCARAMUZZI, R.P. et al. The effect of feeding diets high in quickly degradable nitrogen on follicular development and embryo growth in lactating Holstein dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v.84, p.41-52, 2004.

LEROY, J.L.M.R.; OPSOMER, G.; VAN SOOM, A. et al. Reduced fertility in high yielding dairy cows: are the oocyte and embryo in danger? Part I. The importance of negative energy balance and altered corpus luteum function to the reduction of oocyte

and embryo quality in high yielding dairy cows (review). *Reprod. Domest. Anim.*, v.43, p.612-622, 2008.

LEROY, J.L.M.R.; VANHOLDER, T.; DELANGE, J.R. et al. Metabolic changes in follicular fluid of the dominant follicle in high-yielding dairy cows early post partum. *Theriogenology*, v.62, p.1131-1143, 2004.

LUCY, M.C. Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reproduction Suppl.* v.61, p.415-427, 2003

LUCY, M.C. Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1635-1647, 2000.

LUCY, M.C.; STAPLES, C.R.; MICHEL, F.M. et al. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.473-482, 1991.

MATTOS, R.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev. Reprod.*, v.5, p38-45, 2000.

McEVOY, T.G.; ROBINSON, J.J.; AITKEN, R.P. et al. Dietary excesses of urea influence the viability and metabolism of preimplantation sheep embryos and may affect fetal growth among survivors. *Anim. Reprod. Sci.*, v.47, p.71-90, 1997.

McSHANE, T.M.; MAY, T.; MINER, J.L. et al. Central actions of neuropeptide-Y may provide a neuromodulatory link between nutrition and reproduction. *Biol. Reprod.*, v.46, p.1151-1157, 1992.

MIHM, M.; BLEACH, E.C.L. Endocrine regulation of ovarian antral follicle development in cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, v.78, p.217-237, 2003.

MORROW, D.A.; SWANSON, L.V.; HOFES, H.D. Estrous behaviour and ovarian activity in prepuberal heifers. *Theriogenology*, v.6, p.427-434, 1976.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6.ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989. 157p.

NETT, T.M. Function of the hypothalamic-hypophysal axis during the post-partum period in ewes and cows. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, n.34, p.201-213, 1987.

O'CALLAGHAN, D.; BOLAND, M.P. Nutritional effects on ovulation, embryo development and the establishment of pregnancy in ruminants. *Anim. Sci.*, v.68, p.299-314, 1999.

OCON, O.M. HANSEN, P.J. Disruption of bovine oocytes and preimplantation embryos by urea an acidic pH. *J. Dairy Sci.*, v.86, p.1194-1200, 2003.

PRADO, T.M.; WETTEMANN, R.P.; SPICER, L.J., et.al. Influence of exogenous gonadotropin releasing hormone on ovarian function in beef cows after short term nutritionally induced anovulation. *J. Anim. Sci.*, v.80, p.3268-3276, 2002.

RHOADS, M.L.; GILBERT, R.O.; LUCY, M.C. et al. Effects of urea infusion on the uterine luminal environment of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.87, p.2896-2901, 2004

RHOADS, M.L.; RHOADS, R.P.; GILBERT, R.O. et al. Detrimental effects of high plasma urea nitrogen levels on viability of embryos from lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v.91, p.1-10, 2006.

RHODES, F.M.; ENTWISTLE, K.W.; KINDER, J.E. Changes in ovarian function and gonadotropin secretion preceding the onset of nutritionally induced anestrus in *Bos indicus* heifers. *Biol. Reprod.*, v.55, p.1437-1443, 1996.

RHODES, F.M.; FITZPATRICK, L.A.; ENTWISTLE, K.W. et al. Sequential changes in ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* heifers before and after nutritional anoestrus. *J. Reprod. Fertil.*, v.104, p.41-49, 1995.

ROBERSON, M.S.; WOLFE, M.W.; STUMPF, L.A. Influence of growth rate and exposure to bulls on age at puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* v.69, p.2092-2098, 1991.

ROBERTS, A.J.; NUGENT, R.A.; KLINDT, J. et al. Circulating insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor binding proteins, growth hormone, and resumption of estrus in postpartum cows subjected to dietary energy restriction. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.1909-1917, 1997.

ROBINSON, J.J.; SINCLAIR, K.D.; McEVOY, T.G. Nutritional effects on foetal growth. *Anim. Sci.*, v.68, p.315-331, 1999.

RYAN, D.P.; BAO, B.; GRIFFITH, M.K. et al. Metabolic sequelae to heightened dietary fat intake in undernourished, anestrus beef cows induced to ovulate. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.2086-2093, 1995.

SATURNINO, H.M. *Effects of level of winter feed supplementation on puberty and subsequent reproduction in Brahman heifers*. 1981. 103f. Dissertation (MSc) – University of Florida, Gainesville.

SCHILLO, K.R. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.1271-1282, 1992.

SIMPSON, R.B.; CHASE, C.C.; HAMMOND, A.C. et al. Average daily gain, blood metabolites and body composition at first conception in Hereford, Senepol, and reciprocal crossbred heifers and two summer grazing treatments. *J. Anim. Sci.*, v.76, p.396-403, 1998.

SINCLAIR, K.D.; KURAN, M.; GEBBIE, F.E. et al. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: II. Development of oocytes recovered from heifers offered diets differing in their rate of nitrogen release in the rumen. *J. Anim. Sci.*, v.78, p.2670-2680, 2000.

SONDERMAN JP, LARSON LL. Effect of dietary protein and exogenous gonadotropin-releasing hormone on circulating progesterone concentrations and performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v.72, p.2179-2183, 1989.

SOSA, C.; LOZANO, J.M.; VIÑOLES, C. et al. Effect of plane of nutrition on endometrial sex steroid receptor expression in ewes. *Anim. Reprod. Sci.*, v.84, p.337-348, 2004.

SPARKE, E.J.; LAMOND, F.D.R. The influence of supplementary feeding on growth and fertility of beef heifers grazing natural pastures. *Aust. J. Agric. Anim. Husb.*, v.8, p.425-433, 1968.

SPICER, L.J.; FRANCISCO, C.C. Adipose obese product, leptin, inhibits bovine ovarian thecal cell steroidogenesis. *Biol. Reprod.*, v.58, p.207-212, 1998.

STANKO, R.L.; FAJERSSON, P.; CARVER, L.A. et al. Follicular growth and metabolic changes in beef heifers fed incremental amounts of polyunsaturated fat. *J. Anim. Sci.*, v.75, suppl.1, p.223, 1997. (Abstract).

STAPLES, C.R.; BURKE, J.M.; THATCHER, W.W. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.856-871, 1998.

TAMMINGA, S. The effect of the supply of rumen degradable protein and metabolisable protein on negative energy balance and fertility in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, v.96, p.227-239, 2006.

THATCHER, W.W.; STAPLES, C.R.; MacLAREN, L. et al. Efeitos biológicos dos lipídios em parâmetros reprodutivos de vacas leiteiras em lactação. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 8., Uberlândia, MG. *Anais...* Uberlândia: Conapec Jr; Botucatu: UNESP, 2004. p.115-132.

THOMAS, M.G.; BAO, B.; WILLIAMS, G.L. Dietary fats varying in their fatty acid composition differentially influence follicular growth in cows fed isoenergetic diets. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.2512-2519, 1997.

THOMAS, M.G.; WILLIAMS, G.L. Metabolic hormone secretion and FSH-induced superovulatory responses of beef heifers fed dietary fat supplements containing predominantly saturated or polyunsaturated fatty acids. *Theriogenology*, v.45, p.451-458, 1996.

VIZCARRA, J.A.; WETTEMANN, R.P.; BRADEN, T.D. et al. Effect of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) pulse frequency on serum and pituitary concentrations of luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone, GnRH receptors, and messenger

- ribonucleic acid for gonadotropin subunits in cows. *Endocrinology*, v.138, p.594-601, 1997.
- WALLACE, J.M.; AITKEN, R.P.; CHEYNE, M.A. Nutrient partitioning and fetal growth in rapidly growing adolescent ewes. *J. Reprod. Fertil.*, v.107, p.183-190, 1996.
- WARNICK, A.C.; BURNS, W.C.; ROGER, M. et al. Puberty in english, Brahnam and crossbred breed heifers. *Proc. Assoc. South Agric. Workers*, p.95, 1956.
- WEBB, R.; ARMSTRONG, D.G. Control of ovarian function; effect of local interactions and environmental influences on follicular turnover in cattle: A review. *Livest. Prod. Sci.*, v.53, p.95-112, 1998.
- WEBB; R.; GARNSWORTHY, P.C.; GONG, J.G. et al. Control of follicular growth: Local interactions and nutritional influences. *J. Anim. Sci.*, v.82, suppl. E, p.E63-E74, 2004.
- WEBB; R.; GOSDEN, R.G.; TELFER, E.E. et al. Factors affecting folliculogenesis in ruminants. *Anim. Sci.*, v.68, p.257-284, 1999.
- WEHRMAN, M.E.; WELSH JÚNIOR, T.H.; WILLIAMS, G.L. Diet induced hyperlipidemia in cattle modifies the intrafollicular cholesterol environment, modulates ovarian follicular dynamics and hastens the onset of postpartum luteal activity. *Biol. Reprod.*, v.45, p.514-523, 1991.
- WESTWOOD, C.T.; LEAN, I.J.; KELLAWAY, R.C. Indications and implications for testing of milk urea in dairy cattle: a quantitative review. Part 2. Effect of dietary protein on reproductive performance. *N.Z. Vet. J.*, v.46, p.123-140, 1998
- WILLIAMS, G.L. Suckling as a regulator of pospartum rebreeding in cattle: A review. *J. Anim. Sci.*, v.68, p.831-852, 1990.
- WILLIAMS, G.L. Suplementação de gordura na dieta como estratégia para aumento da eficiência reprodutiva em bovinos. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 5., 2001, Uberlândia, MG. *Anais...* Uberlândia: Conapec Jr; Botucatu: UNESP, 2001. p.93-101.
- WILLIAMS, G.L.; AMSTALDEN, M.; GARCIA, M.R. et al. Leptin and its role in the central regulation of reproduction in cattle. *Domest. Anim. Endocrinol.*, v.23, p.339-349, 2002.
- WILLIAMS, G.L.; STANKO, R.L. Dietary fats as a reproductive nutraceuticals in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, v.77, p.1-12 2000.
- WILTBANK, J.N.; GREGORY, K.E.; SWIGER, J.E. et al. Effect of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. *J. Dairy Sci.*, v.25, p.733-739, 1969.