

**CRISTINA MICHELS GODINHO DAL MOLIN
JOSÉ ANTÔNIO DA SILVA SANTOS
RODOLFO MICHELS GODINHO**

**COLETÂNEA DE TCC'S DO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DO
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVINTE**

1

ORGANIZAÇÃO

CRISTINA MICHELS GODINHO DAL MOLIN

JOSÉ ANTÔNIO DA SILVA SANTOS

RODOLFO MICHELS GODINHO

**COLETÂNEA DE TCC'S DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DO
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVINTE – 1**



CAPIVARI DE BAIXO

2022

Editora FUCAP – 2022.

Título: Coletânea de TCC's do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Univinte - 1.

Organização: Cristina Michels Godinho Dal Molin; José Antônio da Silva Santos; Rodolfo Michels Godinho.

Capa: Andreza dos Santos.

Revisão: Dos Autores.

Editoração: Andreza dos Santos.

CONSELHO EDITORIAL

Expedito Michels (Presidente)

Emillie Michels

Andreza dos Santos

Dr. Diego Passoni

Dr. José Antônio da Silva

Dr. Nelson G. Casagrande

Dr. Roberto M. da Silveira

Dr. Rodolfo Lucas Bortoluzzi

Dr. Rodrigo Luvizotto

Dra. Jamile Marques

Dr. Hamilcar Boing

Dra. Beatriz M. de Azevedo

Dra. Patrícia de Sá Freire

Dra. Joana Dar'c S. da Silva

Dra. Solange Maria da Silva

Dr. Paulo Cesar L. Esteves

Dra. Adriana C. Pinto Vieira

C683c

Coletânea de TCC's do Curso de Engenharia Civil do Centro
Universitário Univinte - 1. / Cristina Michels Godinho Dal
Molin; José Antônio da Silva Santos; Rodolfo Michels
Godinho. (org.). Capivari de Baixo: Editora FUCAP, 2022.

ISBN: 978-65-87169-40-8

1. Engenharia Civil. I. Dal Molin, Cristina Michels; II. Santos,
José Antônio da Silva. III. Michels, Rodolfo Godinho. IV.
Título.

CDD 624

(Catalogação na fonte por Andreza dos Santos – CRB/14 866).

Editora FUCAP – Avenida Nilton Augusto Sachetti, nº 500 – Santo André, Capivari de Baixo/SC.
CEP 88790-000.

Todos os direitos reservados.

Proibidos a produção total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio.

A violação dos direitos de autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo art. 184 do Código Penal.



Publicado no Brasil – 2022.

CRISTINA MICHELS GODINHO DAL MOLIN

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Sul de Santa Catarina (1994). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Civil. Possui Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade do Sul de Santa Catarina (2010). Tem experiência na área de Engenharia de Segurança do Trabalho. Com especialização em Metodologia do Ensino Superior pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL (2010). Com especialização em Arquitetura de Interiores pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL (2019). Foi professora substituta nas disciplinas de Hidrologia, Instalações Prediais e Urbanas, Física, Instalações Elétricas do Curso de Arquitetura e Urbanismo do CERES - UDESC - Laguna - SC. Trabalhou como Engenheira de Segurança do Trabalho na empresa Iguatemi Consultoria e Serviços de Engenharia LTda, no Terminal Pesqueiro Público de Lagunade setembro de 2015 a outubro de 2017. Engenheira Civil efetiva da Prefeitura Municipal de Laguna, desde março de 2012, locada na SEPLAN. Desde março de 2017 é Professora da Faculdade SENAC de Tubarão nas disciplinas de Desenho de Observação e Geometria Descritiva, Ergonomia, Desenho Técnico, Computação Gráfica I, Instalações Prediais, Conforto Térmico, Luminotécnico e Acústico, Saúde e Segurança do Trabalho nos Cursos de Design de Interiores, Recursos Humanos e Estética e Cosmética. Nomeada Coordenadora do Curso de Design de Interiores da Faculdade Senac Tubarão de outubro de 2017, até junho de 2018. Desde março de 2019 é professora na FUCAP nos cursos de Engenharia Civil e Ambiental nas disciplinas: Mecânica dos solos, Legislação e Ética, Estruturas Metálicas, Fundações, Resistência dos Materiais II, Arquitetura e Urbanismo, Planejamento e Transporte Urbano. Nesta mesma faculdade ministra aula na Pós Graduação em Segurança do Trabalho, disciplina de Projetos e Sistemas Preventivos Contra Incêndios. Coordenada Laboratório de projetos do Curso de Engenharia Civil da FUCAP. Atualmente cursando mestrado na UFSC no POS ARQ (2020 - 2022)

JOSÉ ANTÔNIO DA SILVA SANTOS

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de Blumenau (1989), graduação em Ciências pela Faculdade Porto-Alegrense de Educação (1985), mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (2002) e doutorado em Ciencias de la Educación - Universidad Politécnica y Artística del Paraguay (2006). Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Educação, atuando principalmente nos seguintes temas: educação ambiental, comunidades tradicionais, ecologia humana, desenvolvimento sustentável e monografias- apresentação.

RODOLFO MICHELS GODINHO

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Sul de Santa Catarina (2007) e Pós Graduado em Gestão Ambiental pela Faculdade de Capivari. Coordenador do Curso de Engenharia Civil - Faculdade Capivari. Possui experiência em desenvolvimento de projetos, acompanhamento, planejamento e controle de obras, elaboração de cronograma físico-financeiro e desenvolvimento de indicadores de desempenho.

COLABORADORES

Alessandro de Medeiros
Cristina Michels Godinho Dal Molin
Driele Pereira José
Fernando de Sousa da Rosa
Guilherme Alexandre Zeferino
Joana D'arc de Souza
Jordani Geri Henrique Bett Filho
José Antônio da Silva Santos
Kauana Vaz Franco Crispim
Maicke de Souza Costa
Maik Maria de Farias
Pâmela de Souza Cardoso
Rodolfo Lucas Bortoluzzi
Rodolfo Michels Godinho
Samira de Becker Volpato

APRESENTAÇÃO

A coordenação do Curso de Engenharia Civil da UNIVINTE, vem por meio deste livro, apresentar uma coletânea com artigos científicos oriundos de pesquisas realizadas pelos alunos que concluíram as disciplinas de TCC I e TCC II, logrando êxito em sua apresentação e conseguindo notas para a conquista do grau de Engenheiro Civil Pleno.

Os artigos científicos são construídos através da pesquisa científica, que surge no meio acadêmico por meio da aplicação dos conceitos debatidos e aprendidos em sala de aula, instigando os alunos a realizarem processos para investigar, testar e obter resultados.

A pesquisa científica, por sua vez, proporciona encontrarmos soluções para as diversos problemas, que são relevantes para os meios: acadêmico, profissional e para a sociedade.

Serão apresentados a seguir, trabalhos relacionados as seguintes áreas de concentração:

Engenharia de Projetos e Construção/Tecnologia de Edificações: Análise ou projeto de novos materiais ou técnicas construtivas. Materiais novos ou aperfeiçoamentos para alvenarias de vedação. Soluções, materiais e técnicas no campo das Patologias das Construções. Inovações tecnológicas versus eficiência nos métodos construtivos. Gestão de Resíduos da construção civil como ferramenta de redução de custos. Logística da Cadeia de Suprimentos e controle da organização, serviços e processos em Canteiro de Obras;

Estruturas: Desenvolvimento de estruturas de construção civil. Normalização de materiais ou processos. Gestão de projetos. Desenvolvimento de novas técnicas construtivas. Conservação de Estruturas. Durabilidade de Estruturas. Patologia das Estruturas. Análise Experimental de Componentes Estruturais Isolados. Análise Experimental de Componentes Estruturais em Conjunto. Projetos de construção de estruturas. Viabilização de Estruturas.

Engenharia da Gestão de Obras e Projetos: Análise, Modelagem e Simulação de Projetos e Sistemas Construtivos no âmbito da Engenharia Civil em geral, como fator competitivo. Gestão Financeira de Projetos e Empreendimentos e

Análise de Risco. A Gestão na engenharia civil como ferramenta decisória sobre a viabilidade de empreendimentos. Análise de Demandas por Bens e Serviços.

Rodolfo Michels Godinho
Capivari de Baixo, 2022.

**DESENVOLVER TRAÇOS DO CONCRETO PERMEÁVEL PARA TRÁFEGO LEVE:
ANÁLISE TÉCNICA DO CONCRETO, PERMEABILIDADE E BENEFÍCIOS PARA
DRENAGEM URBANA.....10**

Maik Maria de Farias; Rodolfo Lucas Bortoluzzi; Samira de Becker Volpato.

**ESTUDO COMPARADO ENTRE AS ESTRUTURAS METÁLICAS E ESTRUTURAS
DE CONCRETO ARMADO EM RELAÇÃO AO CUSTO, DURABILIDADE E
MANUTENÇÃO.....30**

*Pâmela de Souza Cardoso; Maicke de Souza Costa; Cristina Michels Godinho Dal
Molin; José Antônio da Silva Santos.*

UTILIZAÇÃO DO DRYWALL NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL47

*Fernando de Sousa da Rosa; Guilherme Alexandre Zeferino; Rodolfo Lucas
Bortolluzzi; Samira Becker Volpato.*

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO CERÂMICO NA PRODUÇÃO DO TIJOLO
SOLOCIMENTO.....58**

Kauana Vaz Franco Crispim; Rodolfo Michels Godinho; Joana D'arc de Souza.

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO TIPO “CLASSE
A” DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO
PORTLAND EM PRODUÇÃO DE CONCRETO.....77**

*Driele Pereira José; Jordani Geri Henrique Bett Filho; Samira Volpato Becker;
Alessandro de Medeiros.*

DESENVOLVER TRAÇOS DO CONCRETO PERMEÁVEL PARA TRÁFEGO LEVE: ANÁLISE TÉCNICA DO CONCRETO, PERMEABILIDADE E BENEFÍCIOS PARA DRENAGEM URBANA

Maik Maria de Farias¹
Rodolfo Lucas Bortoluzzi²
Samira de Becker Volpato³

Resumo: O concreto permeável é um material em baixo uso no Brasil, mas pode revolucionar a drenagem urbana, devido a sua permeabilidade que pode direcionar a água das chuvas torrenciais que geram alagamentos nas cidades para o subleito que irá reabastecer o lençol freático e levar a água com uma menor velocidade para jusante. O concreto permeável pode vir a ser utilizado em locais com um fluxo baixo de veículos e trânsito leve, em calçadas e estacionamentos, devido a sua menor resistência mecânica em relação aos concretos utilizados na execução de pavimentos rígidos em geral, através de ensaios é possível ver qual traço ficará mais resistente mecanicamente e a capacidade de permeabilidade da mistura. A sua permeabilidade e resistência está diretamente relacionada a granulometria dos agregados que o compõem.

Palavras-chave: Concreto permeável. Permeabilidade. Pavimentos rígidos.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como principal objetivo estudar formulações de concreto permeável e suas respectivas propriedades físicas e mecânicas. Desenvolver traços nos quais poderá analisar qual apresentará melhor desempenho, para o uso do mesmo em locais com trânsito leve. Para alcançar este objetivo foram realizadas uma série de estudos, a começar pelo levantamento bibliográfico das soluções existentes para pavimentos permeáveis.

O concreto permeável é um material que traz grandes benefícios para as cidades brasileiras que sofrem com as chuvas e alagamentos devido a incompatibilidade dos sistemas de drenagem. Os pavimentos permeáveis são estruturas construídas após a terraplanagem com a combinação de camadas de subbase e base permeável com intuito de atender os esforços solicitantes, como as

¹ Graduado em Engenharia Civil FUCAP/Univinte. E-mail: maikfarias03@gmail.com.

² Orientador e Professor do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: rodolfo@fucap.edu.br.

³ Orientadora e Professora do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: samiravolpato@gmail.com.

condições de rolamentos e os esforços mecânicos que permite a percolação ou o acúmulo temporário de água (NBR 16416, 2015). O concreto permeável é um material composto por um traço que geralmente inclui agregados graúdos com pouco ou quase nenhum a agregado miúdo, essa mistura forma uma estrutura porosa com um índice de vazios interligados que permite a percolação de água para o subleito, auxiliando o sistema de drenagem e o escoamento superficial (Polastre e Santos, 2006).

Segundo a ACI 522R-06 o concreto permeável deve possuir um índice de vazios entorno de 15 a 30% do seu total, ele está diretamente relacionado a resistência e a sua permeabilidade. Normalmente o concreto permeável apresenta uma resistência mecânica inferior aos demais tipos de concreto como o convencional e o concreto armado. Devido a sua porosidade, que por sua vez, limita a sua utilização à áreas de trânsito leve ou pouco intenso (Lamb, 2014).

Em seu estudo, Marchioni et al (2011) relata que os concretos permeáveis, quando bem dimensionados, apresentam desempenho de drenagem superior aos de uma área com vegetação, que tenha seu solo argiloso ou até mesmo compactado. Estes solos apresentam coeficiente de escoamento de 0,05, sendo que apenas 5% da água vai gerar um escoamento superficial, sendo que a capacidade da infiltração de um concreto permeável depende das camadas inferiores ao revestimento. As mesmas podem ser compostas por estruturas como a base, sub-base, subleito ou até mesmo se estiver conectado ao sistema de drenagem.

Para que o concreto se torne um material permeável seus agregados devem estar dentro de um padrão de diâmetro variando entre 5 a 20 mm sendo que o fator água/cimento deve estar entre 0,27 a 0,30 com a adição de aditivos. Sua resistência característica, a compressão deve estar entre 3,5 a 28 Mpa. E as taxas de infiltração de água através do concreto permeável devem estar entre 2 mm/s a 5,4 mm/s (Polastre e Santos, 2006).

A fração dos agregados interfere na resistência característica e durabilidade do concreto permeável. Os agregados com dimensões entre 2,36 e 9,5 mm foram utilizados na composição dos traços com o intuito de diminuir os vazios da mistura proporcionando um material mais resistente (Costa, 2019 apud Huang et al, 2009). Agregados miúdos também podem ser utilizados em uma fração reduzida nos traços de concreto permeável, porém sua porcentagem adicionada afeta diretamente sua porosidade e permeabilidade, mas aumentando a resistência, a tração e compressão.

Os pavimentos permeáveis são indicados para tráfego de pedestres e veículos leves devido a sua resistência mecânica (Polastre e Santos, 2006).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados os materiais e métodos utilizados para a confecção e execução dos ensaios.

2.1 AGREGADOS E AGROMERANTES

Neste trabalho serão utilizados os seguintes materiais para a mistura do concreto permeável como: agregados graúdos que são materiais britados e selecionados através de peneiras e comercializados referencialmente como brita 1, pedrisco e pó de pedra, aditivo plastificante e retardador de pega Lion Concret, para facilitar a preparação da mistura, a aplicação do material e estabilizar a hidratação do concreto, e o ligante hidráulico no caso cimento Portland CSN CPIII 40 rs.

Agregados são classificados pela sua granulometria em milímetros de acordo com o fornecedor nos quadros das figuras 1, 2 e 3.

Granulometria agregado pó de pedra.

Figura 1: Quadro apresentando a granulometria agregado pó de pedra.

(utilizado em lastreamento em terrenos para limpeza)				
Composição Granulométrica - NBR 7217 - Data: 12/02/2004				
# (mm)	(g)	%	% A/C Série Normal	% A/C Série Intermediária
6,35	7,78	0,41	-	0,41
4,8	50,24	2,66	3,07	-
2,4	357,02	18,92	21,99	-
0,6	228,74	12,12	59,94	-
0,3	318,38	16,872	76,81	-
0,15	189,96	10,07	86,88	-
Fundo	247,46	13,127	100,00	-
Total	1886,90	100,00	396,51	0,41
Módulo de Finura: 2,965				
Dimensão Máxima Característica: 4,8mm				
Massa Específica - NBR 9776: 2,660 g/cm ³				
Massa Unitária em Estado Solto: 1,520 Kg/dm ³				
Teor de Material Pulverulento: 8,12 %				

Fonte: Fornecedor de materiais britados pedreira Falchetti (2021).

Granulometria agregado pedrisco.

Figura 2: Quadro apresentando a granulometria agregado pedrisco.

(sub-produto do podrisco, devidamente lavado)				
Composição Granulométrica - NBR 7217 - Data:12/02/2004				
# (mm)	(g)	%	% A/C Série Normal	% A/C Série Intermediária
9,5	10,34	0,34	0,34	-
6,35	1400,35	45,81	-	46,15
4,8	1271,64	41,60	87,75	-
2,4	326,72	0,41	98,85	-
1,2	12,54	10,69	98,44	-
0,6	3,02	0,10	98,85	-
0,3	3,06	0,10	99,05	-
0,15	5,38	0,17	99,22	-
Fundo	23,76	0,78	100,00	-
Total	3056,82	100,00	682,60	46,15
Módulo de Finura: 5,826				
Dimensão Máxima Característica: 9,5mm				
Massa Específica - NBR 9776: 2,660 g/cm ³				
Massa Unitária em Estado Solto: 1,289 Kg/dm ³				
Teor de Material Pulverulento: 0,98 %				

Fonte: Fornecedor de materiais britados pedreira Falchetti (2021).

Granulometria agregado brita 1.

Figura 3: Quadro apresentando a granulometria agregado brita 1.

(uso: concreto/asfalto)				
Composição Granulométrica - NBR 7217 - Data:12/02/2004				
# (mm)	(g)	%	% A/C Série Normal	% A/C Série Intermediária
38,1	-	-	-	-
31,7	-	-	-	-
25,4	-	-	-	-
19,1	1572,8	15,46	15,46	-
15,9	4000,4	39,33	-	54,79
12,7	2778,2	27,31	-	82,10
9,5	1083,2	10,65	92,75	-
6,35	609,2	5,99	-	98,74
4,8	49,6	0,49	99,23	-
Fundo	78,0	0,77	100,00	-
Total	10171,4	100,00	307,44	235,63
Módulo de Finura: 7,074				
Dimensão Máxima Característica: 25,4mm				
Massa Específica - NBR 9776:				
Massa Unitária em Estado Solto:				
Teor de Material Pulverulento:				

Fonte: Fornecedor de materiais britados pedreira Falchetti (2021).

2.2 TRAÇOS

Os ensaios foram divididos em duas etapas, na primeira etapa foram feitos quatro tipos de dosagem. Nas quais foram moldados quatro corpos de prova cilíndricos para cada tipo de traço, onde são alterados apenas os agregados, mantendo o fator água/cimento. Já na segunda etapa foram feitos cinco tipos de traços, e moldados quatro corpos de prova cilíndricos e uma placa retangular para cada traço. Foram utilizadas em três deles as mesmas dosagens de agregados, alterando a quantidade de cimento.

Os agregados utilizados para a confecção dos corpos de provas foram os mencionados acima, onde suas quantidades foram previamente definidas.

Na pesquisa apresentada por Polatres e Santos (Polastre e Santos,2006), a quantidade de cimento Portland que deve ser utilizada no traço para que a mistura apresente uma resistência e durabilidade mínima é entre 270 a 415 kg/m³. Os agregados têm uma proporção 1190 a 1840 kg/m³ e o fator água cimento deve ser aproximadamente 0,3.

O volume de aditivos utilizados em concretos está relacionado a quantidade de cimento adicionado na mistura. Segundo a NBR 11768 de 2011 que normatiza o uso de aditivos químicos para concreto, e que determina que a quantidade de aditivos não ultrapasse 5% da massa do material cimentício.

Tabela 1 - Ensaio 1: Dosagem por betoneira.

Material	Traço 1 1/5	Traço 2 1/5	Traço 3 1/5	Traço 4 1/5
Cimento (kg)	10	10	10	10
Brita 1 (kg)	25	50	19,7	0
Pedrisco (kg)	25	0	43	40
Pó-de-pedra(kg)	0	0	6	10
Aditivo	1% massa cimento	1% massa cimento	1% massa cimento	1% massa cimento
Fator A/C	0,3	0,3	0,3	0,3

Fonte: Autor (2021).

Tabela 2 - Ensaio 2: Dosagem por betoneira.

Material	Traço 5 1/3	Traço 6 1/4	Traço 7 1/5	Traço 8 1/3	Traço 9 1/5
Cimento/ forma (kg)	14,17	11,35	9,08	14,17	9,08
Pedrisco/forma (kg)	45,43	45,43	45,43	22,71	22,71
Brita1/forma (kg)	0	0	0	22,71	22,71
Aditivo	1% massa cimento	1% massa cimento	1% massa cimento	1% massa cimento	1% massa cimento
Fator A/C	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Fonte: Autor (2021).

2.3 PROCESSO DE MISTURA

O processo de mistura foi realizado no laboratório de engenharia da Fucap, utilizando uma betoneira com capacidade de 120 litros. O processo baseia-se no estudo de LANB, 2014. Foi empregado uma sequência para o processo de mistura.

- Mistura do aditivo retardador de pega em água;
- Adição dos agregados graúdos na betoneira;
- Adição do 50% do cimento e 30% da água com aditivo;
- Misturar por 1,5 minutos; Adição do restante do cimento;
- Misturar por 3 minutos;
- Adição do restante de água;
- Misturar por 3 minutos;
- Retirada da mistura da betoneira.

2.4 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Para moldagem dos corpos de prova cilíndricos, foram seguidas as instruções normativas determinada pela NBR 5738 de 2015. Que estabelece todos os parâmetros de dimensões, execução dos moldes.

Os corpos de prova cilíndricos moldados com o diâmetro de 10 centímetros, e altura de 20 centímetros sendo o dobro do seu diâmetro.

As placas retangulares serão moldadas com dimensões de 50 centímetros de largura, 70 centímetros de comprimento e 10 centímetros de altura, na qual é a espessura mínima para tráfego de veículos leves definida pela norma NBR 16416 de 2015. Serão adensadas com um bastão metálico e, por último um tubo para fazer o nivelamento.

2.5 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA NO ESTADO ENDURECIDO

Para a determinação da massa específica no estado endurecido foi utilizado a ASTM C1754 (ASTM, 2012).

$$y_e = \frac{M_s}{\phi^2 * h}$$

Onde:

- γ_e : massa específica aparente no estado endurecido (kg/m^3)
- M_S : massa seca da amostra (kg)
- ϕ : diâmetro médio do cp (m)
- h : altura média da amostra (m)

2.6 DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE NO ESTADO ENDURECIDO

Para determinação da porosidade também foi utilizado a ASTM C1754 (ASTM, 2012).

$$p = \left[1 - \left(\frac{M_S - M_U}{p_w \cdot \phi^2 \cdot h} \right) \right] * 100$$

Onde:

- p : porosidade (%)
- M_S : massa seca da amostra (kg)
- M_U : massa submersa da amostra (kg)
- ϕ : diâmetro médio do cp (m)
- h : altura média da amostra (m)

2.7 ENSAIO DE PERMEABILIDADE

O ensaio de permeabilidade tem como base o método apresentado por Neithalath et al (2003). Na qual é usado um aparelho chamado permeômetro para a medição da condutividade hidráulica, como o mostrado na figura 4. O ensaio consiste em colocar um corpo de prova com altura de 150 mm, dentro de um tubo acrílico de modo que ele encaixe perfeitamente. Outro tubo é utilizado para formar um reservatório de água sobre o corpo de prova, na parte inferior tem se uma válvula de 50 mm para vedar o sistema conectado a um tubo vertical que fica 10 mm acima do corpo de prova.

É necessária uma altura inicial de coluna de água de 290 mm e altura final de 70 mm. O procedimento deve ser repetido três vezes, para que a variável média de

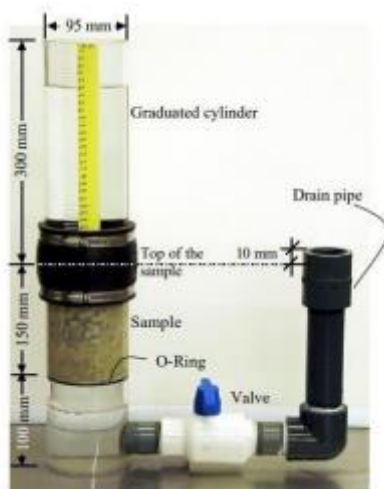
tempo deva ser utilizada no cálculo para verificar a permeabilidade através da lei de Darcy.

$$k = \frac{A1l}{A2t} \log\left(\frac{h2}{h1}\right)$$

Onde:

- k: coeficiente de permeabilidade (cm/s)
- A1 e A2: são área transversal do tubo (cm²)
- h1 e h2: são altura da coluna de água (cm)
- t: variável de tempo (s)
- l: é o comprimento espécime (cm)

Figura 4 - Configurações do teste para a verificação da condutividade hidráulica.



Fonte: Neithalath *et al* (2003).

2.8 TAXA DE INFILTRAÇÃO

Para as placas moldadas em concreto permeável, foi realizado ensaios para determinar sua taxa de infiltração. O método utilizado foi empregado a norma ASTM C1701, que consiste na utilização de um tubo, com diâmetro de 300 mm e altura de 200 mm. Para a realização do ensaio o tubo deve ser fixado sobre a placa, e vedado de maneira que a água possa passar somente através da placa.

O ensaio consiste em fazer a pré-molhagem da placa com 3,6 kg de água, mantendo o nível de água entre 1,5 a 2 cm de água dentro do tubo. Determinando o tempo que ela leva para infiltrar totalmente da superfície, se o tempo for inferior a 30 segundos, repetir o ensaio utilizando 18 kg de água, se for superior a 30 segundos repetir utilizando 3,6 kg de água.

$$I = \frac{k * M}{\varnothing^2 * t}$$

- I: é a taxa de (mm/h)
- k: é a constante, com valor de 4.583.666.000
- M: é a massa de água infiltrada (kg)
- Ø: é o diâmetro do tubo (mm)
- t: é o tempo de infiltração (s)

2.9 ÍNDICE DE VAZIOS

Segundo BETEZINI,2013 índice de vazios é a relação o volume dos poros permeáveis, e o volume total da amostra que inclui os poros impermeáveis.

O ensaio consiste em secar, os corpos de prova em e determinar sua massa na condição seca, logo após saturar a amostra imersa em água e determinar sua massa.

Cálculo do índice de vazios

$$V = 1 - \frac{w2 - w1}{pw * vol}$$

- Vr: é o índice de vazios
- W1: é peso submerso (kg)
- W2: é peso submerso (kg)
- Vol: volume da amostra (m³)
- Pw: massa específica da água (kg/m³)

2.10 ENSAIO A COMPRESSÃO

Os corpos de provas são submetidos a ensaios de compressão, segundo a NBR 5739, 2018. Para a verificação da resistência característica de cada mistura. Foi utilizado uma prensa disponibilizada pela indústria de concreto Falchetti para o rompimento dos corpos de prova. A prensa utilizada foi uma de teste a compressão axial modelo Pcm 100 da marca EMIC.

3 CONFECÇÃO E CONCRETAGEM

Através do processo de mistura e dos traços pré-definidos, obtivemos uma mistura com características um pouco diferentes do concreto convencional. A figura 5 mostra o processo de mistura do concreto permeável do traço 1.

Figura 5 - Processo de mistura.



Fonte: Autor (2021).

Após a mistura pronta foram feitas as análises tátil e visual das amostras, que serve para a verificação da coesão do concreto, consiste em pegar uma amostra da mistura com a mão e verificar se ocorre a aglomeração de partículas. A figura 6 mostra o teste tátil e visual realizado nas amostras desenvolvidas no estudo.

Figura 6 - teste visual.



Fonte: Autor (2021).

De maneira para uma melhor qualidade do material, foi utilizado também o ensaio de consistência pelo abatimento do cone tronco (slump test). Segundo a ACI 522R-06, umas das características do concreto poroso no estado fresco são apresentar uma baixa trabalhabilidade não sendo liquefeito e slump zero. Na figura 7 mostra o ensaio de consistência, no qual foi utilizado o método conhecido como slump test, foram feitas 3 camadas com 25 golpes, no qual apresentou slump zero.

Figura 7 - Slump test.



Fonte: Autor (2021).

A moldagem dos corpos de prova foi feita em moldes de 10x20 cm, utilizando os métodos e procedimento descritos por norma NBR 5738 de 2015. Foram moldados em duas camadas aplicando-se 12 golpes por camada. Para a cura do mesmo, utilizou-se um tanque de água, onde as amostras ficaram imersas durante os 21 dias. Após o processo de cura foi iniciado os ensaios que definiram as propriedades físicas,

e após 28 dias serão rompidas as amostras. A figura 8 mostra a execução da moldagem dos corpos de provas circulares no qual foram moldados quatro corpos para cada tipo de traços.

Figura 8 - Moldagem dos corpos de prova cilíndricos.



Fonte: Autor (2021).

Foram moldados também placas retangulares de 70cm x 50cm x 10cm para a realização dos ensaios de taxa infiltração dos traços cinco ao nove. Sendo moldados em duas camadas, e foi utilizado um tubo circular para fazer o nivelamento e compactação das placas. A figura 9 mostra a moldagem das placas retangulares onde foi moldada uma placa para cada tipo de traço.

Figura 9 - Moldagens das placas.



Fonte: Autor (2021).

Após a cura das placas retangulares, as mesmas foram submetidas ao ensaio de taxa de infiltração onde consiste em ver o tempo em que cada uma leva para absorver uma determinada quantidade de água. A figura 10 mostra o ensaio de taxa de infiltração que foi realizado na bancada hidráulica, onde seguiu as orientações da ASTM C1701.

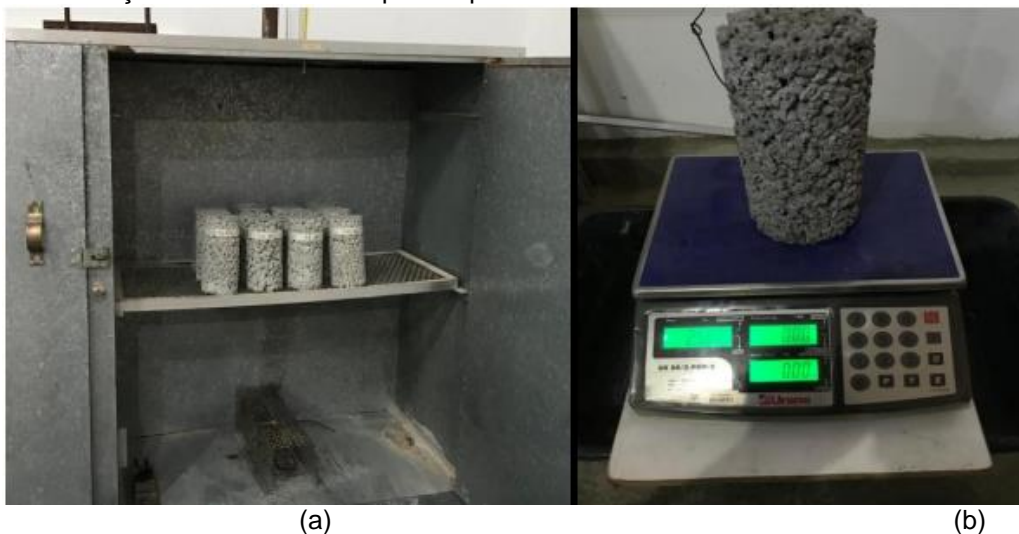
Figura 10 - ensaios de taxa de infiltração nas placas retangulares.



Fonte: Autor (2021).

Os corpos de prova após o processo de cura foram colocados na estufa para a determinação da massa seca dos corpos de prova, e determinação da porosidade como mostra a figura 11.

Figura 11 - ensaios de porosidade e massa específica (a) secagem dos corpos de prova na estufa. (b) determinação da massa dos corpos de prova.



Fonte: Autor (2021).

Os ensaios de resistência mecânica dos corpos de prova foram obtidos através do ensaio de resistência a compressão axial baseado na NBR 5739, 2018. Utilizando uma prensa hidráulica representada na figura 12.

Figura 12 - Ensaio de resistência a compressão axial.



Fonte: Autor (2021).

4 RESULTADOS

Na figura 13 e 14 nos quadros constam os valores dos resultados obtidos dos índices físicos nos corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm, dos traços um ao nove.

Figura 13 - Resultados dos índices físicos dos traços 1 a 4.

TRAÇOS	ALTURA DAS AMOSTRAS (cm)	VOLUME (cm ³)	VOLUME (m ³)	MASSA SECA (kg)	MASSA SUBMERSA(kg)	MASSA SATURADA APÓS IMERSÃO (kg)	ÍNDICE DE VAZIOS (%)	POROSIDADE ASTM 1754 (%)	MASSA ESPECIFICA ASTM C1754 (kg/m ³)
TRAÇO1	19,2	1508	0,001508	2,488	1,488	2,544	34	33,82	1648,6
TRAÇO 2	19	1492	0,001492	2,408	1,457	2,44	36	36,27	1613,7
TRAÇO 3	18,5	1453	0,001453	2,648	1,571	2,72	26	25,87	1822,5
TRAÇO 4	19	1492	0,001492	2,524	1,481	2,596	30	30,10	1691,4

Fonte: Autor (2021).

Figura 14 - Resultados dos índices físicos dos traços 5 a 9.

TRAÇOS	ALTURA DAS AMOSTRAS (cm)	VOLUME (cm ³)	VOLUME (m ³)	MASSA SECA (kg)	MASSA SUBMERSA(kg)	MASSA SATURADA APÓS IMERSÃO (kg)	ÍNDICE DE VAZIOS (%)	POROSIDADE ASTM 1754 (%)	MASSA ESPECÍFICA ASTM C1754 (kg/m ³)
TRAÇO 5	18,5	1453	0,001453	2,11	1,248	2,186	41	40,67	1452,2
TRAÇO 6	18,5	1453	0,001453	2,36	1,35	2,444	30	30,49	1624,3
TRAÇO 7	18,5	1453	0,001453	2,398	1,393	2,466	31	30,83	1650,4
TRAÇO 8	18,5	1453	0,001453	2,648	1,53	2,698	23	23,05	1822,5
TRAÇO 9	18,5	1453	0,001453	2,428	1,466	2,486	34	33,79	1671,1

Fonte: Autor (2021).

Nas figuras 15 e 16 constam os valores obtidos nos ensaios feitos com um permeâmetro de carga variável como o método apresentado pelo Neithalath et al (2003).

Figura 15 - Resultados do coeficiente de permeabilidade dos traços 1 a 4.

PERMEÂMETRO DE CARGA VARIÁVEL		1° ensaio	2° ensaio	3° ensaio	media tempo(s)	coeficiente de permeabilidade (cm/s)
Traço 1	h1 (cm)	27	27	27	13,01	1,56
	h2 (cm)	7	7	7		
	t (s)	13,01	13,02	13		
Traço 2	h1 (cm)	27	27	27	7,62	2,66
	h2 (cm)	7	7	7		
	t (s)	7,69	7,63	7,55		
Traço 3	h1 (cm)	27	27	27	11,06	1,83
	h2 (cm)	7	7	7		
	t (s)	11,16	11	11,03		
Traço 4	h1 (cm)	27	27	27	15,98	1,27
	h2 (cm)	7	7	7		
	t (s)	16,01	15,95	15,99		

Fonte: Autor (2021).

Figura 16 - resultados do coeficiente de permeabilidade dos traços 5 a 9.

PERMEÂMETRO DE CARGA VARIÁVEL		1° ensaio	2° ensaio	3° ensaio	media tempo(s)	coeficiente de permeabilidade (cm/s)
Traço 5	h1 (cm)	27	27	27	13,19	1,54
	h2 (cm)	7	7	7		
	t (s)	12,81	13,35	13,4		
Traço 6	h1 (cm)	27	27	27	19,51	1,05
	h2 (cm)	7	7	7		
	t (s)	19,58	19,43	19,52		
Traço 7	h1 (cm)	27	27	27	14,06	1,44
	h2 (cm)	7	7	7		
	t (s)	13,83	14,16	14,2		
Traço 8	h1 (cm)	27	27	27	53,65	0,38
	h2 (cm)	7	7	7		
	t (s)	53,63	53,9	53,43		
Traço 9	h1 (cm)	27	27	27	24,57	0,82
	h2 (cm)	7	7	7		
	t (s)	10,16	10,12	53,43		

Fonte: Autor (2021).

Na figura 17 foram apresentados os resultados obtidos das cinco placas dos traços cinco ao nove, através do ensaio de teste de infiltração conforme as orientações da ASTM C1701.

Figura 17 - Resultados da taxa de infiltração nas placas dos traços 5 a 9.

Traços	Tempo de pré lavagem	Massa de água(Kg)	I(mm/h)	I(mm/s)	I(cm/s)	Dados:	
Traço 5	28,22	18	4273,8	1,18	0,11	D=	300mm
Traço 6	42,90	18	7884,5	2,2	0,2	k=	4583666000
Traço 7	14,05	18	17908,4	4,97	0,49	M1=	3,6kg
Traço 8	49,47	18	3706,2	1	0,1	M2=	18kg
Traço 9	8,80	18	41053,9	11,4	1,14		

Fonte: Autor (2021).

Na figura 18 constam os valores obtidos através do ensaio de resistência a compressão, com base nos ensaios realizados com os corpos de prova 10x20 cm.

Figura 18 - Resultados do ensaio de compressão axial.

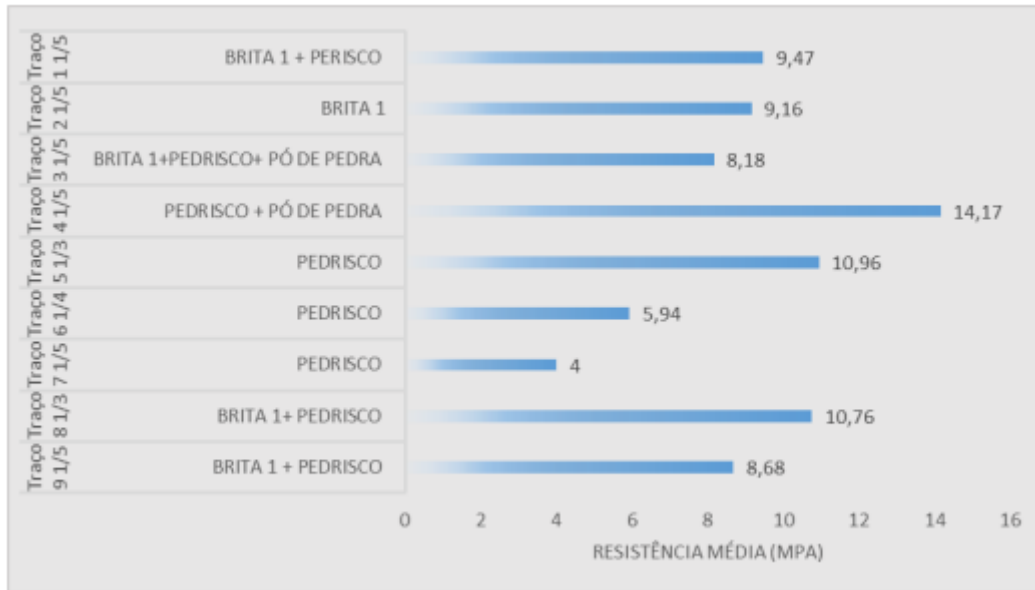
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL	RESISTÊNCIA MÉDIA (MPa)
Traço 1	9,47
Traço 2	9,16
Traço 3	8,18
Traço 4	14,17
Traço 5	10,96
Traço 6	5,94
Traço 7	4,00
Traço 8	10,76
Traço 9	8,68

Fonte: autor (2021).

5 ANALISE DOS RESULTADOS

A fim de uma melhor visualização e comparação dos resultados, foram elaborados gráficos para a comparação entre a resistência mecânica e os tipos de agregados, utilizados na elaboração dos traços como apresentam na figura 19.

Figura 19 - Gráfico de resistência média dos corpos de prova a compressão axial.

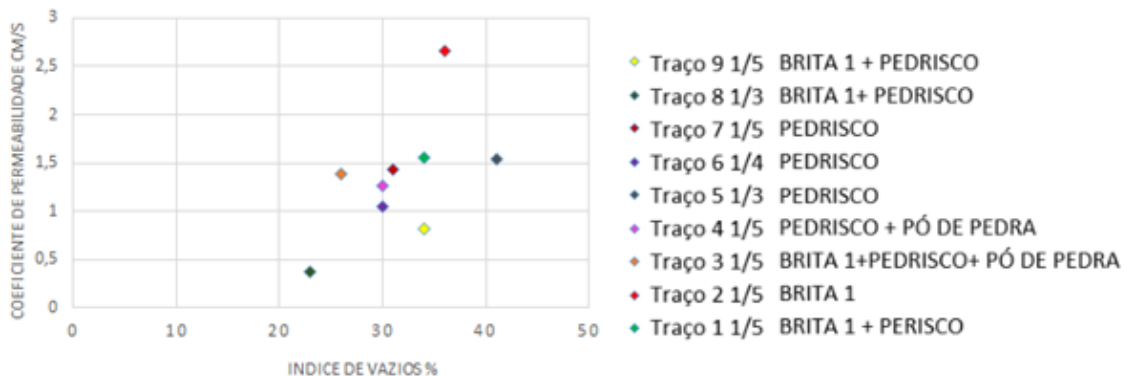


Fonte: Autor (2021).

Na figura 19 apresentam os resultados dos ensaios a compressão, onde nota-se a diferença da resistência entre os traços. Os que possuem o agregado pó de pedra com a mesma quantidade de cimento/agregado apresentam maior resistência. Notasse que os traços 5, 6 e 7 que foram utilizados apenas pedrisco tem sua resistência gradativamente menor devido a quantidade de cimento.

A figura 20 representa os índices de vazios dos traços em relação ao coeficiente de permeabilidade.

Figura 20 - Gráfico de índices de vazios em relação ao coeficiente de permeabilidade.



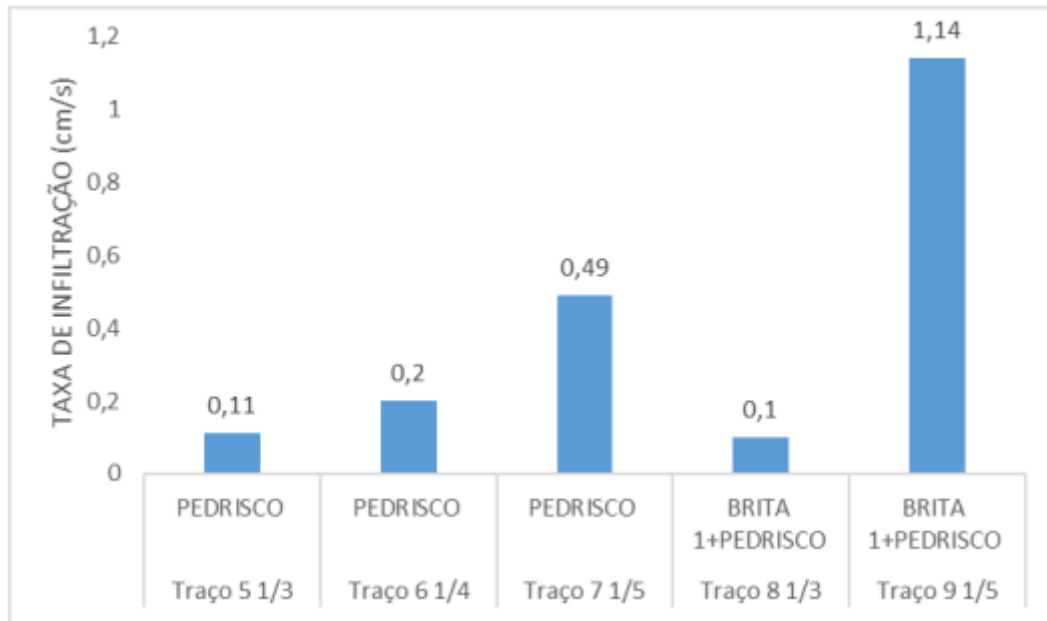
Fonte: Autor (2021).

Na figura 20 apresenta o coeficiente de permeabilidade em relação ao o índice de vazios. O traço 2 possui principalmente o agregado graúdo brita 1, apresenta um coeficiente maior de permeabilidade em relação aos demais traços. Entretanto o traço

8 apresentou menor coeficiente, o traço quatro obteve o melhor desenho de permeabilidade x índice de vazios segundo a norma ACI 522R-06.

Na figura 21, indica a taxa de infiltração que foi realizada nas placas moldadas em concreto permeável, com base na norma ASTM C1701.

Figura 21 - Taxa de infiltração das placas.



Fonte: Autor (2021).

O traço que apresentou a melhor taxa de infiltração foi o 9, porém seu fator de cimento/agregado é de 1/5, já o traço 8 apresentou uma menor taxa de infiltração devido ao fator cimento/agregado ser de 1/3, os traços 5, 6 e 7 na qual utilizam o agregado pedrisco com diferentes volumes de cimento apresentaram taxas de infiltração respectivamente com os fatores cimento/agregado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os aspectos apresentados no referente artigo, o concreto permeável é um material alternativo para utilização em drenagem urbana. O material desenvolvido apresentou boa resistência e características onde admite que o mesmo seja apto para utilização como em pavimentação para tráfego de pedestres e veículos leves.

Levando em considerações os agregados escolhidos, ligante hidráulico, e o aditivo utilizado nos traços, os mesmos apresentam bom desempenho. Dessa forma

é de suma importância que mais materiais como o concreto permeável seja utilizado em centros urbanos, onde a uma grande utilização de pavimentos rígidos e flexíveis que inibem a percolação da água para o solo, causando enxurradas e alagamentos onde a deficiência nos sistemas de drenagem.

Os traços 1,2,5,7 e 9 apresentaram índices de vazios superiores a 30%, sendo que só esses não cumprem a norma ACI 522R-06, cujo o concreto permeável deve possuir um índice de vazios entorno de 15 a 30% do seu total. Já os traços 3,4,6 e 8 possuem índices dentro desse percentual. Todos os traços desenvolvidos apresentam resistências entre 3,5 a 28 Mpa que são valores para que o concreto permeável seja admitido, segundo (Polastre e Santos,2006). Os traços utilizados para a realização das placas 6, 7, 9 apresentaram taxa de infiltração entre 2 cm/s a 5,4 cm/s nas quais são admitidas para o concreto permeável, já os traços 5 e 8 não alcançaram o valor mínimo segundo (Polastre e Santos,2006).

Segundo os ensaios realizados no trabalho o traço que apresentou melhor desempenho cumprindo os requisitos mínimos a norma ACI 522R-06, e segundo (Polastre e Santos,2006), foi o traço 4, no qual obteve um coeficiente de permeabilidade de 1,27 cm/s, com um índice de vazios de 30%, e uma resistência de 14,17 Mpa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11768**: aditivos químicos para concreto de cimento Portland: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16416**: pavimentos permeáveis de concreto: requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738**: concreto: procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739**: concreto: ensaio a compressão corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9778**: argamassa e concreto endurecidos: determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI Committee 522**. Pervious Concrete (ACI 522R-06). Farmington Hills: ACI, 2006.

COSTA, F. B. P. **Análise e desenvolvimento de misturas de concreto permeável para aplicação em pavimentação**. Porto Alegre: UFRGS, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/201344>. Acesso em: 25 abr. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. **DNIT 098/2007**: ES pavimentação: base estabilizada granulometricamente com utilização de solo laterítico: especificação de serviço. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletaneadenormas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit098_2007_es.pdf. Acesso em: 06 abr. 2021.

GS LAMB. **Desenvolvimento e análise do desempenho de elementos de drenagem fabricados em concreto permeável**. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/114985>. Acesso em: 22 mar. 2021.

HUANG, B.; WU, H.; SHU, X.; BURDETTE, E.G. Laboratory evaluation of permeability and strength of polymer-modified pervious concrete: **Construction and Building Materials**, v. 24, 2009, p.818–823.

MARCHIONI, M.; SILVA, C. O.; VAQUERO Y MAYOR, A. **Conceitos e requisitos para pavimentos de concreto permeável**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2011. Disponível em: <https://abcp.org.br/download/pr3conceitos-e-requisitos-para-pavimentos-de-concreto-permeavel/>. Acesso em: 25 abr. 2021.

OLEK, J.; WEISS, W. J.; NEITHALATH, N. *et al.* **Development of quiet and durable porous Portland cement concrete paving materials (No. SQDH 2003-5)**. Purdue University, 2003. Disponível em: <https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/16086>. Acesso em: 6 jun. 2021.

POLASTRE, B., SANTOS, L. D. **Concreto permeável**: impermeabilização do solo e drenagem urbana. AUT 221: arquitetura, ambiente e desenvolvimento sustentável. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo USP, 2006.

ESTUDO COMPARADO ENTRE AS ESTRUTURAS METÁLICAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM RELAÇÃO AO CUSTO, DURABILIDADE E MANUTENÇÃO

Pâmela de Souza Cardoso¹

Maicke de Souza Costa²

Cristina Michels Godinho Dal Molin³

José Antônio da Silva Santos⁴

Resumo: O estudo trata de comparar as estruturas metálicas e estrutura de concreto armado, em relação ao custo, durabilidade e manutenção. Através de uma entrevista com alguns profissionais da área de construção civil por meio de um questionário obter-se-á um panorama da aplicabilidade ilustrado. Neste questionário foi indagado sobre custo, qual opção escolhida e o motivo pelo qual foi escolhida. O questionário foi aplicado com profissionais da área de construção civil serviu para identificar a estrutura mais utilizada e menos utilizada e por qual motivo. A estrutura metálica vem sendo utilizada em vários outros países mais desenvolvidos, por ser de menor custo em relação a qualidade. Também tem tempo reduzido de construção em relação à estrutura de concreto armado, porém, aqui no Brasil não é comum usar esse tipo de estrutura, sendo assim, a mais utilizada atualmente é a estrutura de concreto armado. Os resultados foram apresentados por meio de gráficos, e foi verificado que as questões propostas ajudaram a obter a resposta para quem procura um tipo de estrutura com menor custo, maior durabilidade e com maior rapidez de construção.

Palavras-chave: Custo. Durabilidade. Manutenção.

1 INTRODUÇÃO

Estruturas metálicas e estruturas de concreto armado têm suas vantagens e desvantagens, o custo deve ser analisado, pois, nem sempre o custo já é a resposta final para a escolha do tipo a se utilizar, é preciso averiguar quanto à manutenção e durabilidade de cada uma. O presente trabalho tem como objetivo estudar a comparação entre as estruturas metálicas e estrutura de concreto armado em relação ao custo, durabilidade e manutenção. Através de questionário aplicado com 4 profissionais da área da construção civil, será ilustrado os resultados.

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: pamelasouza05@hotmail.com.

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: maicke_lg@hotmail.com.

³ Orientadora e Professora do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: tina_dalmolin@yahoo.com.br.

⁴ Professor do Centro Universitário Univinte. E-mail: joseantonio@fucap.edu.br.

2 ESTUDO COMPARADO ENTRE AS ESTRUTURAS METÁLICAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Os tipos de estruturas apresentados possuem suas particularidades em relação a vantagem e desvantagem, segundo VASCONCELOS, 1985, p 277):

O Concreto Armado possui as qualidades do concreto (baixo custo, durabilidade, boa resistência à compressão, ao fogo e à água) com as do aço (ductilidade e excelente resistência à tração e à compressão), o que permite construir elementos com as mais variadas formas e volumes, com relativa rapidez e facilidade, para os mais variados tipos de obra. Outro aspecto positivo, é que o aço, convenientemente envolvido pelo concreto, fica protegido contra a corrosão e altas temperaturas provocadas por incêndio, pelo menos durante um certo período, desde que tenha o correto cobrimento. Uma questão importante a ser observada para a existência do Concreto Armado é a necessidade de aderência entre o concreto e o aço de modo que ambos trabalhem solidariamente, em conjunto. Com a aderência, a deformação num ponto da superfície da barra de aço (ϵ_s) e a deformação do concreto (ϵ_c) neste mesmo ponto serão iguais. (VASCONCELLOS, 1985, p 277).

A estrutura metálica chega a reduzir em até 40% o tempo da obra, impactando diretamente o valor da obra no final, mas mesmo assim muitas pessoas evitam usar esse tipo de serviço. Uma das causas é a tradição que as pessoas têm em utilizar estruturas de concreto armado. Existe outra desvantagem que é a mão de obra, hoje no país é muito difícil achar pessoas qualificadas, outros fatos que desfavorecem a estrutura metálica é o barulho que a estrutura faz depois que está pronta.

2.1 ESTRUTURAS METÁLICAS

Estrutura metálica é uma estrutura feita com todo o material produzido em metal e o tipo mais utilizado é o aço carbono. Estruturas metálicas são utilizadas geralmente em obras de grande porte, por seus vãos serem grandes, a ponto de tornar-se uma obra mais rápida e mais resistente devido ao tamanho.

O processo para construções em estruturas em aço se destaca, pois o aço tem uma maior resistência mecânica se comparada a outros materiais. É um dos processos construtivos mais rápidos e é o que suporta os maiores vãos. Por isso são muito utilizados principalmente em indústrias e supermercados que precisam de grandes vãos e velocidade na execução e também é bastante utilizado em ginásios, pavilhões, telhados, torres, guindastes, escadas, passarelas, pontes, garagens, hangares, depósitos, lojas entre outros. (CHAVES, 2007, p.1).

Conforme mencionado anteriormente, segue figura 1 referente aos grandes vãos que a estrutura metálica proporciona.

Figura 1 - Estrutura metálica utilizada para execução de prédios.



Fonte: Pereira (2019).

A utilização das estruturas metálicas no mundo mesmo apresentando, em geral, custos superiores aos de outros sistemas construtivos, ocorre porque a concepção de forma industrializada da mesma, apresenta vantagens para o conjunto da obra, que resulta em uma relação custo-benefício total que permite o seu uso. Como por exemplo: grande flexibilidade, rapidez na execução e resistência elevada do material aço (PINHO, 2008, p 12).

2.1.1 Manutenção do Aço

A concepção incorreta de projetos, o emprego de materiais impróprios, a falta de manutenção e a simples utilização da edificação também constituem fatores que levam ao aparecimento de patologias nas construções, as quais podem interferir nas atividades ali desenvolvidas, vindo daí a necessidade de se estar preparado para identificar os problemas e propor soluções para resolvê-los. (CASTRO, 1999, p 199).

A falta de manutenção preventiva pode provocar pequena a grandes danos no aço e em toda estrutura. “Assim, a avaliação pós-construção de espaços edificados visa a uma melhoria da qualidade na construção civil e à solução de problemas decorrentes da racionalização, favorecendo a evolução de futuros projetos que empreguem inovações tecnológicas” (BASTOS & SOUZA, 2005, p 4).

2.1.2 Durabilidade das estruturas metálicas

Segundo a norma ABNT NBR 15575-1:2013, garante que as estruturas mantenham sua vida útil segura e estável no período de no mínimo 50 anos.

Apesar de normas e órgãos regulamentadores a vida útil de um empreendimento é difícil ser calculada. A estrutura metálica é mais fácil de calcular que os demais, pelo fato de ser fabricado industrialmente. Outro fator que ajuda a durabilidade desse material é o fato de ele ser mais leve.

Redução do peso do revestimento sobre a estrutura da edificação; rapidez de instalação; facilidade de manutenção e limpeza; não liberam produtos de corrosão que atacam superfícies de alumínio ou zinco ou ainda que mancham outros materiais em contato (mármore, alvenarias, etc.). (FERRAZ, 2003, p.16).

2.1.3 Custo das estruturas metálicas

Geralmente obra com estruturas metálicas acaba se tornando maior o custo de acordo com o local onde será executada, pois, ela vai através de caminhões e como gasta mais combustível e manutenção do veículo para chegar até o local muitas vezes o custo acaba sendo maior.

Independentemente do tipo de obra, localização aspectos de projeto atividade econômica entre outros, o custo norteia a importância da obra como um todo. Posteriormente a preocupação com custo é apontada nos princípios do escopo, através do orçamento, que tem por objetivo apresentar o custo geral estimado de cada obra. (MATTOS, 2006, p 200).

A estrutura metálica, referente aos outros materiais, é mais leve e tem uma maior qualidade, mas em contrapartida tem o preço mais elevado. A estrutura metálica começa ser vantajosa em projetos grandes, como: escolas, prédios, hospitais, garagens, e etc. Sua vantagem é a velocidade de entrega do projeto, onde se consegue baratear o preço no tempo da entrega. Outras vantagens que faz com que o preço seja mais vantajoso são os reforços estruturais e a possibilidade de adicionar mais um pavimento em cima de outro que já existe, por ser mais leve.

2.1.4 Vantagens das estruturas metálicas

1. O aço permite projetarmos edificações com vãos maiores devido à elasticidade do material, assim consegue-se utilizar melhor o espaço do ambiente projetado, diminuindo o esforço sobre as fundações e gerando economia no empreendimento.

2. “Fabricação dos elementos estruturais com precisão milimétrica, obtendo um alto controle de qualidade do produto; (PINHEIRO, 2005).”

3. Os perfis utilizados na execução das estruturas metálicas são produzidos em indústria, onde possuem um controle de qualidade padronizado, garantindo maior confiabilidade e qualidade nas peças fabricadas, comparado com o método convencional de concreto armado produzido in loco; 4. Como a maior parte dos elementos é confeccionada em indústrias, evita as movimentações de peças dentro do canteiro das obras, tornando-o mais organizado, limpo e minimizando riscos de acidentes. Como qualquer indústria, a indústria do aço também gera impacto ambiental, porém o aço possui tecnologia de reciclagem consolidada. Como a estrutura metálica permite um acabamento mais uniforme, é possível executar estruturas com partes aparentes, sem comprometer a parte estética na edificação; (PEREIRA, 2018).

As pessoas que acabam escolhendo essa estrutura geralmente são pessoas que conhecem sua aplicabilidade, como engenheiros, arquitetos ou pessoas que moraram em outros países.

2.1.5 Desvantagens da estrutura metálica

Algumas das desvantagens em relação à estrutura metálica, segundo (PINHEIRO, 2005):

1. Tratamento superficial dos elementos metálicos, evitando oxidação devido ao contato com oxigênio;

2. Mão de obra e equipamentos especializados para a execução da estrutura metálica ainda é muito difícil de encontrar, por esse motivo vem se tornando caro.

3. Exposição ao fogo é necessário tomar cuidado com a exposição ao fogo das estruturas metálicas, por conta da dilatação térmica e perda da resistência do aço. (PEREIRA CAIO, 2018)

4. Ruídos, por conta da vibração na estrutura.

Como outro tipo de estrutura a metálica também possui suas qualidades e suas desvantagens, quanto a isso o profissional qualificado fica habilitado a escolher o melhor tipo de estrutura a utilizar.

2.2 Estruturas de Concreto armado

A estrutura de concreto armado vem sendo a mais utilizada por ter mão de obra qualificada em maior quantidade, os materiais utilizados são mais fáceis de serem encontrados, conforme (VASCONCELLOS, 2011, p 211):

As estruturas de concreto são tradicionais em todos os países, sendo que no Brasil é o processo construtivo mais utilizado. Comparada a estruturas com outros materiais, a disponibilidade dos materiais constituintes do concreto (agregados, cimento e água), do aço e a facilidade de aplicação explicam a larga utilização das estruturas de concreto nos mais diferentes tipos de estruturas, como edifícios de múltiplos pavimentos, pontes e viadutos, portos, reservatórios, barragens, pisos industriais, pavimentos rodoviários e de aeroportos, paredes de contenção, entre outros.

O concreto armado é composto por concreto simples e utiliza de armações feitas com barra de aço como na Fig. 2 a seguir:

Figura 2 – Cobrimento de armaduras em estruturas de concreto armado.

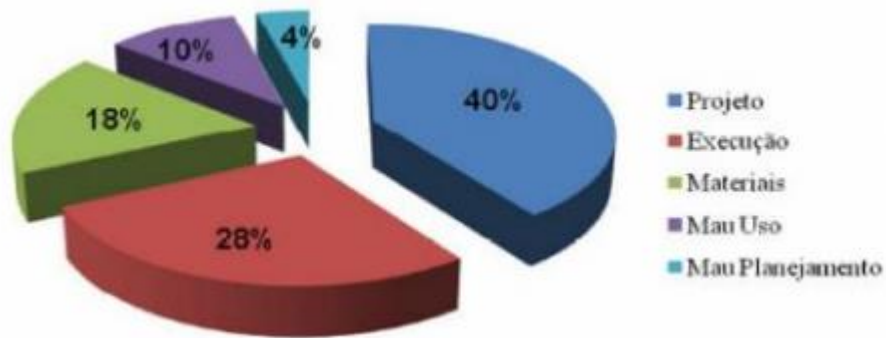


Fonte: MORAES VALDIR (2018).

2.2.1 Manutenção do Concreto Armado

O concreto armado exige manutenção para prolongar sua vida útil e desempenho. Esse cuidado deve-se ter desde a criação do projeto a execução e ter em mente também o cuidado com os materiais o mau uso e o mau planejamento. O Gráfico 1 apresenta os problemas patológicos conforme as etapas vão avançando.

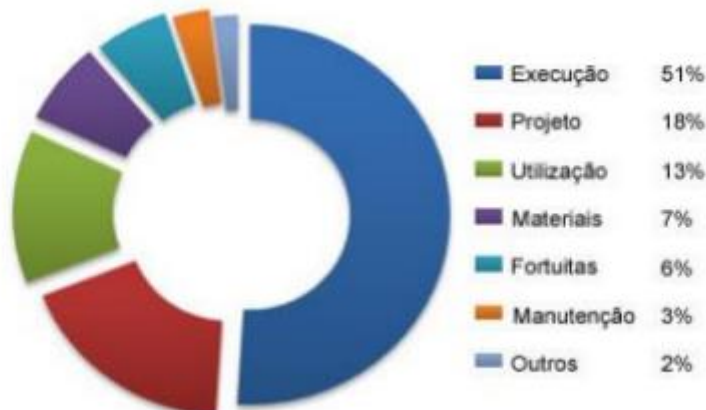
Gráfico 1 – Problemas Patológicos



Fonte: Fortes (1994)

Um estudo mais recente muda drasticamente os resultados apresentados. Segundo Piancastelli (2014), os problemas começam a surgir na execução conforme apresentado no gráfico 2.

Gráfico 2 – Incidências e origens de manifestações patológicas.



Fonte: Piancastelli (2014).

Com os estudos apresentados, pode se observar que a manutenção de uma estrutura de concreto se inicia desde a criação do projeto, visando prolongar o máximo possível o tempo útil da estrutura.

2.2.2 Durabilidade do concreto armado

As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, quando utilizadas conforme as condições ambientais previstas no projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço, durante o período correspondente à sua vida útil (NBR 6118/03, p 374).

Para a NBR 6118, durabilidade “consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”. Portanto o concreto e a armadura não é o mesmo corpo. A vida útil de um concreto depende muito de como eles são cuidados durante sua vida, geralmente um concreto simples dura de 50 a 100 anos. Em ambientes costeiros, o concreto baixa sua vida útil por causa do cloreto que tem uma maior presença na atmosfera, prejudicando o concreto armado.

2.2.3 Custo do concreto armado

O que leva as pessoas a escolherem o concreto armado dos demais materiais é a facilidade de encontrar mão de obra e a economia. Apesar de ser um material mais barato, ele exige também mais reparos que a estrutura metálica por exemplo.

2.2.4 Vantagens do concreto armado

De acordo com as qualidades da estrutura de concreto armado, apresenta-se pontos positivos e negativos. Dependendo da finalidade da obra, as estruturas podem ser construídas em concreto, aço, madeira ou alvenaria estrutural. De acordo com o autor (MARQUES 2011, p 1405), a definição do material da estrutura depende da sua disponibilidade e de alguns fatores, como:

a) Custo: É importante o cálculo do custo global da estrutura considerando-se o custo dos materiais, da mão de obra e dos equipamentos, e o tempo necessário para a sua execução;

b) Adaptabilidade: A concretagem tem a mais variada forma, pois quando no estado fresco pode ser moldado com facilidade;

c) Resistência ao fogo: As estruturas, sem proteção externa, têm uma resistência natural de 1 a 3 horas, além disso, devem resistir às elevadas temperaturas para permitir a evacuação de pessoas e permitir interromper o incêndio;

d) Resistência a choques e vibrações: O concreto apresenta massa e rigidez que minimizam vibrações e oscilações, provocadas pelas ações de utilização e o vento.

2.2.5 Desvantagens do concreto armado

Segundo (MARQUES 2011, p 1406), os principais aspectos negativos das estruturas de concreto são os seguintes:

a) Baixa resistência à tração: a resistência da estrutura à tração é considerada baixa em relação à compressão, em torno de apenas 10 %, o que a sujeita à fissuração. A estrutura de aço projetada de forma assertiva reduz esse problema, possibilitando restringir as aberturas das fissuras a valores aceitáveis, prescritos pelas normas de modo a não permitir a entrada de água e de agentes agressivos e não prejudicar a estética e a durabilidade da estrutura;

b) Fôrmas e escoramentos: a armação da estrutura de concreto exige maneiras de escoramentos que necessitam ser montados e, posteriormente, desmontados, levando a empresa custos elevados de material e de mão de obra;

c) Baixa resistência do concreto por unidade de volume: a armação de concreto se caracteriza pela baixa resistência em relação ao aço estrutural e apresenta elevada massa específica (2.450 kg/m^3), o que demanda da necessidade de estruturas com volumes aumentados e por consequência pesos próprios muito elevados, tornando-se a principal característica negativa das estruturas de concreto;

d) Alterações de volume com o tempo: Devido alterações de volume provocadas pela retração e pela fluência, esta condição pode vir a fissurar o concreto.

3 PESQUISA DE CAMPO

Foi feita uma pesquisa de campo via internet, pois estávamos restritos a ir presencialmente a uma empresa aplicar uma pesquisa de campo devido à epidemia do COVID-19. Sendo assim, decidimos elaborar um questionário e enviar via e-mail para profissionais da área de construção civil, engenheiros civis e arquitetos, com um intuito de mostrar qual tipo de estrutura está mais sendo usada em obras, mostrando motivo pelo qual os profissionais optaram pela estrutura metálica, qual tipo de obra eles estão executando, qual tamanho da obra, o local também será mencionado e a porcentagem de utilização durante sua carreira profissional entre estrutura de concreto armado e estrutura metálica. As respostas serão apresentadas através de planilha no Excel e gráfico para melhor observação e percepção dos leitores.

Esse questionário foi aplicado para profissionais da área da construção civil Engenheiros e Arquitetos que possuem obras nos estados Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso, Goiás e Santa Catarina.

Na sequência o questionário padrão aplicado.

Esse questionário foi aplicado com quatro profissionais da área de construção civil e obtivemos os seguintes resultados:

Em relação à questão 1 que trata do tipo de Obra, os profissionais tiveram as opções como: Comercial, Residencial, Institucional ou Outros, segue:

Tabela 1 – Tipo de Obra.

TIPO DE OBRA	QTIDADE*
COMERCIAL	3,00
RESIDENCIAL	3,00
INSTITUCIONAL	2,00
OUTRAS	2,00
TOTAL	10,00

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

O tipo de obra é característico da necessidade do cliente. Também pode ser uma opção oferecida pelo profissional, engenheiro civil ou arquiteto. Observamos que para obras comerciais e residenciais estão em primeiro lugar como aplicação para estruturas metálicas. Percebe-se que as pessoas estão querendo aderir às novas tecnologias, como por exemplo, uma residência.

Em relação à questão 2 que trata do motivo pelo qual cada profissional optou pela Estrutura Metálica:

Tabela 2 – Motivo por optar pela Estrutura Metálica

MOTIVO POR OPTAR PELA ESTRUTURA METÁLICA	QTIDADE*
RAPIDEZ NA EXECUÇÃO	2,00
OBRA MAIS LIMPA	2,00
SATUROU MERCADO DE ESTRUTURA DE CONCRETO PARA PROFISSIONAL PROJETISTA	1,00
CUSTO EM RELAÇÃO AO TAMANHO DA OBRA	1,00
MENOR DESPÉRDIO DE MATERIAL	1,00
CONFORTO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO	1,00
TOTAL	8,00

Fonte: Elaboração pelo autor, 2020.

Os motivos que mais levaram os profissionais a optarem pela estrutura metálica segundo seus próprios relatos foram: rapidez da execução e obra mais limpa. Segundo o Arquiteto Moyses Melo de Oliveira, cita em sua resposta: “No início, o projeto foi desenvolvido e seria construído com sistema construtivo convencional, concreto armado e alvenaria, mas, no decorrer do desenvolvimento do projeto alguns desafios foram aparecendo e um deles era o prazo de entrega dessa construção que no sistema construtivo convencional ficaria difícil de atender, com base questão solicitamos uma reunião com cliente junto à construtora e sugerimos a mudança. Além da trocar ter favorecido o prazo de entrega por ser um sistema leve, modulado e com isso mais ágil, também notamos outros benefícios como menos desperdício de materiais na execução, canteiro de obra mais limpo e maior conforto térmico da edificação.”

Também foi citado pelo Engenheiro Civil Lucas Nascimento Casagrande, “Meu pai tem uma empresa de estruturas metálicas, então acabei sofrendo grande influência. Mas em relação ao concreto com as estruturas metálicas, com o avanço dos softwares de estruturas de concreto o mercado ficou muito saturado.”

Robson S. Gama diz que, “A estrutura metálica é uma obra mais limpa, rápida e eficiente. Atualmente executar obras metálicas está ficando com o custo igual e às vezes (raros) mais barata que a construção convencional.”

Segundo o Arquiteto e Urbanista Mateus Cechinel, “Sobre os sistemas construtivos, desde o início da minha carreira profissional, as técnicas construtivas dos meus projetos foram as convencionais (estrutura de concreto armado), exceto para alguns projetos específicos como lojas. Vejo de parte do cliente, uma difícil aceitação por sistemas de construção alternativos, muito pelo fato do medo de não ter mão-de-obra qualificada.”

Em relação à questão 3 que trata do local da obra já executadas pelos profissionais ou ainda em orçamento:

Tabela 3 – Local da obra (ESTADO).

LOCAL DA OBRA (BRASIL)	QTIDADE*
MINAS GERAIS	4,00
SÃO PAULO	2,00
MATO GROSSO	2,00
GOIÁS	1,00
SANTA CATARINA	2,00
TOTAL	11,00

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

Referente ao local são as regiões nas quais os profissionais moram e atuam.

Lucas Nascimento Casagrande menciona em uma de suas respostas, “Como atuo na área de projetos já fiz obras em quase todos os Estados, mas no momento tenho umas três obras sendo executadas em Uberlândia - MG, Estrela D’ Oeste - SP, Primavera do Leste - MT e no momento estou desenvolvendo um projeto para Araguari - MG.”

Robson S. Gama diz que, “Atualmente estou com obras em Uberlândia-MG, porém já estou com alguns orçamentos realizados para os estados de Goiás, Mato Grosso e São Paulo.”

O arquiteto e Urbanista Moyses Melo de Oliveira cita em sua resposta: “Essa obra está localizada na Av. Getúlio Vargas, nº 426, Centro, Sombrio Sc, Brasil.”

Também foi citado por Mateus Cechinel o local onde executou sua obra, “Avenida São Paulo, Praia Turimar, Balneário Gaivota, Santa Catarina.”

Em relação à questão 5 que trata do tamanho num geral executado por cada profissional:

Tabela 4 – Área construída da obra.

ÁREA CONSTRUÍDA DA OBRA (m²)	QTIDADE*
até 100	0,00
de 101 até 300	1,00
de 301 até 500	0,00
mais que 500	3,00
TOTAL	4,00

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

A área total das obras, aqui falando em residenciais e comerciais, geralmente é construído de 101 até 300 m² pelo o que podemos observar. Áreas acima de 500

m² geralmente são utilizadas para construções de galpões e detém nesta amostra pesquisada 75% dos tipos de obras.

Em relação à questão 6 que aborda os tipos de estruturas utilizados durante a vida profissional do entrevistado, percebe-se:

Tabela 5 – Utilização do tipo de estrutura na vida profissional.

UTILIZAÇÃO DE TIPO DE ESTRUTURA NA VIDA PROFISSIONAL	PROFISSIONAL 1	PROFISSIONAL 2	PROFISSIONAL 3	PROFISSIONAL 4
Estrutura metálica	15,00%	99,00%	80,00%	5,00%
Estrutura concreto armado	85,00%	1,00%	20,00%	95,00%

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

O profissional 1 usa 15,00% da estrutura metálica e 85,00% da estrutura de concreto armado, ele atua na região litorânea, em Balneário Gaivota – SC, arquiteto e urbanista, utiliza em sua maioria a estrutura de concreto armado. Suas obras são do tipo residencial, costuma executar uma área de 101 até 300 m². O arquiteto cita em uma de suas respostas que: “Sobre os sistemas construtivos, desde o início da minha carreira profissional, as técnicas construtivas dos meus projetos foram as convencionais (estrutura de concreto armado), exceto para alguns projetos específicos como lojas. Vejo de parte do cliente, uma difícil aceitação por sistemas de construção alternativos, muito pelo fato do medo de não ter mão de obra qualificada.”, por esse motivo ele utiliza mais da estrutura de concreto armado.

O profissional 2 utiliza da estrutura metálica 99,00% e apenas 1,00% da estrutura de concreto armado, atua na região de Uberlândia – MG e Estrela D’ Oeste – SP, formado em Engenharia Civil, 34 anos, suas obras são dos tipos residenciais, comerciais, institucionais e outras. Costuma trabalhar com obras de tamanhos maiores que 501 m², geralmente 2000 m² à 13000 m². Citou em suas respostas que: “Meu pai tem uma empresa de estruturas metálicas, então acabei sofrendo grande influência.” E completou dizendo: “Na maior parte das vezes o gargalo no desenvolvimento de projetos é o detalhamento, como os softwares de concreto tem seu detalhamento automático o mesmo tem alto poder de produção o que reduz muito seu valor de mercado. Já a estrutura metálica tem que passar no mínimo em dois softwares um para dimensionamento e outro para detalhamento, onde a fase de detalhamento demanda tempo, como fui criado dentro de uma empresa de estruturas tenho o conhecimento das dificuldades de fabricação e montagem dando um diferencial para meus projetos e agregando ainda mais valor.”

O Profissional 3 utiliza 80,00% da estrutura metálica e 20,00% da estrutura de concreto armado, ele está com obras em Uberlândia – MG e alguns orçamentos em Goiás Mato Grosso e São Paulo. É formado em Engenharia da Produção e Engenharia Civil, tem 43 anos, suas obras são dos tipos residencial, comercial, institucional e outras. Os tamanhos das obras são maiores que 501 m² geralmente ele executa com 1200m² e 2830m². Sobre a estrutura metálica, citou: “Creio que a estrutura metálica será o futuro em nosso país, hoje ainda é bem pouco difundido, mas já temos muitas casas sendo executadas em estrutura metálica.”

Já o profissional 4 usa apenas 5,00% da estrutura metálica e 95,00% da estrutura de concreto armado, está executando atualmente em Sombrio – SC, executa obras comerciais, maior que 501m², e outra com 722m². Tem 32 anos com 5 anos de formação.

4 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste trabalho pode-se chegar as seguintes conclusões:

- A estrutura metálica apesar de ser um tipo de estrutura atual, e não muito utilizado ainda no Brasil, já está sendo aceita e escolhida pelos clientes, geralmente em obras maiores que 501 m².
- Na questão de custo, a estrutura metálica acaba sendo de maior custo, pois, depende de frete de transportes para leva-la até a obra, por isso, ela é mais utilizada em obras com grandes vãos, como por exemplo galpões, escolas, hospitais.
- Quanto ao tempo de execução a estrutura metálica tem uma vantagem, as obras são construídas com maior rapidez que as de concreto armado, conforme mencionado nos resultados do questionário.
- Os dois sistemas de estruturas são utilizados pelos 4 profissionais entrevistados, e todos já utilizaram das duas estruturas, aprovando as duas, mas cada um na sua particularidade acabou optando por um tipo depois de conhecer suas vantagens e desvantagens.

Os resultados obtidos por meio do questionário mostram que é possível a estrutura metálica ser mais utilizada futuramente pelos profissionais engenheiros ou arquitetos, pois alguns autores comprovam as vantagens da estrutura metálica sendo

possível que se faça uma obra com esta particularidade com qualidade, sem afetar o meio ambiente, além de ser uma obra limpa, com rapidez de execução e um custo viável.

A medida que este tipo de estrutura começar a ser mais utilizada a tendência é termos uma maior quantidade de mão de obra qualificada, conseqüentemente o custo para aplicação deste sistema construtivo também terá seu valor reduzido. Cabe aos profissionais tanto engenheiros quanto arquitetos aprofundarem-se neste estudo sobre estruturas metálicas e aplicarem esta técnica construtiva em seus projetos, sempre dando segurança no momento de escolha por parte dos clientes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: partes 1-6: desempenho de edifícios habitacionais. Rio de Janeiro:ABNT, 2013.

BASTOS, M. A. R., SOUZA, H. A. **O usuário versus a cadeia produtiva do espaço edificado**. Porto Alegre, 2005. p. 4.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: segundo a NBR 6118:2003. 2.ed. São Carlos: EdUFSCar, 2004. 374p.

CASTRO, E. C. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**. Dissertação de Mestrado. Ouro Preto: Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, 1999. 199 p.

CHAVES, M. R. **Avaliação do desempenho de soluções estruturais para galpões industriais leves**. Ouro Preto, 2007.

FERRAZ, H. O. Aço na Construção Civil. **Revista Eletrônica de Ciências, Arquitetura e Urbanismo**, São Carlos: Universidade de São Paulo, n. 22, 2003.

FORTES, Jorge. Patologia e terapêutica das construções: um panorama. **Revista da "Jornada Professor Hernani Sobral"**, Salvador, v. único, p. 53-60, 1994.

MARQUES FILHO, J. Concreto Massa e Compactado com Rolo. *In*: ISAIA, G.C. (ed.). **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 2011, v.2, p.1400-1447.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamento de obras**: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos. São Paulo: Pini, 2006.

MORAES, Valdir. Norma comentada: ABNT NBR 6118: estruturas de concreto armado: procedimento, Mapa da Obra, 2018.

PEREIRA, Caio. **O que é a tabela SINAPI?** Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/sinapi/>. Acesso em: 05 mai. 2020.

PEREIRA, Caio. **Sapatas de fundação.** Escola Engenharia, 2016. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/sapatas-de-fundacao/>. Acesso em: 05 maio 2020.

PEREIRA, Caio. **Viga Baldrame:** o que é e como executar. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/viga-baldrame/>. Acesso em: 15 abr. de 2020.

PIANCASTELLI, Élvio Mosci. **Patologia e terapia das estruturas:** sintomas e causas das enfermidades. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.demc.ufmg.br/elvio/2sintoma.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2020.

PINHEIRO, Antônio Carlos da Fonseca Bragança. **Estruturas metálicas:** cálculo, detalhes, exercícios e projetos. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

PINHO, Fernando Ottoboni. **Manual de construção em aço:** viabilidade econômica. Rio de Janeiro, 2008, p.12.

VASCONCELLOS, A. C. **O concreto no Brasil:** recordes, realizações, história. 2. ed., v.1, São Paulo: Pini, 1985. 277p.

VASCONCELLOS, Alexandre Luiz. **Ligações em estruturas metálicas,** vol. 1. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil /CBCA, 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO

Este questionário tem como objetivo principal pesquisar o mercado de aplicação dos tipos de estrutura: metálicas e de concreto armado. Solicitamos que responda o questionário abaixo:

1 – O tipo de obra que você fez ou irá fazer será:

- a) Comercial
- b) Residencial
- c) Institucional
- d) Outras: _____

2 – Sabendo do quão utilizado é a estrutura de concreto hoje em dia, qual motivo levou você a optar em utilizar estrutura metálica?

3 – Qual local está sendo ou será executado esta obra? (País, Estado, Cidade, Bairro, endereço).

4 – Como é o clima da região onde esta obra está ou será inserida?

5 – Qual a metragem quadrada de sua obra?

a) () até 100m²

b) () de 101 até 300m²

c) () de 301 até 500m²

d) () maior que 501m² (Cite a área construída) _____

6 – De acordo com sua experiência profissional, aponte uma porcentagem para cada uma das estruturas conforme você já as utilizou até os dias de hoje:

A) Estrutura de Concreto: _____ %

B) Estrutura Metálica: _____ %

7) Caso você deseje expor sua experiência profissional através de texto escrito, fica abaixo local destinado para esta ação.

UTILIZAÇÃO DO DRYWALL NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

Fernando de Sousa da Rosa¹

Guilherme Alexandre Zeferino²

Rodolfo Lucas Bortolluzzi³

Samira Becker Volpato⁴

Resumo: O prazo sempre foi um fator determinante quando se trata de obras, sendo a qualidade do material e a redução de custos também fatores importantes. Assim sendo, a busca contínua e incessante por novos métodos na construção civil torna-se cada vez mais necessária. Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo principal analisar as perspectivas de mercado para o uso do Drywall na construção civil no Brasil. Técnica pouco difundida em nosso país, o Drywall já é frequentemente utilizado em países de primeiro mundo. A rapidez do processo em que aplicado e a praticidade da execução torna o Drywall uma melhor alternativa em relação à métodos convencionais. Para a coleta de informações do artigo, utilizamos artigos científicos, dados de relatórios de empresas, referências de preço e buscas em literaturas.

Palavras-chaves: Drywall. Construção civil. Processo. Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil apresenta um papel importante na composição do Produto Interno Bruto, representando, nos últimos anos, uma média percentual em torno de 7% segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Além da sua importância frente aos aspectos econômicos, ela tem uma interferência muito forte na natureza. Utiliza-se de recursos naturais de uma forma substancial e isso a relaciona com o meio ambiente, quer seja na obtenção da sua matéria-prima, quer seja nas grandes quantidades de entulhos gerados pelo setor, assim como o uso do espaço urbano (VIEIRA, 2006).

A construção civil ainda é caracterizada, no Brasil, pela utilização de sistemas construtivos predominantemente artesanais, baixa produtividade e principalmente grande desperdício de materiais. O foco dos gestores com o canteiro de obras antes

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: fernandotooka@hotmail.com.

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: reidasbaterias7@gmail.com.

³ Orientador e Professor do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: rodolfo@fucap.edu.br.

⁴ Professora do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: samiravolpato@gmail.com.

estava relacionado aos aspectos técnicos do projeto arquitetônico-estrutural, sem a merecida preocupação com a economia, prazos e retrabalhos, ou seja, com o gerenciamento do fluxo dos suprimentos (VIEIRA, 2006).

Porém, o mercado tem sinalizado que esta situação deve ser alterada e o uso de novas tecnologias é a melhor forma de permitir a industrialização e a racionalização dos processos. Procurou-se então a mudança do perfil de obras tipo “construção” para obra do tipo “montagem”. Com gestão logística desenvolvida nos suprimentos de materiais e serviços (FREITAS; CRASTO, 2006)

O Brasil teve sua primeira fábrica de Drywall em 1970, pois teve-se uma necessidade de padronização da construção civil. Nos anos 90, teve-se a introdução de novas tecnologias e industrialização do processo e devido a isso, em 2001, foi necessária a criação da primeira norma para controle de qualidade e especificações das chapas e perfis de aço (MITIDIERI, 2009).

Ano após ano o Brasil vem conseguindo evoluir e aperfeiçoar o uso de Drywall. De acordo com a Associação Brasileira de Drywall (2015), em 1995 o Brasil possuía um consumo anual de chapas de Drywall de 1,70 milhões por m² e em 2013 alcançou 50 milhões por m² o que demonstra um real o crescimento do mercado nessa área.

Um fator que freia o crescimento dessa técnica no Brasil é o próprio consumidor residencial que opta em ter uma parede em alvenaria sem muitas das vezes não conhecer ou ter tido contato com paredes feitas no modelo Drywall acreditando que o mesmo possui um desempenho inferior (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2009). Segundo a revista eletrônica Construções Mercado (2009), ao comparar-se os preços iniciais de alvenaria e Drywall o segundo acaba tendo um preço inicial mais elevado, mas isso deve ao fato de que está sendo levado em conta apenas o valor de compra de materiais e não a obra como um todo, pois a redução do tempo de execução é um fator que influencia no preço real final e, por isso, acaba-se optando pelo modelo tradicional em pequenas obras.

Visando ao alcance do objetivo geral proposto, foram estabelecidos alguns objetivos específicos, como:

- Vantagens e desvantagens na utilização do drywall
- Comparação de custo benefício com a alvenaria tradicional.
- Demonstrar as possibilidades de como utilizá-lo.
- Propor sugestões de melhorias para a difusão e melhor utilização da técnica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

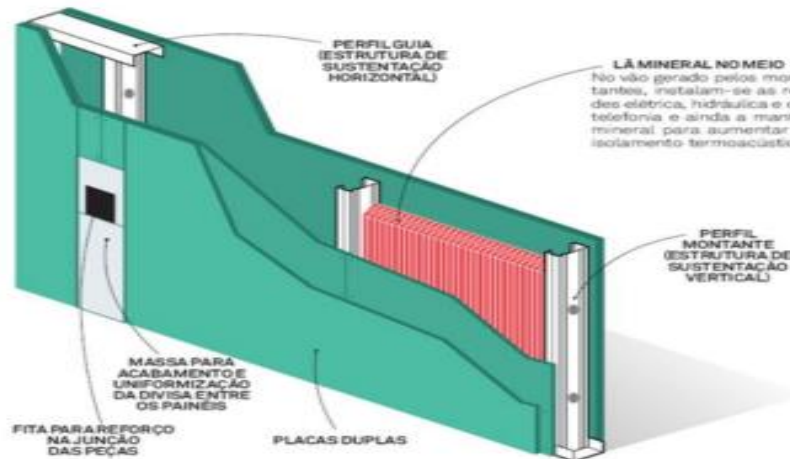
2.1 DRYWALL

Drywall são feitos a partir de perfis de aço não estruturais que são fechados com chapas de gesso, ou gesso acartonado. Na literatura em sua maioria, é chamado de “parede seca”, pelo fato de substituir a argamassa, não havendo necessidade do seu uso gera mesmo sobras de construção, o que leva a ser uma alternativa mais viável em muitos casos em relação a alvenaria comum. (SILVA, F. R, 2007).

Máquinas são utilizadas para misturar o a água, o gesso, e aditivos, para fabricação do gesso acartonado. No processo final, a massa resultante é cilindrada, resultando assim na sua forma cortada e secada, logo pronta ela é armazenada e depois encaminhada para uso (BRITO, C.E *et al*, 2014).

2.2 COMO É POR DENTRO

Imagem 1 – Drywall por dentro.



5

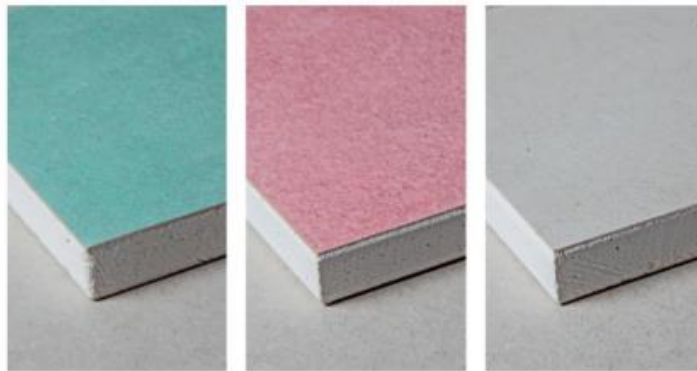
Fonte: Do Autor, 2021.

2.3 OS TIPO DE DRYWALL

Há três tipos de chapa, que se diferenciam pelo tom da cobertura de papel-cartão. A face branca deve voltar-se sempre para o lado do acabamento:

- Verde (RU): com silicone e aditivos fungicidas misturados ao gesso, permite a aplicação em áreas úmidas (banheiro, cozinha e lavanderia).
- Rosa (RF): resiste mais ao fogo por causa da presença de fibra de vidro na fórmula. Por isso, vai bem ao redor de lareiras e na bancada do cooktop.
- Branco (ST): é a variedade mais básica (Standard), amplamente empregada em forros e paredes de ambientes secos.

Imagem 2 – Tipos de Drywall.



Fonte: Do autor, 2021.

2.3 CUSTOS DO DRYWALL

O preço varia de acordo com o projeto. Os valores abaixo incluem instalação:

- Parede: a placa Standard (de 12,5 mm), com montantes de 70 mm e espessura de 95 mm, vale R\$ 70 o m². Com recheio de lã mineral, passa para R\$ 80 o m². Já o modelo verde (RU) custa R\$ 100 o m², e o rosa (RF), R\$ 130 o m².
- Forro: a Standard, com 12,5 mm, incluindo acessórios, sai por R\$ 55 o m². Com lã mineral, cresce para R\$ 65 o m². As versões rosa e verde quase não são utilizadas para esse fim.
- Prateleiras e nichos: as empresas cobram por virada – termo para o encontro das placas, formando quadrados ou retângulos. Na Infinity

Revestimentos, um trabalho recente com 13 viradas sobre um painel com quatro nichos custou R\$ 1 mil. Usaram-se placas Standard, de 12,5 mm com montantes de 70 mm.

2.4 INSTALAÇÃO DO DRYWALL

- Estrutura de base: primeiro, colocam-se guias metálicas no piso e no teto. Elas sustentarão os montantes verticais de aço galvanizado (distantes até 60 cm uns dos outros). As chapas são parafusadas nesses perfis.
- Cobertura das divisões: a seguir, faz-se o tratamento das juntas – região mais suscetível a fissuras. Por isso, aplicam-se nesses pontos massa e fitas específicas, duas vezes. O objetivo é deixar a superfície totalmente plana.
- Finalização caprichada: como a massa talvez retraia com a secagem, espera-se um dia antes de partir para o acabamento, que pode ser pintura, cerâmica, madeira... Se a junta estiver funda, melhor repetir a dose. Caso contrário, basta lixar.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho, como método de procedimento, será utilizado o método dedutivo, o qual segundo Leonel e Motta (2011, p. 66), trata-se de “parte de uma proposição universal ou geral para atingir uma conclusão específica ou particular”. Restou utilizado esse método, tendo em vista que a pesquisa acerca do tema, iniciou-se com uma consulta de diversos textos e livros, sendo que posteriormente, a partir da análise das leituras, de um ponto geral, passou-se a refletir sobre a utilização de Drywall no Brasil, buscando-se uma conclusão específica.

Com relação aos métodos de procedimento, estes são vinculados, mais especificamente, as fases de desenvolvimento da pesquisa, apresentando um conjunto de procedimentos que estão ligados ao momento da coleta e registro dos dados, classificando-se em método comparativo, estatístico, etnográfico, histórico e monográfico. (LEONEL; MOTTA, 2011, p. 74).

4 RESULTADOS E DISCUÇÕES: DRYWALL X ALVENARIA

4.1 ALVENARIA

Verificou-se que no processo construtivo da alvenaria, a parede é formada por tijolos ou blocos de concreto, que são assentados com argamassa. A parede de alvenaria traz algumas etapas a mais na sua construção. Primeiro, os tijolos ou blocos de concreto são assentados com argamassa. Depois, parede é chapiscada para receber o reboco e, posteriormente, nivelar e fazer o acabamento. Por possuir diversas etapas que demandam tempo de secagem, o processo todo acaba sendo mais demorado, e gera mais resíduos se comparado às paredes de gesso. Apesar disso, o resultado final é mais sólido e mais resistente a impactos do que uma parede de drywall.

A instalação de móveis e equipamentos mais pesados também exige menos cuidados em uma parede de alvenaria, que suporta bastante peso e dispõe de mais opções no mercado, uma vantagem da alvenaria é sua menor vulnerabilidade aos insetos. Não existe um espaço vazio entre as placas, onde pode acontecer a proliferação de pequenos insetos.

4.2 DRYWALL

O sistema drywall é versátil, permitindo um ótimo acabamento em soluções personalizadas como paredes curvas, recortes para iluminação embutida em painéis e muito mais.

Também pode ser uma alternativa mais acessível na construção de prateleiras, estantes e nichos – elementos que muitas vezes acabam onerando o custo de um projeto.

Além de ser um tipo de obra prática e limpa (não é necessário argamassa, areia ou cimento), o drywall gera menos entulho que a alvenaria. E seus resíduos são praticamente todos recicláveis.

Outro ponto positivo: o sistema permite construir paredes com menor espessura que as paredes em alvenaria. Com paredes mais estreitas, pode-se ganhar até 5% de área útil no projeto, o que pode representar uma bela diferença, principalmente em apartamentos menores.

O sistema drywall permite construir paredes com menor espessura que as paredes convencionais em alvenaria de tijolos.

Com paredes mais estreitas, ganha-se aproximadamente 5% de área útil no projeto. À primeira vista esse percentual pode parecer baixo, mas na verdade esse número pode fazer a diferença principalmente quando se tratam de apartamentos com área pequena, em que todo acréscimo de espaço disponível é muito bem-vindo.

O uso do sistema drywall permite uma construção muito mais limpa em relação à execução de paredes convencionais, já que não demanda a utilização de argamassa ou outro material e gera menos entulho que a alvenaria convencional, sendo que os resíduos são recicláveis.

Além das vantagens do drywall em relação a limpeza da obra, a facilidade de corte e manuseio do produto e a leveza do drywall permitem que uma parede nesse material seja executada com muito mais rapidez e praticidade, reduzindo assim o tempo de obra e os custos com os prestadores de serviço.

4.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO DRYWALL X ALVENARIA

4.3.1 Resistência

O sistema é menos resistente a impactos do que a alvenaria. Porém cabe lembrar que o drywall atende aos requisitos de desempenho técnico em relação a pesos, impactos e outros aspectos exigidos pelas normas e regulamentações.

4.3.2 Uso em paredes externas

O sistema drywall não pode ser utilizado para execução de paredes externas, que estejam submetidas à ação do tempo. Mesmo as placas verdes, que tem resistência à umidade, devem ser utilizadas somente em ambientes internos da edificação, em áreas secas, úmidas ou molhadas, como cozinhas e banheiros.

4.3.3 Instalação de móveis e equipamentos

Móveis e equipamentos como prateleiras, bancadas, nichos, televisores e outros, podem ser instalados em paredes de drywall, porém será necessário o uso de

itens específicos, como buchas apropriadas, ou até mesmo prever estruturas internas de reforço metálico adequadas para o peso que as paredes irão suportar.

4.3.4 Vulnerabilidade à insetos

Como a parede em drywall é composta por perfis metálicos e chapas de gesso acartonado, existe um espaço vazio entre as placas, que possibilita a proliferação de pequenos insetos como cupins e traças no seu interior. Por isso, em locais quentes, principalmente, será necessário um maior controle.

Quadro 1 - Drywall: Vantagens e desvantagens.

DRYWALL	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
Montagem por acoplamento mecânico, com modulação flexível: esse sistema possui maior precisão dimensional em razão de ser obtido pela montagem de componentes produzidos industrialmente e, também por esse motivo, pode-se reduzir significativamente o consumo de mão-de-obra durante a sua execução.	Resistência mecânica cargas pontuais superiores a 35 kg devem ser previstas com antecedência, para instalar reforços no momento da execução
Leveza	
Menor espessura com ganho de área útil	Sensibilidade à umidade, o que impede a sua aplicação em fachadas e implica em riscos potenciais de problemas patológicos quando utilizadas em locais com possibilidade de ação de água. Para que as paredes de gesso não apresentem ao longo do tempo formação de bolor e manchas de umidade, são necessários cuidados quanto ao tipo de chapa a serem empregados, detalhes executivos, impermeabilização e proteção superficial
Construção a seco, levando a possibilidade de maior limpeza e organização do canteiro.	
Ótimo desempenho térmico e acústico quando associado ao uso de lã mineral no seu interior.	Exige mão de obra qualificada
Resistência ao fogo	
Facilidade na instalação elétrica, hidráulica e telefônicas executadas e testadas durante a sua execução, evitando quebras e desperdícios de materiais e mão de obra.	Barreira cultural do construtor e do consumidor
Garantia do serviço	
Redução de volume de material transportado vertical e horizontal	Falta de visão sistêmica dos construtores, de modo que o potencial de racionalização oferecido pelo sistema não seja totalmente explorado
Mínimo de desperdícios e retrabalho	
Flexibilidade no layout possibilitando modificações ao projeto e, em alguns casos, proporciona o aumento de área útil, uma vez que as paredes podem ser mais finas	
Economia na mão de obra	
Redução de peso, tornando a estrutura mais leve	
Reduz o cronograma	
Custos financeiros	
Superfícies planas com textura lisa eliminando a necessidade de camadas de regularização	
Vedação desmontável, leve, baixo volume de material, reduzindo de as fundações e estruturas	

Fontes: Dados de pesquisa.

Quadro 2 - Alvenaria comum: Vantagens e desvantagens

ALVENARIA COMUM DE TIJOLO CERÂMICO	
VANTAGENS	DESvantagens
Maior resistência à umidade	Durante a sua execução quebras e desperdícios de materiais e mão de obra
Maior resistência à pressão do vento	Maior possibilidade de erros durante a execução
	Aumento do peso
Resistência às infiltrações de água pluvial	Redução de área útil
	Cronograma mais oneroso
Função estrutural	Superfícies irregulares
	Aparecimento de fissuras e trincas
Isolamento térmico	Umidade ascensional
	Descolamento do revestimento
Isolamento acústico	Garantia do serviço em curto prazo
	Vedação fixa, grande volume de material, sobrecarga nas fundações e estruturas

Fonte: Dados da pesquisa

4.4 CUSTOS

Quadro 3 - CUSTOS DA OBRA

ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS							
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITARIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	
ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS DE 10 X 20 X 20 CM (10 CM)	m²	1.747,00	14,04	23,53	24.527,88	41.106,91	65.634,79
CHAPISCO	m²	3.494,81	1,63	2,75	5.696,54	9.610,72	15.307,26
EMBOÇO (e = 20 mm)	m²	3.494,81	4,66	15,3	16.285,81	53.470,56	69.756,37
CUSTO TOTAL (R\$)					46.510,220	104.188,19	150.698,42
GESSO ACARTONADO							
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITARIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL + MÃO DE OBRA		MATERIAL + MÃO DE OBRA		
PAREDES DE GESSO ACARTONADO; ESPESSURA 10cm, COM ISOLAMENTO EM LÂ DE VIDRO	m²	1.747,00	81,00		141.507,00		141.507,00
CUSTO TOTAL (R\$)					141.507,00		141.507,00

FONTE: <http://construcomercado.pini.com.br/negocios-incorporacaoconstrucao/133/artigo298754-1.aspx>. 2021.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do Drywall possui características próprias e que devem ser respeitadas e seguidas a rigor para um bom desempenho.

Seguindo o processo correto de preparação, fixação, instalação, acabamento e impermeabilização das placas obtemos um melhor resultado.

A ausência de maiores informações no mercado de consumidores e até mesmo pelos construtores gera o preconceito em relação a este tipo de tecnologia.

A sensação que grande parte do mercado possui é que se trata de uma estrutura frágil, com baixo desempenho acústico e térmico, o que não é verdade.

Essa falta de informação é um dos fatores que mais implicam com crescimento da técnica em nosso país.

Este sistema construtivo tem grandes possibilidades de sucesso no Brasil, mas para isso é necessário investirmos em treinamento para os profissionais da área, isso depende de uma grande injeção de capital, sendo de uma grande marca ou empresa, dessa forma teríamos uma difusão com maior velocidade da técnica.

A geração de resíduos é outro ponto que pode ajudar e muito na difusão da técnica, em relação a alvenaria, o Drywall gera menos resíduos e não utiliza água, tornando o processo sustentável.

O Drywall executado da forma correta e seguindo todos os passos necessários, nos traz vários benefícios, superando a alvenaria tradicional em vários pontos.

É um sistema construtivo rápido, econômico, eficiente e mais limpo, reduzindo indiretamente os custos e os prazos da obra.

Certamente nos próximos anos teremos um aumento significativo no uso da técnica, esse aumento depende diretamente da divulgação e qualificação de profissionais da área, sabendo da economia de tempo e custo, além de produzir menos resíduos, tornando a obra mais sustentável, essa tecnologia tomará conta de uma boa fatia do mercado na construção civil, tanto para novas construções como em reformas.

REFERÊNCIAS

PENTEADO, André Padilha; DALBELLO, Paula Ferraretto. **Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico**. Trabalho apresentado no 17º CBEC IMat- Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu, PR, 2006.

CONDEIXA, Karina de Macedo Soares Pires. **Comparação entre materiais da construção civil através da avaliação do ciclo de vida: sistema Drywall e alvenaria de vedação**. - Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009. 210 p.

BERNARDI, Vinicius Batista. **Análise do método construtivo de vedação vertical**

interna em Drywall em comparação com a alvenaria. - Relatório de estágio - Universidade do Planando Catarinense, Lages, 2014. 41 p.

ROSSO. M. S. **Conheça as vantagens e desvantagens do Drywall antes de escolher sua parede.** São Paulo, 2015. Disponível em: www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=29&Cod=1446. Acesso em: 10 set. 2021.

SILVA, F. R. **Alternativa tecnológica na construção civil:** o uso do Drywall como dispositivo de vedação. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2007. Disponível em: www.engenharia.anhembi.br/tcc-07/civil-22.pdf. Acesso em: 12 set. 2021.

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO CERÂMICO NA PRODUÇÃO DO TIJOLO SOLOCIMENTO

Kauana Vaz Franco Crispim¹

Rodolfo Michels Godinho²

Joana D'arc de Souza³

Resumo: Com o crescente avanço da construção civil, faz-se necessário o estudo de novos componentes e novas tecnologias que se aliam aos conceitos de sustentabilidade. Este setor consome diversos materiais, os quais não são renováveis, como areia, água e agregados. Sendo que em alguns casos acabam por ser descartados de forma incorreta, causando grande impacto ambiental. Objetiva-se portanto avaliar o comportamento do tijolo solo-cimento com a incorporação de resíduo chamote cerâmico frente a esforços de compressão e ensaio de absorção de água. Como metodologia, serão caracterizados corpos de prova, aos quais serão submetidos a ensaio de compressão, a fim de avaliar a resistência adequada, bem como ensaio de absorção a fim de identificar se o material caracterizado corresponde aos parâmetros mínimos de resistência em ambientes de alta umidade.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Tijolo solo-cimento. Ensaio de compressão.

1 INTRODUÇÃO

Na conjuntura social no qual o país vive, a discussão envolvendo abordagem sustentável tem avanços gradativos, incluindo profissionais de diversas áreas, trabalhando em direção a soluções sustentáveis e criação de materiais que possam substituir ou reduzir o uso de recursos não renováveis. O processo adotado para este trabalho, requer a inclusão de resíduo cerâmico, com base na produção do tijolo solo-cimento denominado “tijolo ecológico”. (SILVA *et al.*, 2015).

Uma das vantagens no desenvolvimento de um tijolo solo-cimento é que na sua produção não envolve queima no forno como na produção de um bloco cerâmico convencional, reduzindo 90% da liberação de gases como CO₂.

O tempo de produção é mais rápido e sua mão de obra não requer muito trabalho. (PRADO; BRESSIANI, 2012).

¹ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil – FUCAP UNIVINTE. E-mail: kauanavfc@gmail.com.

² Orientador. Professor e Coordenador do curso de Engenharia Civil da Univinte/ FUCAP. E-mail: rodolfo@rodolfomichels.com.br.

³ Professora do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: joanads@fucap.edu.br.

Tendo em vista o contexto entre a construção civil sustentável e a reutilização de resíduos cerâmicos para a composição de tijolo solo-cimento, tem-se por objetivo caracterizar uma amostra de tijolo solo-cimento com a inserção de resíduo de chamote cerâmico, submetendo a mistura a ensaios de compressão e absorção, a fim de avaliar o comportamento da amostra, buscando a sua aplicabilidade na construção civil.

Como metodologia, serão descritos os procedimentos relacionados as normas da ABNT correspondente, bem como as formas de obtenção de materiais e caracterização das amostras coletadas. Justifica-se a realização deste trabalho, tendo em vista o direcionamento de questões vinculadas a sustentabilidade, relacionadas a construção civil, haja vista que a indústria construtiva, é uma das que mais emite material residual, que são depositados nos locais de gerenciamento de resíduo. Entretanto, a proposta é que o material residual faça parte dos conceitos de economia circular, beneficiando a construção civil de forma logística e de forma ambiental.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA CERÂMICA DE REVESTIMENTOS

A indústria cerâmica está em constante crescimento em caráter nacional e internacional. Entretanto, mediante ao atual cenário pandêmico, esta indústria, assim como a de diferentes segmentos obteve baixa em seus rendimentos.

A indústria cerâmica brasileira tem grande importância para o país, tanto na geração de divisas como na geração de empregos. Como a grade da indústria cerâmica tem um vínculo umbilical com a construção civil e sua expansão. (PRADO; BRESSIANI,2012)

Sua influência é significativa na economia do país, tendo em vista seu domínio na geração de empregos e pertencente ao setor da indústria que cresce constantemente (construção civil). Apesar das crises financeiras de 2008 até os dias de hoje, ainda assim a indústria do ramo cerâmico obteve números interessantes. Entretanto, de acordo com

Prado; Bressiani (2012, p. 12), “O aumento do consumo no Brasil, nos tornamos um mercado atrativo para as empresas cerâmicas internacionais, que tiveram

vantagem a importação.” Nota-se um crescimento, significativo nesta área, principalmente considerando o cenário em que se encontra o país.

2.2 RESÍDUOS E SUA CLASSIFICAÇÃO

Resíduo, é todo material proveniente do que fora remanescente da produção de um determinado compósito, no qual não terá utilização, e será destinado a descarte. No Brasil, assim como em diferentes lugares do mundo, o resíduo ou lixo como é usualmente conhecido, este, deve ser tratado e classificado com resiliência, tendo em vista sua reutilização para outros fins. Todo material caracterizado gera resíduo, e possui a sua destinação adequada, seja esta para reutilização ou não, identificando-se tal parâmetro mediante a sua classificação adequada. (ECYCLE, 2003).

Ao que se refere a sua gestão e classificação, o resíduo na construção civil, a fim de que seja realizada a sua gestão de forma adequada, bem como destinação após sua produção, é necessário que este seja classificado. “Aparentemente poderia ser simples o equacionamento dos resíduos sólidos, com a diminuição da utilização desta matéria prima, por um lado, e por outro, o aumento da taxa de recuperação/reciclagem de produtos dos resíduos.” (ECYCLE, 2010, S/P).

A distribuição nos aterros ocorre conforme os tipos de resíduo. O órgão que realiza as liberações de aterro, bem como identifica as irregularidades com relação a disposição dos resíduos e agressão ao meio ambiente é o IMA (Instituto do Meio Ambiente). Este, em parceria com as disposições descritas no CONAMA, tem por objetivo, desenvolver e licenciar as obras de construção civil, fiscalizar os ambientes irregulares e garantir a segurança do meio ambiente. (IMA/SC, 2017).

2.2.1 Chamote cerâmico

Chamote cerâmico pode ser definido como um subproduto proveniente de rejeito de materiais cerâmicos após queima. Devido as quebras, defeitos ao longo do processo produtivo que impossibilitam estes de serem comercializados sendo automaticamente descartados e encaminhados para aterros. (ZACCARON, 2013).

Inúmeras empresas já tem encontrado um destino apropriado aos chamote cerâmicos que é sua reutilização no processo de fabricação para novos materiais.

Importante ressaltar que para reinserir o chamote cerâmico ao processo produtivo se faz necessário fragmentar as peças descartadas a uma granulometria determinada, o que é possível por meio da utilização de equipamentos de trituração denominados moinhos martelos. A sua reutilização no processo produtivo produz inúmeros benefícios técnicos ao novo produto, além de economia. (ZACCARON,2013)

A incorporação de chamote a argilas, conforme estudo realizado por (ZACCARON,

2013), propõe que o material seja potencialmente controlado com relação a retração, atribuindo qualidade no produto a ser caracterizado com sua incorporação. A granulometria do chamote cerâmico, após a queima da cerâmica e obtido em fábrica, propõe inclusive na etapa de secagem do material a ser caracterizado, tendo em vista que contribui para o melhora do grau de empacotamento, sendo este grau referente a morfologia das partículas do chamote, e que em forma de reação promove a ação mencionada. (VIEIRA, 2004).

Quanto a classificação do chamote quanto finalidade “Resíduo”, este é caracterizado, por ser proveniente da queima de peças de cerâmica, monoporose, sendo classificado como “Classe II – Não Inerte”, no caso, não se refere a um resíduo que contém periculosidade, mas sim, contém aspectos que proporcionam a qualidade do material que ao ser caracterizado, incorpora o resíduo em questão. (ZACCARON, 2013).

2.3 ABNT NBR 8492:2012 – TIJOLO SOLO-CIMENTO – ANÁLISE DIMENSIONAL, DETERMINAÇÃO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O método de ensaio descrito na NBR 8492:2012 – Tijolo solo-cimento – Análise dimensional, determinação de resistência à compressão e da absorção de água, tem como objetivo analisar as características mecânicas principais do tijolo solo-cimento.

Ao que se refere à resistência a compressão, prevê uma resistência mínima de 2,1 MPa, prevista por norma, a ser determinada via ensaio em prensa hidráulica/pneumática “EMIC”, ou qualquer outra prensa que disponha a carga uniformemente no material a ser rompido.

Por norma, 8492:2012, deve ser no mínimo três amostras e no máximo 13 amostras.

O tijolo deve ser cortado ao meio, e sobrepor as duas faces, sendo coladas com argamassa colante ou pasta de cimento Portland. Aguardar 24h da sua secagem e posteriormente submergidos 24h anteriores a realização do ensaio.

Posteriormente, conforme a NBR 8492:2012, as amostras são submetidas a uma carga uniforme máxima de 500 N/S. Tal carga submetida deve ser mantida até que o material seja rompido. A fim de que obtenham-se resultados satisfatórios, o corte do tijolo, bem como a espessura de pasta deve ser realizado de forma regular sem que haja qualquer tipo de ruptura no canto vivo do material, a fim de que não prejudique no resultado final da resistência desejada.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este estudo teve por finalidade principal, avaliar o comportamento estrutural do tijolo solo-cimento, com a aplicação de diferentes percentuais de resíduo cerâmico, frente a ensaios os quais apresentaram estes resultados. Cada ensaio e procedimento realizado seguiu os padrões definidos pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) com base nas especificações de tijolo solo-cimento. Como já mencionado anteriormente, esta etapa foi fundamental para o progresso da pesquisa, visto que através dos autores, puderam-se realizar definições importantes seguindo passo a passo como deveria.

A pesquisa segue algumas etapas, as quais foram definidas previamente, sob orientação. Após o levantamento dos dados, referências bibliográficas e normas, que se relacionam com os métodos adotados para elaboração de ensaios e procedimentos experimentais. Foram caracterizados os blocos de solo-cimento, realizados com uma prensa de 5 a 7 toneladas de compactação, cedido pelo Laboratório de Edificações da

Escola Técnica CEDUP Abílio Paulo. Seguindo as dosagens pré-definidas, foram caracterizados 3 traços com 20 blocos cada, seguindo ao que se determina a ABNT NBR 10833 – Fabricação de Tijolo e bloco solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento; posteriormente foram encaminhados para ensaios de absorção, resistência a compressão.

3.1 LEVANTAMENTO DE NORMAS ABNT E MATERIAIS PARA CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS

Foram realizadas as identificações das normas necessárias a composição dos blocos, para a realização de sua caracterização, conforme o que descreve os requisitos definidos pela ABNT NBR. Fez-se o levantamento dos materiais que foram utilizados para a caracterização da mistura realizada e conforme ABNT NBR 8491:2013 – Tijolo solocimento – Requisitos, definiu-se que a mistura do solo cimento deveria ser realizada com Cimento CPIV ou CPV- ARI, água, Solo (silte+argila), e se necessário adição de algum tipo de aditivo.

O fornecimento do cimento CPV- ARI foi realizado através de uma concreteira de Criciúma/SC Concretar, localizada no Bairro Nossa Senhora da Salete, na qual obtinham amostras de cimento para análise, as quais seriam descartadas. Foram fornecidas 27 amostras de 3 kg cada, para fins de estudos. As amostras foram coletadas no local da obra, sendo estas sem nenhum tipo de alteração. Considerando que o cimento CPV – ARI é de extrema dificuldade para encontrá-lo em materiais de construção.

Figura 1- Local de coleta e amostra de Cimento CPV – ARI



Fonte: Concretar – Criciúma (operador de Balança Wagner), 2021.

Quanto ao fornecimento do solo, este foi coletado em uma empresa de gerenciamento de resíduos, localizada no Município de Forquilha/SC. A empresa ECOTRI/ CD Transportes, realiza trabalho de regularização de terrenos em geral, demolição de obras e recolhimento de resíduo de construção civil. Conforme o proprietário da empresa, o solo fornecido é rico em argila e silte, bem como é proveniente da região da

Sanga do café/SC. Para seu manuseio, foi necessária regularização através de licença de movimentação de terra. Conhecido como Saibro vermelho, atende os requisitos conforme norma ABNT NBR 8491:2013 – Tijolo solo-cimento – Requisitos.

Figura 2 - Local de coleta do solo (Empresa de gerenciamento de resíduo).



Fonte: ECOTRI Forquilha – (Gabriel Sócio da empresa), 2021.

Quanto ao resíduo de chamote cerâmico, material no qual obteve-se mais dificuldade de coletar, devido a ser pertencente a uma empresa multinacional, e que necessita realizar controle de entrada e saída de material seja ele residual ou não, foi fornecido pela empresa Eliane Revestimentos – Unidade 3, localizada na Rua Maximiliano Gaidizinski, em Cocal do Sul/SC. Foram fornecidos 10 Kg de amostra, de chamote puro, sem mistura com outros tipos de cerâmica da produção.

Ao que se refere aos demais itens de utilização para caracterização dos blocos, foram fornecidos pela escola CEDUP Abílio Paulo, de Criciúma/SC, que conta com uma parceria com as Faculdades e Universidades da Região Sul de Santa Catarina, quanto a utilização dos laboratórios. Além dos equipamentos como padiolas, carrinho de mão, infraestrutura, forneceu inclusive a utilização da prensa manual hidráulica, necessária para moldagem dos blocos. A prensa atendia os requisitos definidos conforme norma ABNT NBR 8491: 2013. Tanto os materiais, quanto ao local para caracterização dos blocos, foram fornecidos de forma gratuita das empresas, tendo em vista o interesse destas quanto ao comportamento dos materiais frente a esforços de compressão, a fim de desenvolver projetos futuros.

3. 2 CÁLCULO DE TRAÇO

Em consonância com o orientador da pesquisa, foram definidos três traços de caracterização, bem como um traço de referência. Conforme norma ABNT NBR 8491: 2013 – Tijolo solo-cimento – Requisitos, define um traço padrão de caracterização de

70% solo, 15% cimento e 15% água, porém em contato com empresa de caracterização de bloco solo cimento, informa que a dosagem (sem considerar perda ou inserção de componente), é sempre “3 para 1”. Ou seja, a cada três padiolas, uma será de cimento.

Entretanto, a norma ABNT NBR 8492:2012 – Tijolo solo-cimento – Análise dimensional, determinação de resistência à compressão, define que para analisar-se a as amostragens quanto á compressão e absorção, seriam necessários que fossem caracterizados 10 amostras do lote principal, sendo 7 submetidas a compressão, e 3 direcionadas ao ensaio de absorção. Portanto, como tratavam-se de 3 traços diferentes e o traço referência, o total caracterizado é de 40 unidades, sendo 10 para cada percentual de inserção de resíduo.

Quadro 1: Percentuais de materiais para bloco solo-cimento.

QUANTITATIVO BLOCO SOLO-CIMENTO					
Percentuais de inserção de Resíduo %	Quantidade (Und.)	Cimento (L)	Resíduo (L)	Água (L)	Solo/Argila (L)
TREF 0%	10	2,8125	0	2,81125	13,125
40%	10	1,6875	1,125	2,81125	13,125
30%	10	2,25	0,5625	2,81125	13,125
20%	10	1,96875	0,84375	2,81125	13,125
Total	40	8,71875	2,53125	11,245	52,5

Fonte: Da autora, 2021.

De acordo com a norma ABNT NBR 10833:2013 - Bloco solo-cimento sem função estrutural - Fabricação, define que para o traço de um bloco solo-cimento considerando volume total 100%, constitui-se por 70% de Solo Argiloso+Silte, 15% de cimento CP IV ou CP-V ARI, e 15% de água. Considerando que a relevância do trabalho trata-se da substituição do cimento, para diminuição de custo do material, os percentuais de inserção de resíduo foram calculados com base na quantidade de cimento calculada (100%), para aplicação dos percentuais alinhados.

Os cálculos foram baseados nos volumes dos blocos, considerando a análise dimensional realizada conforme norma ABNT NBR 8492:2012 – Tijolo solo-cimento – Análise dimensional, determinação de resistência à compressão. Com base na análise dimensional, em comparativo com os blocos caraterizados para esta pesquisa, o bloco seguiu as dimensões definidas conforme norma 8492:2012, considerando também as dimensões do molde proposto em laboratório. As dimensões mínimas de acordo com a ABNT NBR 8492:2012 utilizadas, são de: H= 6,25 cm; C = 25 cm; L =12,5 cm;

Considerando as dimensões aplicáveis, tem-se o Volume de um cubo:

$$V = H \times C \times L \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V = 0,0625 \times 0,25 \times 0,125$$

$$V = 0,01953\text{m}^3$$

Sendo: V = Volume; C = Comprimento; L = Largura; m³ = Metros Cúbicos. Como o cálculo foi realizado em m³, e no local para medição de das quantidades haviam somente padiolas, converte-se portanto os valores para L, para posterior conversão dos valores em

Padiolas. O método de conversão para padiolas foi realizado devido à ausência de balança no local, bem como provetas graduadas de volume. O método também é comumente utilizado em usinas de fabricação de blocos solo-cimento, bem como em obras em geral, que não conseguem conter um controle absoluto dos quantitativos dos materiais, também devido à ausência de estrutura para uma balança in loco. Para conversão, utilizou-se “regra de 3”.

Considerando volume total de V = 0,001875 m³:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \text{-----} 1000 \text{ l} \\ 0,001875 \text{ m}^3 \text{-----} X \text{ l} \\ 1 \text{ m}^3 \times X \text{ l} = 1000 \text{ l} \times 0,001953 \text{ m}^3 \\ 1 X \text{ l} = 1,95 \\ \text{Volume (l)} = 1,95 \text{ l} \end{array}$$

Considerando que serão caracterizados 10 blocos cada traço, o volume total de blocos em litros será de:

$$V = 1,875 \text{ l} \times 10 \text{ blocos}$$

$$V = 19,5 \text{ l}$$

Sendo l = Litro. Como trata-se de um método de cálculo desenvolvido para caracterização momentânea dos blocos, para determinação dos volumes por padiolas, foram seguidas as determinações conforme ABNT NBR 8492:2012, realizando análise dimensional das padiolas a serem utilizadas para definição dos volumes e quantitativos de materiais. A figura (3) representa a análise dimensional das padiolas.

Figura 3: Análise dimensional das Padiolas.



Fonte: Da autora, 2021.

Com base na análise dimensional das padiolas realizadas in loco, identificam-se as dimensões em cm, o mesmo método aplicado para as padiolas pertencentes ao laboratório, foram aplicados para identificação do tamanho do bloco em prensa conforme para posterior cálculo de volume, cuja as dimensões são: H= 13 cm; C Cbase maior = 50 cm; C base menor= 45 cm; L = 15 cm.

Considerando as dimensões aplicáveis, tem-se o Volume de um prisma trapezoidal:

$$V = [(C_{\text{base maior}} + C_{\text{base menor}}) \times a \times 1/2] \times h \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V = [(0,50 + 0,45) \times 0,13 \times 1/2] \times 0,13$$

$$V = 8,01 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Considerando volume total de $V = 8,01 \times 10^{-3} \text{ m}^3$:

$$\text{Volume (L)} = 8,0275 \text{ L}$$

Portanto, descreve-se o volume utilizado em padiolas, sendo considerado no momento da caracterização a perda de material, visto que não se trata de um método científico, e sem a utilização da balança de precisão, ocorreriam perdas de materiais. Não é aconselhável que se utilize conversão em padiolas, principalmente por se tratar de um cálculo de traço empírico. Porém, ainda se utiliza-se in loco, visto que não existe um controle tecnológico, bem como estrutura para tal, além do tempo no qual seria necessária a pesagem dos materiais.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS

Os blocos foram caracterizados conforme método de caracterização definido em norma ABNT NBR 10833: 2012 - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento. Os lotes de blocos a serem caracterizados foram definidos através da norma ABNT NBR 8492:2012 Tijolo solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência a compressão e da absorção de água – Método de ensaio, no qual solicita que 7 unidades da amostra seja direcionada para ensaio de compressão e 3 unidades para ensaio de absorção.

Embora que a ABNT NBR 10833: 2012 menciona que de um lote mínimo de 10.000,00 blocos caracterizados, 10 sejam selecionados para submissão de método de ensaio, confirmando o que a norma 8492:2012 afirma. Partindo deste ponto, bem como mediante as dosagens calculadas conforme supracitado, mediante a figura (4), foi realizada a separação das amostras nas padiolas conforme os percentuais de teste a serem analisados.

Figura 4 - Separação de amostras.



Fonte: Da autora.

Utilizou-se o carrinho de mão para a mistura manual dos materiais que compõe o bloco, devido ao tamanho, que permite maior aderência entre os materiais. A mistura foi feita de modo manual, e recalculando os valores a medida que sentisse necessidade de incluir mais água na mistura.

Posterior a mistura dos materiais, conforme ABNT NBR 10833:2012, a mistura foi submetida a prensa manual, aplicando-se uma força sobre o molde afim de obter o bloco, formato descrito conforme a Figura (5). As moldagens iniciais obteve-se mais dificuldade, devido a prensa ser antiga e necessitar de alguns ajustes para uso in loco.

Figura 5 - Blocos caracterizados



Fonte: Da autora, 2021.

Ao total, foram caracterizadas 40 amostras sendo considerado os três percentuais de inserção de material, bem como o traço referência. Posterior a caracterização dos materiais, aguardou-se 48h, e conforme norma, os blocos foram submetidos a cura úmida, sem precisar submergi-los em meio aquoso, somente, mantê-los úmidos de forma diária até os 14 dias, idade definida para ensaio de compressão, tais procedimentos em conformidade com a ABNT NBR 10833: 2012.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ENSAIO DE ABSORÇÃO

O ensaio de absorção foi realizado no laboratório do SENAI/SC de Criciúma/Santa Catarina, no qual baseou-se no método de ensaio determinado pela norma ABNT NBR 8492:2012 – Tijolo de Solo Cimento – Análise dimensional, determinação da resistência a compressão e da absorção de água – método de ensaio. Foi obtido a massa seca e úmida do material, sendo repetido o procedimento quatro vezes, com 3 amostras cada percentual e referente ao tijolo referência, conforme a Figura (6).

Figura 6 - Ensaio de absorção de água.



Fonte: SENAI/SC – Criciúma (Laboratorista Francini Mafioletti),2021.

Quanto maior a finura do material, mais os poros ficam fechados, dificultando a penetração de água na estrutura do bloco em questão. Partindo desta ideia, com base na granulometria, realizou-se o ensaio de absorção, somente nos blocos de percentuais finais definidos. De modo geral os resultados foram satisfatórios quanto a absorção de água, sendo descrito os resultados conforme o quadro (2).

Quadro 2 - Resultados ensaio de absorção de água

ABNT NBR 8492: 2012 ENSAIO DE ABSORÇÃO				
Percentuais de inserção de Resíduo %	Quantidade (Und. blocos).	Absorção média (%)	Classificação	Requisitos
TREF 0%	3	31	Atende	20 a 22%
40%	3	33	Atende	20 a 22%
30%	3	32,1	Atende	20 a 22%
20%	3	32	Atende	20 a 22%
Total		32,025		

Fonte: SENAI/SC Criciúma (Laboratorista Francini Mafioletti), 2021.

A norma ABNT NBR 8492:2012, determina que os parâmetros mínimos de análise de absorção do tijolo solo-cimento, refere-se a média dos corpos de prova deve ser $\leq 20\%$ e os valores individuais $\leq 22\%$. Conforme identifica-se no quadro, o percentual de 40% de inserção possui média de absorção de 32,1% e valores individuais máximos de 33% atingindo a determinação determinada por norma.

O que também identifica-se com base na análise de dados do ensaio de absorção, é que a medida que reduz-se o percentual de inserção de chamote cerâmico, os percentuais de absorção de água reduzem, o que pode-se constatar que o aumento da capacidade de absorção de água do bloco solo-cimento neste experimento, está diretamente relacionado a quantidade de chamote cerâmico (quanto maior percentual de inserção, maior a capacidade de absorção que atende a norma.).

4.2 ENSAIO DE COMPRESSÃO

Ensaio realizado conforme os parâmetros definidos na norma ABNT NBR 8492:2012 - Tijolo de Solo Cimento – Análise dimensional, determinação da resistência a compressão e da absorção de água – método de ensaio, no qual propõe a resistência a compressão do material caracterizado. Assim como o teste de absorção, este também foi realizado no laboratório do SENAI/SC, no qual descreve na norma que os dados de compressão devem atingir o mínimo de 2,1 MPa. Conforme figura (7), demonstra o momento da submissão de uma das amostras a carga de compressão através da prensa EMIC.

Figura 7 - Ensaio de compressão



Fonte: SENAI/SC – Criciúma (Laboratorista Francini Mafioletti, 2021).

De acordo com os parâmetros analisados descritos no quadro (3), apesar de a absorção ter atendido a norma, os dados de resistência a compressão não conferem a compressão desejada, exceto o traço referência sem inserção de resíduo Chamote cerâmico. Pode-se justificar os dados mencionados, devido a substituição efetiva do cimento, sendo este o componente principal responsável por determinar a resistência do material. Uma vez alterada a dosagem deste, infere-se que tenha modificado a capacidade de resistência do material.

Quadro 3 - Resultados ensaio de compressão

ABNT NBR 8492: 2012 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO				
Percentuais de inserção de Resíduo %	Quantidade (Und. blocos).	FCK	Classificação	Requisitos
TREF 0%	7	2,33	Não Atende	< 2,1 Mpa
40%	7	0,2	Não Atende	< 2,1 Mpa
30%	7	0,5	Não Atende	< 2,1 Mpa
20%	7	0,8	Não Atende	< 2,1 Mpa
Total		0,9575		

Fonte: Da autora, 2021.

Outro parâmetro observado que influenciou na resistência do material, é com relação ao método de moldagem. Como tratava-se de uma prensa antiga, na qual não recebia manutenções ou limpeza adequada, bem como as engrenagens necessitavam de óleo para movimentação com mais facilidade, pode ter influenciado na aplicação de força manual no objeto. Considerando que, os valores médios de resistência a compressão devem ser $\geq 2,0$ Mpa e os valores individuais $\geq 1,7$ Mpa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se a relevância quanto a realização dos procedimentos, tendo em vista as questões ambientais, e principalmente redução de impactos ambientais. A ideia principal era pautada na redução de uso de cimento na composição do bloco convencional. Conforme os resultados identifica-se que o material atingiu as exigências por norma, com base nas resistências mediante a percentual de resistência adquirida.

Entretanto, como funcionalidade, identifica-se que o material pode ser aplicável com utilização de paver, ou como peça alternativa em paralelo com a utilização do paver convencional. Muito de sua resistência dá-se por consideração ao uso do CPV ARI (Alta Resistência Inicial). Sua composição em conjunto com o resíduo pozolânico, que também contém componentes que em ação química com o cimento e os demais agregados, fortaleceram para o aumento da rigidez do material.

Com relação ao ponto de vista do resultado final, de fato, o material não conferiu a resistência necessária, no qual pode ser justificado por fatores como falha na moldagem, equipamento sem calibração ou manutenção adequada e principalmente a substituição do cimento, aumento o número de vazios na amostra. Devido ao fato de o cimento proporcionar a maior parte das características de resistência do material, e o chamote cerâmico não contém grandes propriedades cimentícias, pode ter ocorrido

uma redução drástica nas propriedades de resistência do material, justificada pela resistência atingida pelo traço TREF.

Entretanto, as amostras demonstraram grandes resultados com relação a absorção de água. O mais importante, é que quanto maior o percentual de resíduo inserido, maior a capacidade de absorção de água, sendo esta dentro dos parâmetros definidos por norma conveniente. Mediante ao resultado, pode-se então direcionar o uso deste bloco para fins de calçada de pedestres e jardinagem, porém sem aplicação de peso de veículos.

Ao que se refere aos desafios da pesquisa, inicialmente, deu-se mediante ao local de realização de moldagem dos blocos. Apesar de completos, os laboratórios aos quais continham disponibilidade de desenvolvimento da pesquisa, não obtinham a prensa necessária para moldagem do material. Outro ponto relevante foi com relação a forma na qual foram desenvolvidas as medidas.

Apesar do resultado negativo, ainda encontra-se viável a continuidade da pesquisa ao que se refere a inserção do resíduo, sendo como sugestão para trabalhos futuros, a utilização de uma prensa com devida manutenção, bem como utilização de balança para as dosagens e principalmente a substituição parcial do solo argiloso por chamote cerâmico, conferindo a resistência a compressão das amostras, além de testes com diferentes percentuais de inserção de amostra cerâmica puerulenta.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10833**: fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8491**: tijolo solo-cimento: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8492**: tijolo solo-cimento: análise dimensional, determinação da resistência a compressão e da absorção de água: método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ABCERAM. **Informações técnicas**: definição e classificação. Disponível em: <https://abceram.org.br/definicao-e-classificacao/>. Acesso em: 16 mai. 2021.

ABCP. **Solo-cimento**. Disponível em: [https://abcp.org.br/basico-sobrecimento/aplicacoes/solocimento/#:~:text=Praticamente%20qualquer%20tipo%20de%20solo,p reta\)%20n%C3%A3o%20podem%20ser%20utilizados](https://abcp.org.br/basico-sobrecimento/aplicacoes/solocimento/#:~:text=Praticamente%20qualquer%20tipo%20de%20solo,p reta)%20n%C3%A3o%20podem%20ser%20utilizados). Acesso em: 16 mai. 2021.

ALBUQUERQUE, Leandro Queiroz Corrêa de *et al.* **Resistência a compressão de tijolos de solo-cimento fabricados com montículo do cupim.** 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n2/32.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2021.

ARCHTRENDS. **Tudo sobre revestimento cerâmico.** Disponível em: <https://archtrends.com/blog/tudo-sobre-revestimento-ceramico/>. Acesso em: 17 Jun. 2021.

ABRECON. **Gestão de resíduos garante benefícios a construção civil.** Disponível em: <https://abrecon.org.br/gestao-de-residuos-garante-beneficios-na-construcao-civil/>. Acesso em: 16 mai. 2021.

BUSTAMANTE, Gladstone Motta; BRESLANI, José Carlos. **A indústria cerâmica brasileira.** Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/587657067f8c9d6e028b4623/pdf/ci-5-3-587657067f8c9d6e028b4623.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2021.

CORRÊA, Lázaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil.** 2009. Disponível em: https://www.academia.edu/34341904/MONOGRAFIA_SUSTENTABILIDADE_NA_CONSTRUCAO_CIVIL. Acesso em: 23 abr. 2021.

ECYCLE. **Como ocorre o processo de produção do cimento e quais são seus impactos ambientais?** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1569-processo-de-producao-documento-gera-emissoes-e-pode-diminuir-biodiversidade.html>. Acesso em: 23 abr. 2021.

IMA. **Instituto do meio ambiente, o que é?** Disponível em: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/o-instituto/organizacao/o-que-e>. Acesso em: 10 dez. 2021.

LAPIN tijolos. **Técnica de fabricação do tijolo solo-cimento.** Disponível em: <http://lapintijolos.com.br/index.php/solocimento/#:~:text=TIJOLOS%20LAPIN%20E%20ECOLOGIA&text=O%20mesmo%20atende%20%C3%A0s%20especifica%C3%A7%C3%B5es,utilizar%20a%20madeira%20como%20combust%C3%ADvel>. Acesso em: 16 mai. 2021.

PINHO, Nina Pinto. **Tijolo ecológico modular manual prático.** 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/2769714-Tijolo-ecologico-modular.html>. Acesso em: 17 jun. 2021.

PRADO, Ulisses Soares do; BRESSIANI, José Carlos. **Panorama da indústria cerâmica brasileira da última década.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/5876574f7f8c9d6e028b47d5/pdf/ci-18-1-5876574f7f8c9d6e028b47d5.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2021.

SILVA, Marinilda Nunes Pereira da *et al.* **Revestimentos cerâmicos e suas aplicabilidades.** 2015. Disponível em: <https://docplayer.com.br/21718341-Revestimentos-ceramicos-e-suas-aplicabilidades.html>. Acesso em: 17 jun. 2021.

SILVA, Otávio Henrique da *et al.* **Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil.** Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/20558/pdf>. Acesso em: 10 dez. 2021.

TOCA A OBRA. **Tipos de revestimento.** Disponível em: <https://blog.tocaobra.com.br/tipos-de-revestimento/>. Acesso em: 04 mai. 2021.

ESTUDO DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO TIPO “CLASSE A” DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND EM PRODUÇÃO DE CONCRETO

Driele Pereira José¹

Jordani Geri Henrique Bett Filho²

Samira Volpato Becker³

Alessandro de Medeiros⁴

Resumo: O presente trabalho apresenta uma proposta da reutilização dos resíduos tipo classe A descartados na construção civil substituindo o cimento Portland. A sua produção gera um grande impacto ao meio ambiente e existe uma preocupação por ser o 2º material mais produzido no mundo, trazendo consequências na atmosfera por sua liberação de CO₂. Desta forma o objetivo foi verificar se a viabilidade técnica desses materiais reutilizados servirá para o concreto estrutural em obras. O teste de resistência a compressão na amostra com substituição de 10% por resíduo mostrou um resultado superior em relação a amostra de referência, uma absorção de água muito elevada, e massa específica aparente dentro dos parâmetros ideais, logo seu emprego para finalidades estruturais em obras civis não é recomendado por conta do risco da oxidação do aço pela absorção de água, mas sua utilização na produção de artefatos em concreto sem função estrutural é permitida.

Palavras-chave: Resíduos construção civil. Traço do concreto. Substituição parcial.

1 INTRODUÇÃO

O cimento Portland é o segundo material mais utilizado pelo homem aliada a exploração de agregados que promove um grande impacto ambiental. Partindo então para uma solução mais sustentável onde os resíduos da construção civil tem-se mostrado uma alternativa viável.

Com o acelerado crescimento populacional e dos centros urbanos, existe em paralelo o aumento exponencial do consumo por cimento nas construções e por consequência a geração de resíduos em larga escala, dentro das possíveis alternativas de minimizar este impacto existe reciclagem de resíduos gerados na construção civil. A incorporação de resíduos na forma de adição mineral ao cimento promove a redução da quantidade do clínquer por m³ de concreto/argamassa, com

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Faculdade Capivari. E-mail: driielepereira @gmail.com.

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Faculdade Capivari. E-mail: jordani.bett.eng @gmail.com.

³ Orientadora. Docente do curso de Engenharia Civil da Faculdade Capivari. E-mail: samiravolpato @gmail.com.

⁴ Professor do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Capivari. E-mail: direitoformal@gmail.com.

isso acarreta a redução dos impactos ambientais e da emissão de (CO₂), gerados pela indústria do cimento (PAULA, 2006). A alternativa para reciclagem de resíduos da construção civil seria resíduos sólidos reutilizáveis ou recicláveis provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras.

A busca pela reutilização de resíduos industriais tem se mostrado constante nas grandes cidades uma vez que os órgãos ambientais têm fiscalizado a geração desses resíduos e criado uma legislação rigorosa no que se refere ao descarte dos mesmos, algumas indústrias já buscam alternativas para reutilizar seus resíduos de forma a minimizar os gastos com a deposição em aterros e se adequar às leis ambientais (SIMÕES, 2013). A preocupação com formas de garantir cada vez mais a preservação do meio ambiente, conseqüentemente atrelada a escassez dos recursos naturais, faz com que o setor da construção civil inove a cada dia em formas sustentáveis para investimento no crescimento do mercado.

Desta forma, o objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade técnica da utilização de resíduos do tipo “classe A” da construção civil como substituição parcial do cimento Portland em produção de concreto, por meio de estudos de possibilidades de um método de dosagem para concretos de cimento Portland com substituição parcial dos agregados e verificar as características físicas destes concretos em relação ao traço preparado com agregados naturais com procedência de extração.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL E A SUSTENTABILIDADE

Com o crescimento populacional e o aumento da demanda, a construção civil que é considerada a engrenagem principal do motor econômico para o crescimento do país, se depara com as dificuldades de executar com sustentabilidade o que já vinha sendo feito há anos sem ela. HARTMANN (2003), define desenvolvimento sustentável como exploração equilibrada dos recursos naturais, de maneira a satisfazer as necessidades e o bem-estar da presente geração sem comprometer as condições de sobrevivência das gerações futuras, incorporando, dessa forma, a variável ambiental.

Quanto a produção de concretos com agregados obtidos a partir de resíduos minerais reciclados estudados por WEDLER e HUMMEL (1946) pode-se dizer que só

a partir de 1928, começaram a ser desenvolvidas pesquisas de forma sistemática, para avaliar o consumo de cimento, a quantidade de água e o efeito da granulometria dos agregados, oriundos de alvenaria britada e de concreto. Porém, a primeira aplicação significativa de entulho reciclado, só foi registrada após o final da 2ª Guerra Mundial, na reconstrução das cidades européias, que tiveram seus edifícios totalmente demolidos e o escombros ou entulho resultante, foi britado para produção de agregados visando atender à demanda na época.

De acordo com LEVY (1997), nações tecnologicamente desenvolvidas como Estados Unidos, Holanda, Japão, Bélgica França e Alemanha entre outras, já perceberam a necessidade de reciclar as sobras de construção civil e tem pesquisado o assunto intensamente, visando atingir um grau de padronização dos procedimentos adotados para obtenção dos agregados, atendendo desta forma aos limites que permitem atingir um padrão mínimo de qualidade.

Segundo BUTTLER (2003), esse resíduo pode ser dividido nas seguintes parcelas: concreto - 41%, alvenaria - 40%, asfalto - 12%, cerâmica e azulejos - 7%. Ao analisarmos esses dados, podemos notar que os resíduos de concreto representam um volume torno de 68 milhões de toneladas/ano, na Alemanha o volume de resíduos produzidos é de cerca de 45 milhões de toneladas, sendo que cerca de 25% do volume total é composto de resíduos de concreto, no Japão a reciclagem de resíduos de construção chega a 57% do volume total produzido; sendo que aproximadamente 73% desse volume são representados pelo concreto proveniente de demolição de estruturas e pavimentos de concreto. No Leste Europeu está ocorrendo um programa intensivo de modernização e reconstrução de rodovias e pontes desde o início da década de 90. Esse processo está ocasionando a geração de grande quantidade de resíduos provenientes de estruturas de concreto armado e pretendido os quais, depois de reciclados, apresentarão um grande potencial para serem reutilizados como agregados.

Conforme a Agenda 21 Brasileira (2000), construir a sustentabilidade no Brasil é um enorme desafio – tão vasto quanto as possibilidades brasileiras, fundadas em seu território continental, recursos naturais ainda fartos, a maior diversidade biológica do planeta, recursos hídricos relativamente abundantes, insolação durante todo o ano, uma complexa sociedade já superior a 160 milhões de pessoas. Para transformar essa possibilidade em realidade, será preciso superar a visão de desenvolvimento a partir apenas de um espaço a ser ocupado e entendê-la como possibilidade de

construção sustentável, exatamente na medida em que tenha também como pontos de partida simultâneos, além do econômico, o ambiental e o social – as especificidades brasileiras, em outras palavras.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tem como pilar o princípio da responsabilidade compartilhada. Isso significa que indústrias, distribuidores e varejistas, prefeituras e consumidores são todos responsáveis pelos resíduos sólidos e cada um terá de contribuir para que eles tenham uma disposição final adequada.

Com essa atual situação, muitas empresas da construção civil estão buscando criar produtos e processos que caminhem a uma tendência mais sustentável ambientalmente. Para JOHN (2000), a visão de desenvolvimento sustentável surge como decorrência de a percepção sobre o desenvolvimento e a preservação ambiental se perpetuar e até mesmo garantir a sobrevivência da espécie humana.

O gerenciamento de resíduos deve atuar como um conjunto de ações operacionais que buscam minimizar a geração de resíduos em um empreendimento ou atividade. Usualmente estruturado por meio de um programa ou plano, costuma abranger conteúdos relacionados a seu planejamento, delimitação e delegação de responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos (materiais humanos, financeiros, temporais, etc.), atividades de capacitação e treinamento, diagnóstico e/ou resíduos (NAGALLI, A., 2014, p.12).

Segundo (FIORITI, 2012), a indústria da construção civil, segundo estimativas, é responsável por 15 a 50 % do consumo dos recursos naturais extraídos do planeta. Contudo, a utilização de resíduos como matéria-prima na construção civil pode vir a reduzir a quantidade de recursos naturais retirados do meio ambiente. Os resíduos poderão se tornar um grande auxiliador na produção de materiais alternativos, como os compósitos, reduzindo os custos com a substituição, em grande parte, dos agregados naturais empregados em concretos, argamassas, blocos, pavers, barreiras de contenção, bases para pavimentação, etc.

2.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

A Norma Técnica, BR 15113 (ABNT, 2004) define Resíduos de Construção Civil, como resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos,

tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

2.2.1 Definição e classificação

Os resíduos da construção civil deverão ser classificados de acordo com a RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 2002 da seguinte forma:

I - Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

2.3 POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) E A LEGISLAÇÃO VIGENTE

O setor da construção civil abrange um espaço gigantesco em todos os países, sendo assim é impossível de deixar o descarte correto na responsabilidade das pessoas que as produziram. Então o Brasil criou leis e normas para dar o descarte correto aos resíduos sólidos.

Os resíduos sólidos da construção civil são regulamentados na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) pelo Art.1º da Lei Nº 12.305, De 2 De Agosto De 2010:

Art. 1º: Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. § 1o Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos.

E pela Resolução CONAMA 307/2002, que Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e ainda a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) complementa com:

NBR 15112 – Áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos;

NBR 15113 – Aterros para resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes;

NBR 15114 – Área de reciclagem para resíduos sólidos da Construção civil;

NBR 15115 – Procedimentos para que agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil sejam utilizados na execução de camadas de pavimentação;

NBR 15116 – Requisitos para que agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil sejam utilizados na execução de camadas de pavimentação.

2.4 CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Atualmente, conforme HELENE (2010) o concreto de cimento Portland é o mais importante material estrutural e de construção civil da atualidade, mesmo sendo o mais recente dos materiais de construção de estruturas, pode ser considerado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida.

Dessa maneira SOKOLOVICZ (2013) cita que é importante reduzir a exploração de matéria-prima, utilizar os recursos disponíveis e reduzir a emissão de poluentes, promovendo assim um menor impacto ambiental na produção de insumos, nesse contexto, concebe-se como muito significativo o consumo de concreto, que é o segundo material mais largamente utilizado pelo homem, perdendo apenas para a água. De acordo com METHA (1994) estima ou consumo anual de concreto seja de 5,5 bilhões de toneladas por ano, as justificativas para o grande emprego estão na vantajosa relação custo/desempenho, nas propriedades que adquire quando utilizado em conjunto com o aço, facilidade de emprego, diversidade de formas e tamanhos possíveis, o concreto permite a execução de estruturas nos mais variados ambientes agressivos, pois além do mesmo suportar os esforços provenientes do projeto, ele é um elemento que apresenta durabilidade.

A norma brasileira define concreto de cimento Portland NBR 12655 (ABNT, 2006), como material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdo e graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, metacaulim ou sílica ativa), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água). Para os efeitos desta Norma, o termo “concreto” se refere sempre a “concreto de cimento Portland”.

2.4.1 Agregados reciclados e suas características

Nos dias atuais, conforme UTIKIAN (2011) deve-se considerar como materiais passíveis de uso nos concretos e possíveis de serem utilizados num estudo de dosagem: os cimentos, os agregados miúdos, os agregados graúdos, a água, o ar incorporado, o ar aprisionado, os aditivos, as adições, os pigmentos e as fibras. Com relação aos agregados, pode ser feita distinção entre agregados reciclados, artificiais ou industrializados e naturais.

Segundo BAUER (2000) os agregados são um componente importante na fabricação do concreto, sendo responsável por cerca de 80% do peso e 20% dos custos de fabricação de concretos estruturais sem a incorporação de aditivos. De acordo com La Serna e Rezende (2009), os agregados utilizados em aplicações de engenharia civil, são materiais granulares, que não possuem forma e volume definidos, tais como, a pedra britada, o cascalho e as areias naturais ou obtidas por moagem de rocha. Para BUTTLER (2003) as características do agregado, como granulometria e textura, também influem embora de maneira menos significativa, nas propriedades do concreto. Para agregados com grande diâmetro característico ou de forma lamelar ocorre a formação de um filme de água junto às paredes do agregado (exsudação interna), enfraquecendo sua ligação com a pasta, por outro lado, agregados de diâmetros menores aumentam a superfície de contato entre o agregado e a pasta de cimento elevando a resistência do concreto.

2.4.2 Utilização de agregados reciclados na construção

Segundo Grubba (2009), o processo de reciclagem dos resíduos da construção civil de classe A, é feito basicamente através das operações de triagem, britagem e peneiramento. Feito isso os resíduos da construção civil são classificados basicamente em dois grupos: agregados reciclados de concreto e agregados reciclados mistos. Por sua natureza mais homogênea, os agregados reciclados de concreto podem ser usados na fabricação de argamassas, elementos pré-moldados, calçadas, bem como em pavimentação, tal como agregado para a massa asfáltica ou como base ou sub-base de pavimentos.

As possíveis aplicações para o entulho processado são:

- Pavimentação de estradas rurais;
- Blocos;
- Bloquetes;
- Calçadas;
- Bancos de praça;
- Calçamentos;
- Enchimentos de fundações;
- Tijolos ecológicos;
- Pisos e contrapisos;
- Tubos;
- Mourões;

- Aterro de vias de acesso;
- Acertos topográficos de terrenos;
- Argamassas de assentamento;
- Dentre outros.

3 MATERIAIS E PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para compor este estudo foi utilizada a pesquisa bibliográfica e experimental. Sendo a primeira através de livros e artigos já existentes que serviram como base para a elaboração desse trabalho. A finalidade da pesquisa bibliográfica para Marconi e Lakatos (2015, v. 7, p.57) “é colocar o pesquisador em contato com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto”.

A natureza da pesquisa se configura como sendo do tipo aplicada. Uma pesquisa sobre problemas práticos pode conduzir à descoberta de princípios científicos (GIL, A.C., 2010, p. 2).

O objetivo da pesquisa foi explorar algo novo utilizando o método da pesquisa exploratória e explicativa, sendo que é aquela que, além de registrar e analisar os fenômenos estudados, busca identificar suas causas, seja através da aplicação do método experimental/matemático, seja através da interpretação possibilitada pelos métodos quantitativos (SEVERINO, A.J., 2007, p.123).

A pesquisa de laboratório também foi utilizada, para alcançar resultados exatos e com a utilização de procedimentos pré-estabelecidos em norma, e com o emprego de ferramentas específicas da área para as análises para alcançar resultados precisos. A pesquisa de laboratório é um procedimento de investigação mais difícil, porém mais exato. Ela descreve e analisa o que será ou ocorrerá em situações controladas. Exige instrumental específico, preciso e ambientes adequados (MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M., 2010, p.173).

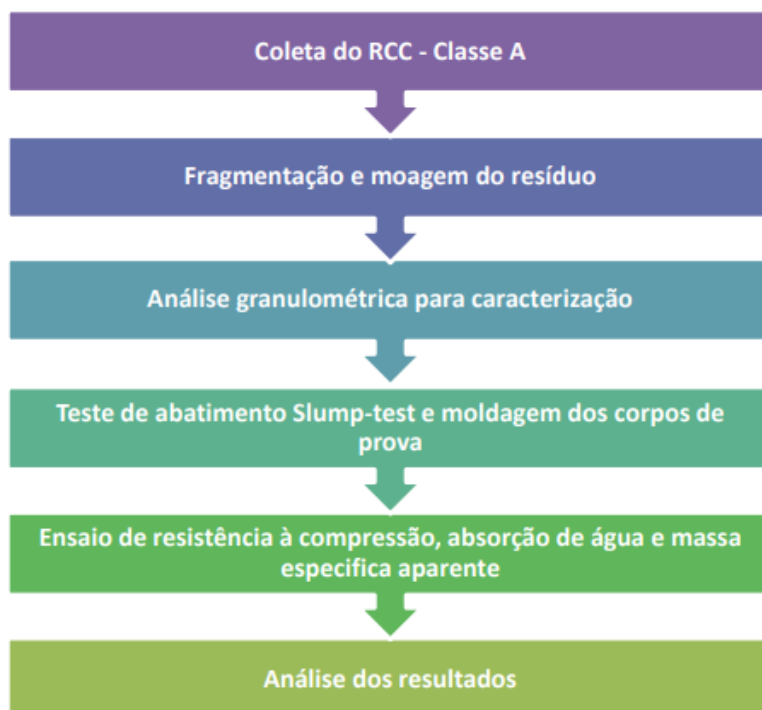
A parte experimental do estudo foi feita nas dependências da Faculdade de Capivari de Baixo (FUCAP), localizada na cidade de Capivari de Baixo, e os testes experimentais foram realizados nos laboratórios de Engenharia Civil. Para a realização dos ensaios experimentais, como já mencionado, foram coletados resíduos de construção civil.

O desenvolvimento do trabalho foi realizado em 6 etapas e teve por finalidade avaliar principalmente a viabilidade da substituição parcial do cimento Portland pozolâmico CP IV32 na produção de concreto por resíduo da construção civil do tipo

classe A. O traço de referência para esse estudo, baseou-se nos traços mais frequentemente usados na construção civil para concreto sendo este 1: 1, 5: 3, usando os componentes cimento, areia média, brita 1 e água, onde logo depois foi analisado sua resistência à compressão absorção de água, massa específica aparente. Foram produzidos 2 corpos de prova para cada amostra subdividido em 5 lotes de corpos de prova de concreto, contendo substituições de 0, 10, 20, 30 e 100% de RCV, para ensaio que foram realizados em 7, 14 e 28 dias, totalizando 30 corpos de prova.

A figura 01 representa o fluxograma das etapas desta pesquisa.

Figura 1 - Fluxograma das etapas desta pesquisa.



Fonte: Autores (2020).

3.1 COLETA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) TIPO CLASSE A

O resíduo da construção civil (RCC) do tipo classe A utilizada para experimento foi proveniente da obra do edifício de alto padrão THE PLACE da construtora ERALDO Construções LTDA, localizada rua Francisco Régis, 85 - Centro, Tubarão - SC, e da obra do edifício de classe média Dehon Residence da construtora NOVARE empreendimentos, localizado na rua Silvino M Lima Sobrinho, 264 – Dehon.

De acordo com a RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, foram coletados restos de tijolos cerâmicos da fornecedora cerâmica Malejove do município de Sangão – SC,

sobras de bloco de concreto celular autoclavado de origem da empresa Celucon do município de Morro da Fumaça -SC, sobras de argamassa seca do tipo estabilizada com aditivos para 36 horas provenientes da usina SUPERMIX de Içara – SC, entulho de concreto FCK 40 MPA de origem da usina TRAÇO FORTE CONCRETOS LTDA unidade de Imbituda – SC, sobras de chapisco colante quartzolit produzido pela WEBER SAINT-GOBAIN unidade de Tubarão – SC, sobras de chapisco rolado produzido por CERAMFIX unidade de Gaspar – SC, argamassa AC-III produzido por INKOR no município de Imbituba- SC, sobras de cimento portland pozolâmico CP IV-32 RS produzidos pela SUPREMO CIMENTOS de Florianópolis – SC, resíduo de areia média da JOVINO extração de areia proveniente da extração do rio Tubarão no município de Tubarão – SC, restos de bloco de concreto com resistência de 3 e 14 Análise dos resultados Ensaio de resistência à compressão, absorção de água e massa específica aparente Teste de abatimento Slump-test e moldagem dos corpos de prova Análise granulométrica para caracterização Fragmentação e moagem do resíduo Coleta do RCC - Classe A MPA produzido pela PIRÂMIDE Pré-Moldados de Biguaçu – SC, e sobras de telhas fibrocimento da IMBRALIT de Criciúma – SC.

O cimento utilizado para o estudo é o cimento Portland pozolâmico CP IV-32, produzido pela POZOSUL de Capivari de Baixo – SC, onde inicialmente foi verificado qual a granulometria com cimento de acordo com a NBR 7217/1987.

O agregado miúdo foi de origem natural provindo de extração do rio Tubarão no município de Tubarão – SC, cujos grãos foram verificados de acordo com a NBR 7211/1983, passando pela peneira 4,8 mm e ficando retidos na peneira 0,075 mm.

O agregado graúdo foi do tipo pedra britada 01 originário da pedreira FALCHETTI de Tubarão-SC, onde sua granulometria foi analisada de acordo com a NBR7217/1987.

3.2 FRAGMENTAÇÃO E MOAGEM DO RESÍDUO

O RCC foi primeiramente fragmentado em pedaços menores para que fosse mais fácil a moagem com britador representado na figura 2, onde todo o material passou pela máquina 4 vezes para garantir um volume suficiente para peneiramento como demonstra a figura 3.

Figura 2 - Britador utilizado para moagem.



Figura 3 - RCC depois de triturado



Fonte: Autores (2020).

3.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA PARA CARACTERIZAÇÃO

Para obter a granulometria necessária do resíduo de construção civil (RCC), para que esteja de acordo com o mesmo módulo de finura passante na peneira 50 ABNT/ASTM encontrada no cimento, primeiramente levamos os resíduos triturados para um forno a 120°C por 48 horas e logo em seguida como demonstrado pela figura 4 o peneiramento de acordo com NBR 7211/1983 até alcançar o volume ideal para preparo das amostras.

Figura 4 - Material RCC antes e depois de peneirado.



Fonte: Autores (2020).

A determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone foi para avaliar a trabalhabilidade do concreto sendo realizado pelo método Slump-test, que de acordo com a NBR NM 67/1998 o molde, conforme Figura 5 deve possuir as seguintes dimensões internas: diâmetro da base inferior de 200 mm \pm 2 mm, diâmetro

da base superior de $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, altura de $300 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, placa base metálica e uma haste de compactação com diâmetro de 16 mm e comprimento de 600 mm .

Figura 5 - Molde para Slump-test.



Fonte: Autores (2020).

O procedimento de moldagem de corpos de prova foi de acordo com a NBR 5738/2015, que determina que os moldes devem ter altura igual ao dobro do diâmetro, desta forma o utilizado para o experimento Figura 6, possui $10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$. Para preparação da amostragem os recipientes foram revestidos internamente por uma camada de óleo mineral que não reaja com o cimento, para este usamos o óleo diesel.

Figura 6 - Moldes utilizados para corpo de prova.



Fonte: Autores (2020).

O experimento, conforme mencionado acima, foi feito com 2 corpos de prova para cada amostra subdividido em 5 lotes de corpos de prova de concreto, com o respectivo traço 1: 1, 5: 3 (cimento, areia, brita) contendo substituições na porção de

cimento de 0%, 10%, 20%, 30% e 100% por RCC, para ensaio de resistência à compressão que foram realizados em 7, 14 e 28 dias, como mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Nomenclatura das amostras.

% de substituição	Nomenclatura	Volume(cim:areia:brita:resíduo)
0	RCC0	1:1,5:3:0
10	RCC10	0,9:1,5:3:0,1
20	RCC20	0,8:1,5:3:0,2
30	RCC30	0,7:1,5:3:0,3
100	RCC100	0:1,5:3:1

Fonte: Autores (2020).

Para a mistura na betoneira o traço foi multiplicado para ser obtido um volume exato na moldagem dos corpos de prova, desta forma ficou 2:3:6 (cimento, areia, brita), e com estas porcentagens definidas foram feitas as substituições por RCC como mostra a tabela 2.

Tabela 2 - Traço em especificado em Kg.

% de substituição	Nomenclatura	Traço (cim:areia:brita:resíduo)	Substituição Kg		Areia Kg	Brita Kg
			Cimento	RCC		
0	RCC0	2:3:6:0	2,888	0	6,564	11,628
10	RCC10	1,8:3:6:0,2	2,6	0,288	6,564	11,628
20	RCC20	1,6:3:6:0,4	2,3024	0,577	6,564	11,628
30	RCC30	1,4:3:6:0,6	2,0216	0,864	6,564	11,628
100	RCC100	0:3:6:2	0	2,896	6,564	11,628

Fonte: Autores (2020).

A moldagem dos corpos de prova foi realizada seguindo a NBR 5738/2015, cada amostra recebeu uma etiquetagem de acordo com a respectiva porcentagem (Figura 7) e foram deixados em uma superfície lisa horizontal e rígida livre de vibrações.

Figura 7 - Moldes etiquetados.



Fonte: Autores (2020).

Seguindo a norma NBR 5738/2015 o tempo de cura inicial utilizado para o desmolde foi de até 48 horas, na sequência cada amostra teve a massa específica verificado (figura 8) e em seguida o material foi levado para a cura correspondente em um tanque com água em temperatura ambiente com solução saturada de hidróxido de cálcio (figura 9), onde permaneceram até o dia dos testes.

Figura 8 - Verificação da massa específica.



Fonte: Autores (2020).

Figura 9 - Cura correspondente em tanque com água.



Fonte: Autores (2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 SLUMP-TEST

Para o slump-test o objetivo seria a verificação da trabalhabilidade do concreto que é a propriedade adquirida ao ser produzido e desta forma irá determinar a facilidade em que será utilizado para determinado fim seu estado plástico, na tabela 3 pode-se acompanhar a variação dos resultados de acordo com sua nomenclatura. A utilização em obras para concretagem de laje é utilizada altura de 12 cm a 19 cm comumente, já para nossos resultados em rcc100 houve uma grande variação mas isso já estava previsto pois a consistência do concreto está relacionada com as suas próprias características e conforme era feita a substituição por resíduos a consistência de trabalhabilidade foi sendo alterada.

Tabela 3 - Resultados do slump-test.

Slump - test	
Nomenclatura	Altura cm
RCC0	19
RCC10	19
RCC20	17
RCC30	15
RCC100	4

Fonte: Autores (2020).

4.2 MASSA DAS AMOSTRAS

Os valores das massas das amostras antes de serem colocadas em cura podem ser visualizados na Tabela 4.

Tabela 4 - Massa específica das amostras.

Massa Específica					
Nomenclatura	Nº amostra	m (kg)	Nomenclatura	Nº amostra	m (kg)
RCC0	1	3,14	RCC30	1	3,20
RCC0	2	3,45	RCC30	2	3,27
RCC0	3	3,49	RCC30	3	3,03
RCC0	4	3,34	RCC30	5	3,23
RCC0	5	3,31	RCC30	4	3,13
RCC0	6	3,13	RCC30	6	3,39
RCC10	1	3,15	RCC100	1	3,28
RCC10	2	3,08	RCC100	2	3,12
RCC10	3	3,21	RCC100	3	3,19
RCC10	4	3,19	RCC100	4	2,98
RCC10	5	3,24	RCC100	5	3,18
RCC10	6	3,25	RCC100	6	3,22
RCC20	1	3,29			
RCC20	2	3,21			
RCC20	3	3,19			
RCC20	4	3,18			
RCC20	5	3,25			
RCC20	6	3,23			

Fonte: Autores (2020).

4.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

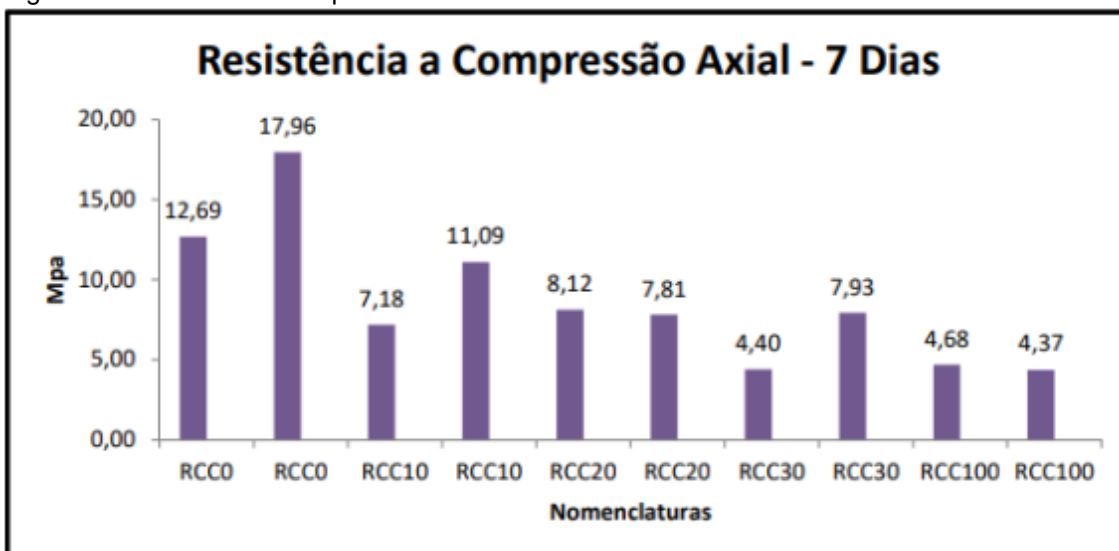
Foram testados na resistência a compressão axial com 2 corpos de prova de cada dosagem para as idades de 7, 14 e 28 dias, na análise dos resultados comparou-se os traços com 10%, 20%, 30% e 100% de substituição de resíduos com os resultados obtidos pela amostra de referência com nomenclaturas RCC0 com 0% de substituição por resíduo, todos ensaiados conforme NBR 5739-2007. Os valores obtidos em tensão de Kgf e os respectivos valores encontrados em Mpa de resistência à compressão axial para cada traço correspondente a cada uma das idades de rompimento.

Os resultados médios obtidos de resistência à compressão axial dos concretos estudados em 7 dias de cura representados pela figura 10, considera que o valor mais alto encontrado nas amostras foi de RCC0 – 17,96 Mpa e ficou muito próximo do estabelecido em norma e que servirá como comparativo para os demais resultados.

Os concretos com substituição do cimento Portland pelo resíduo da construção civil em todas as porcentagens obtiveram resultados de resistência inferiores ao concreto de referência formando uma linha decrescente até chegar a amostra RCC100- 4,37 Mpa que foi a mais fraca entre as outras porcentagens alcançando somente 24% de resistência em comparação a amostra de referência.

A substituição do cimento por resíduos da construção civil no traço das amostras de 7 dias nos testes de compressão mostra respectivamente que esta substituição pode ter contribuído para a redução da resistência nos concretos com resíduo.

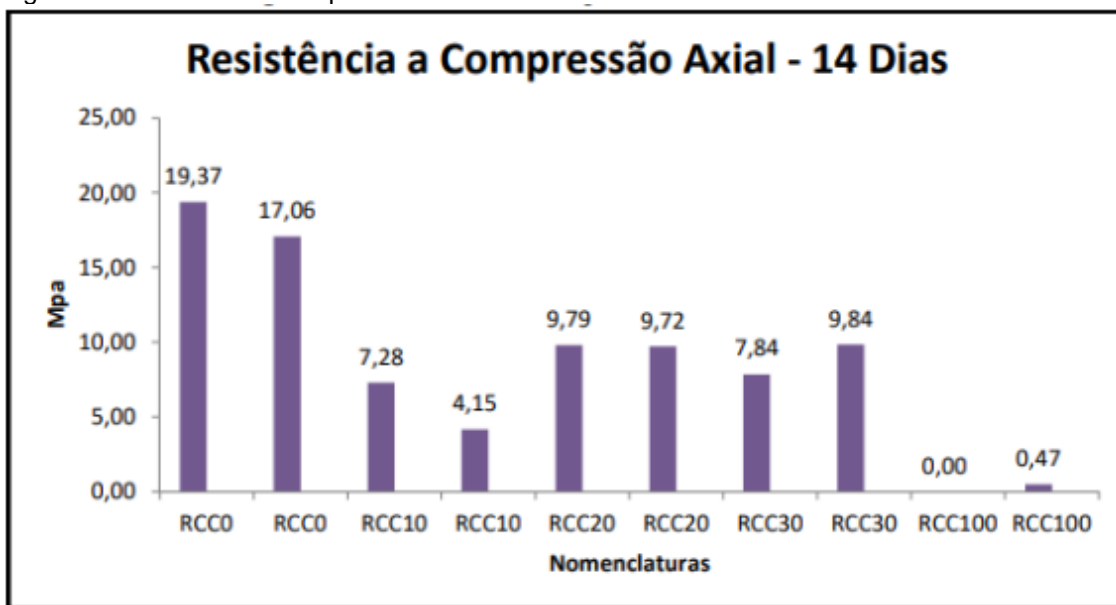
Figura 10 - Resultados compressão axial em 7 dias.



Fonte: Autores (2020).

A representação gráfica na figura 11 dos resultados obtidos de resistência à compressão axial nas amostras de concretos em 14 dias de cura.

Figura 11 - Resultados compressão axial em 14 dias.

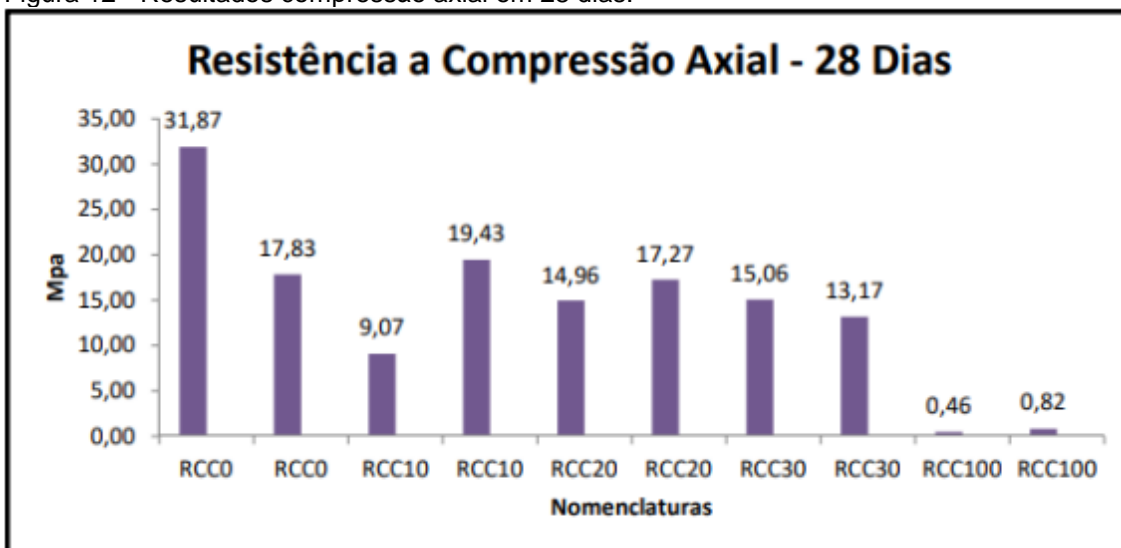


Fonte: Autores (2020).

Considerando que o valor mais alto encontrado nas amostras foi de RCC0 – 19,37 Mpa para ser utilizado como referência, observou-se que a melhor amostra de RCC10 alcançou somente 38% de resistência e a RCC100 foi desprezada por se desintegrar durante o tempo de cura, porém, sua duplicata chegou a 3% do esperado, já em RCC30 a resistência chegou a 40% e na amostra RCC20 foi constatado que alcançou 50% em relação a amostra de referência. Houve um crescimento da resistência à compressão para as amostras de RCC20 e RCC30 à medida que a idade aumentava, porém a amostra de referência se destaca com uma resistência muito superior.

A partir da análise dos dados obtidos na figura 12, tomando como referência os valores obtidos para as idades de 7 e 14 dias a amostra RCC0 (31,87 Mpa) foi descartada como referência, uma vez que não seguiu uma linha de resistência, em comparativo com os ensaios anteriores, sendo considerado “um ponto fora da curva” para comparação, mas vale lembrar que ficou em conformidade com os valores e características exigidas pela NBR 16697-2018. Para análise dos ensaios, adotou-se como amostra de referência para 28 dias, a amostra RCC0 - 17,83 MPa.

Figura 12 - Resultados compressão axial em 28 dias.



Fonte: Autores (2020).

Os parâmetros estatísticos obtidos para a resistência à compressão confirmam um crescimento dos valores das médias de resistência à compressão de acordo com o avanço da idade, e a distribuição de resistência é decrescente em direção as amostras que possuem 100% de RCC, na amostra RCC10 – 19,43 em que o coeficiente de variação da amostra é 10% foi alcançado 109% de aprovação em relação a amostra de referência o que revela uma aceitação na moldagem do concreto. Na amostra RCC20 – 17,27 com substituição parcial de cimento Portland em 20% na composição o resultado mostrou-se muito próximo ao aceitável chegando em 97% estatisticamente semelhante à amostra de referência com 0% de RCC. Em RCC30 – 15,06 apresenta uma redução da resistência à compressão em relação a amostra de referência, 10% e 20% obtendo um valor de eficiência em 74% respectivamente, já a amostra de RCC100 – 0,82 mostrou muita fragilidade e ineficiência ao teste com resultado de 5% apenas.

4.4 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Para a realização desse ensaio foi necessário aferir para cada corpo de prova a sua massa inicial e o resultado do cálculo da absorção de água em submersão durante o tempo de cura para as três idades.

A absorção de água em 7 dias de cura para o traço RCC0 e sua duplicata não demonstraram nenhuma alteração, já as demais amostras seguiram uma linha

semelhante para todos os traços com exceção de uma das amostras de RCC100 por conta de sua perda de massa durante o tempo de submersão.

As amostras de 14 dias em RCC0 houve um ganho de massa por absorção, porém nota-se que existe uma grande variação de porcentagem em sua duplicata que significa uma diferença de 3 gramas entre elas, e em RCC100 houve uma grande variação entre os valores por conta que uma das amostras ter sido desprezada pelo fato de ter se desintegrado durante a submersão, então para apenas uma duplicata de RCC0, RCC20, RCC30 e RCC100 os resultados foram bons por decorrência da menor absorção, já as amostras restantes observa-se que alcançaram porcentagens maiores porém muito semelhantes.

Em 28 dias não houve nenhuma variação na absorção em umas das amostras de RCC0 que apresentou melhor resultado na redução da absorção, já as duplicatas de RCC20 e RCC30 obtiveram valores entre 0,8% a 1,23% que são menores comparadas com uma das amostras de RCC0, RCC100 e duplicatas de RCC10 que variou de 1,51% a 3,52% de absorção em relação ao peso seco. Logo, quando comparados com o traço de referência, mostraram-se ineficaz a redução da absorção de água por submersão do concreto.

4.5 MASSA ESPECÍFICA APARENTE

Realizados os cálculos para o desvio padrão dos valores para cada porcentagem de substituição parcial do cimento por RCC, obtiveram-se os resultados de massa específica aparente em Kg/m³, conforme ilustrados na tabela 5 abaixo, onde foi feita a média da massa específica das amostras.

Tabela 5 - Massa específica aparente.

MASSA ESPECÍFICA APARENTE	
Nomenclatura	Valor médio ρ (kg/m³)
RCC0	2119
RCC10	2056
RCC20	2075
RCC30	2063
RCC100	2037

Fonte: Autores (2020).

Pode-se observar que o traço RCC0, com 0% de substituição de resíduo no cimento Portland, obteve uma média mais elevada chegando a 2119 kg/m^3 para massa específica aparente pelo fato de a massa específica do cimento ser de até 1700 kg/m^3 e do entulho de obra chegar a ser 1500 kg/m^3 isso causa uma linha decrescente nos resultados de massa específica porque dependem basicamente do teor de substituição do traço que o concreto de massa nas amostras conforme a porcentagem de resíduo aumenta e a quantidade de cimento diminui. Diante dessa análise os traços que apresentar o melhor resultado em comparação com as amostras de referências, foi o traço RCC20 com uma média de 2073 kg/m^3 muito próxima a amostras com 0% de substituição, ainda de acordo com a NBR 8553 – 2015 a massa específica do concreto está compreendida entre 2000 kg/m^3 e 2800 kg/m^3 desta forma todos substituições alcançaram um valor ideal.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os moldes utilizados para fazer os corpos de prova não foram apropriados, gerando uma dificuldade em sua moldagem e perda de material que possuía grande importância para os resultados dos testes pois não haviam moldes metálicos adequados e foram improvisados com tubos de PVC com fundo de madeira e papelão e regulagem por abraçadeiras metálicas, também é imprescindível preparar suas bases após a desforma, de modo que se tornem superfícies planas e perpendiculares ao eixo longitudinal do corpo de prova e a preparação das bases pode ser feita por retificação ou capeamento normalmente executada em máquinas especialmente adaptadas para essa finalidade, com a utilização de ferramentas abrasivas porém o laboratório não tinha a disposição estas ferramentas e desta forma fica evidente que houve um impacto significativo nos resultados dos testes de compressão axial.

A partir dos dados apresentados e das demais pesquisas referentes à utilização dos RCC, fica evidente que sua reciclagem e utilização traz benefícios para a sociedade, contribuindo para menor degradação de materiais sólidos no meio ambiente e gerando economia na produção de outros produtos.

A partir da análise dos dados obtidos neste experimento, em relação a resistência à compressão analisou-se que a mesma apresentava redução conforme a quantidade de RCC em substituição ao cimento Portland aumentava, constatou-se

que a substituição de RCC em 7 e 14 dias nos teores de 10% e 20% houve um aumento de resistência mais lento e baixo em relação a amostra de referência, mas aos 28 dias de cura acarretou uma maior resistência à compressão sendo que a amostra de 10% houve ganhos superiores em comparação com amostra de 0% de RCC tornando-se viável para aplicação em concretos utilizando os mesmos materiais do experimento.

Em teste de absorção de água algumas amostras dos traços apresentaram resultados pouco semelhantes as suas duplicatas em função de fatores externos que podem ter influenciado no resultado apresentado, desta forma nenhuma substituição por RCC foi superior aos resultados obtidos por RCC0 tornando-se inviável para utilização do concreto para áreas da construção que exijam baixa permeabilidade.

Para uma consistência semelhante aquelas observadas nos concretos de obras a quantidade de massa por volume chegou ao seu valor ideal para todas as médias dos traços.

Conforme análise de todos os resultados concluímos que o traço que melhor se enquadra nas comparações e normas seria os RCC10, por possuir resistência superior ao RCC0, absorção de água elevada e massa específica aparente dentro das exigências. Desta forma pelo fato de alta absorção de água não recomendamos sua utilização em concretos para fins estruturais, pois pode comprometer a parte ferrosa com oxidações e perder sua propriedade mecânica, porém a utilização ideal seria para fabricação de meio-fio, pavers, lajota, calçadas, pisograma, pingadeiras, mesa, bancos, vasos de jardim, obstáculos.

Pode-se afirmar, a partir dos resultados obtidos, que o reaproveitamento desse resíduo na indústria da construção civil é viável, considerando que sendo utilizado na produção de concretos convencionais produziu resultados muito satisfatórios, quando comparados aos dos corpos de prova de referência. A inserção dos resíduos em substituição do cimento na produção de concretos tende a reduzir o custo do concreto, visto que, promove a redução da quantidade de cimento a ser usada, bem como a diminuição dos impactos ambientais na produção desse material.

A incorporação dos resíduos de construção civil em materiais à base de cimento contribui ainda para a mitigação dos impactos sociais e ambientais causados pelo descarte deste material em aterros sanitários e “lixões” a céu aberto, já que, com essa aplicação, o descarte seria reduzido.

Logo, essa pesquisa demonstra uma tendência a viabilidade técnica. Entende-se aqui também, que serão necessárias novas pesquisas para a avaliação de todo o potencial da utilização do RCC como material agregado ao concreto, dentre eles alguns testes sugeridos como: tração por compressão diametral, módulo de elasticidade, tração na flexão e demais estudos necessários.

Para uma produção em larga escala deste tipo de concreto, sugere-se a continuação e aprofundamento dos estudos, para avaliar as reações químicas e comportamento físico deste agregado com os outros componentes do elemento estrutural, além de uma análise da viabilidade econômica para adquirir, potencializar o resíduo e inserir o produto no mercado.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7217: agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7211: agregado para concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR NM 67: concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12653: concreto de cimento Portland: preparo, controle, recebimento e aceitação: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5738: concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5739: concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16697: cimento Portland: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8953: concreto para fins estruturais: classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12655: concreto de cimento Portland – preparo, controle e recebimento: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15112: resíduos da construção civil e resíduos volumosos: áreas de transbordo e triagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15113: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15113: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ANMT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15114: resíduos sólidos da construção civil: áreas de reciclagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15115: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: execução de camadas de pavimentação: procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15116: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BAUER, L. A. F. Materiais de construção. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BRASIL. **Política Nacional do Meio Ambiente** (1981). Art. 6º. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm. Acesso em: 17 ago. 2020.

BRASIL. **Organização Administrativa**. Presidência da República, Ministérios. Seção II, Subseção IV, Capítulo V, Art. 8º. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8028.htm#art6. Acesso em: 20 ago. 2020.

BRASIL, **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 17 ago. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº307, de 5 de julho de 2002**. Brasília, 2002.

BUTLER, A. M. **Concretos com agregados graúdos de concreto**: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos –

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2003, 187p.

DEMO, Pedro. Pesquisa: principio científico e educativo. 12. ed. Cortez, 2006.

FIORITI, C. F.; INO, A.; AKASAKI, J. L.; TAKIY, N. H. **Pavers de concreto com adição de resíduos da recauchutagem de pneus**. Artigo Unesp-Campus de Ilha Solteira. São Paulo, 2012.

GARCIA, M. **Ministério do Meio Ambiente**, 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis.html>. Acesso em: 20 ago. 2020.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. Atlas, 2010.

GRUBBA, D. C. R. P. **Estudo do comportamento mecânico de um agregado graúdo reciclado para a utilização na construção rodoviária**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2009, 139p.

HARTMANN, F.; SAMBERG, J. R. D. A variável ambiental na conservação rodoviária. *In*: ENACOR – ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA, 8º, 2003, Gramado. Minicurso. Artigos Meio Ambiente. P. 75-80. **Anais...** Gramado, 2003.

HELENE, Paulo; TIBÉRIO, Andrade. Concreto de Cimento Portland. *In*: ISAIA, Geraldo Cechella (org.). **Materiais de construção civil e principios de ciência e engenharia de materiais**, cap. 29. São Paulo: Ibracon, 2010.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (Livre Docência). São Paulo: USP, 2000.

LA SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. **Agregados para a construção civil**. Departamento Nacional De Produção Mineral: DNPM. Brasília, 2009.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo PCC/USP. São Paulo 1997.

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da metodologia científica**. 7. ed. 2010.

MEHTA, P.K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedade e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

PAULA, M. O. **Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. 77 p.

RUIZ, João Álvaro. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. Cortez, 2007.

SIMÕES, L. J. **Estudo da aplicação de resíduo de vidro laminado na produção de concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. 2013. 22p.

SOKOLOVICZ, B. C. **Microestrutura e durabilidade à cloretos de protótipos de concreto com cinza de casca de arroz e sem moagem prévia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Centro de Tecnologia – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2013, 24p.

TAFNER, José; SILVA, Antônio César da; WEIDUSCHAT, Isis. **Normas para apresentação de trabalhos acadêmicos**. 3. ed. Asselvi, 2004.

TUTIKIAN, B. F; HELENE, P. **Dosagem dos concretos de cimento Portland**. Cap. 12. São Paulo: Ibracon, 2011.

WASHINGTON, N.; RIBAS, O.; NOVAES, P. C. **Agenda 21 brasileira: bases para discussão**. Brasília: MMA/PNUD, 2000, 196 p.

WEDLER, B.; HUMMEL A. **Trümmerverwertung und ausbau von brandruinen**. Berlin: Wilhelm Ernest & Sohn, 1946.