

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**

2

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 – 2**



CAPIVARI DE BAIXO

2022

Editora FUCAP – 2022.

Título: Coletânea de TCC's do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Univinte - 2.

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 - 2. / Cristina Michels Godinho Dal Molin; José Antônio da Silva Santos; Rodolfo Michels Godinho. (org.). Capivari de Baixo: Editora FUCAP, 2022.

ISBN: 978-65-87169-41-5

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
Augusto Onofre Niehues
Bianca Cardoso Sanzovo
Cristina Michels Godinho Dal Molin
Camila Antunes Martins
Fabricio de Aguiar Joaquim
Gustavo Silveira de Assunção
Igor Silveira de Souza
Jhonatan da Cunha Antunes
Joana D'Arc de Souza
João Erick da Silva
José Antônio da Silva Santos
Leandro Cardoso Correa
Lucas de Oliveira da Cunha
Morgana Machado Medeiros
Patrick Jacinto de Castro
Rodolfo Michels Godinho
Rodolfo Lucas Bortoluzzi
Samira Volpato Becker

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.

SUMÁRIO

ANÁLISE DE SELEÇÃO DE PROJETOS PREVENTIVOS CONTRA INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES TOMBADAS PELO IPHAN NO MUNICÍPIO DE LAGUNA 10

Augusto Onofre Niehues; Bianca Cardoso Sanzovo; Cristina Michels Godinho Dal Molin ; José Antônio da Silva Santos.

EMPREGO DE RCD COMO AGREGADO NA EXECUÇÃO DE CAMADAS DE BASE E SUB-BASE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS 52

João Erick da Silva; Patrick Jacinto de Castro; Camila Antunes Martins; Rodolfo Michels Godinho.

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRAÚDO EM CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND 71

Igor Silveira de Souza; Gustavo Silveira de Assunção; Cristina Michels Godinho Dal Molin; Rodolfo Michels Godinho.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A UTILIZAÇÃO DE VERGALHÕES DE AÇO CA-50 E GFRP (GLASS FIBER REINFORCED POLIMER): ANÁLISE DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO.....93

Leandro Cardoso Correa; Lucas de Oliveira da Cunha; Rodolfo Lucas Bortoluzzi; Joana D'Arc de Souza.

ANÁLISE DE CONCRETO COM O BAMBU EM BLOCO DE CONCRETO PARA ALVENARIA..... 105

Fabricio de Aguiar Joaquim; Rodolfo Lucas Bortoluzzi; Alessandro de Medeiros.

RECICLAGEM DAS GARRAFAS DE VIDRO COMO AGREGADO NA PRODUÇÃO DO CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO 120

Jhonatan da Cunha Antunes; Morgana Machado Medeiros; Samira Volpato Becker; Rodolfo Michels Godinho.

ANÁLISE DE SELEÇÃO DE PROJETOS PREVENTIVOS CONTRA INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES TOMBADAS PELO IPHAN NO MUNICÍPIO DE LAGUNA

Augusto Onofre Niehues¹

Bianca Cardoso Sanzovo²

Cristina Michels Godinho Dal Molin³

José Antônio da Silva Santos⁴

Resumo: A segurança contra incêndio tem como objetivo, resguardar a vida de todas as pessoas presentes em uma edificação que esteja em situação de incêndio, devendo garantir que a estrutura suporte a evacuação das pessoas em segurança. Por ser relativamente recente, o Projeto Preventivo Contra Incêndio (PPCI) está presente nos projetos contemporâneos, portando, as obras históricas tombadas não foram contempladas com o PPCI na época de suas construções. Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo analisar os PPCIs de 4 obras históricas na região de Laguna, SC sendo elas, Clube União Operária; Clube Blondin; Museu Histórico Anita Garibaldi e Cine Teatro Mussi, tendo como finalidade identificar suas individualidades, verificar se alguma norma não está sendo atendida ou se foi compensada e analisar os fatores que dificultam a elaboração de seus PPCIs. Para realizar as análises dos projetos, foi feito um levantamento de dados de acordo com as INs (Instruções Normativas) disponibilizadas no site do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), sendo que os projetos foram analisados individualmente baseados nos itens vitais, indispensáveis e adequáveis que devem ser apresentados no PPCI, de acordo com IN 05. Todos os referidos projetos foram aprovados pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, mas nenhum deles apresentou todos os itens solicitados na IN 05, por se tratar de uma edificação tombada, não podendo fazer as alterações que a IN solicita, tendo assim a necessidade de fazer as devidas compensações. Um ponto importante analisado, foi a lacuna que existe nas INs e normas em relação às instalações elétricas, ainda mais quando se leva em conta que os maiores incêndios em obras históricas que aconteceram no Brasil nos últimos 10 anos, 62,5% foram causados por problemas elétricos, mostrando um fator importante que não é abordado no projeto preventivo contra incêndio.

Palavras-chave: Obras tombadas. Projeto Preventivo contra Incêndio em obras tombadas.

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

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: bianca.sanzovo@outlook.com.

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

⁴ Professor do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: joseantonio@fucap.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Objeto de fascínio e adoração na antiguidade, o fogo passou a ser visto como algo temido e sob os olhos de preocupações, depois de relacionado diretamente com riscos de incêndios e de tragédias ao longo da história. Apesar de seu risco ter sido negligenciado nos primórdios da sociedade e suas construções até recentemente, no Brasil, a partir dos anos 70, passou a ser discutido sobre as práticas de prevenção contra incêndio nas novas edificações sendo, hoje, obrigatório para qualquer edificação a ser construída ou reformada (Seito et al, 2008).

Mas o cenário muda quando se trata de obras antigas e que, portanto, não foram contempladas com os estudos preliminares dos riscos contra incêndios. É o caso das obras tombadas, edificações estas mais antigas que carregam um valor histórico para a sociedade e que, apesar de não terem sido planejadas de modo a atenuar o risco de incêndio, sofrem com esse risco diariamente, como qualquer outra edificação nova, se não mais, por conta das suas peculiaridades.

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo analisar 4 Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI) elaborados em obras históricas tombadas, situados na cidade de Laguna, Santa Catarina, tendo como finalidade identificar as individualidades, suas compensações, verificar se alguma norma não está sendo atendida e analisar os fatores que dificultam a elaboração de seus projetos preventivos nas obras históricas analisadas.

Procura-se responder aqui indagações acerca da segurança nessas obras, bem como analisar se as medidas contra incêndio nas edificações existentes e tombadas são, ao todo, eficientes, principalmente quando relacionadas às tragédias ocorridas no país e às suas causas. Por conta da situação da Pandemia do novo Corona vírus, que ocorre no momento em que este trabalho é escrito, diversas tentativas de contato com órgãos públicos não foram bem-sucedidas, ficando limitado o acesso ao Corpo de Bombeiros Militar apenas, de forma física, não tendo sido possível a visita física nas edificações, nem contato direto com os projetistas responsáveis pelos projetos, Prefeitura Municipal de Laguna ou Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), locais que atualmente se encontram fechados fisicamente, onde o contato é feito apenas por telefone ou ligação, se mostrando deveras limitado e demorado, por conta dos trâmites necessários, se tratando de projetos públicos em que há um maior rigor quando pedido acesso aos materiais.

Também houve dificuldade no cumprimento dos prazos estabelecidos pela Lei 12.527/2011, artigo 11, parágrafo 1º, o qual garante o acesso à resposta pelo órgão no período de 20 dias, prorrogados mais 10 dias, caso necessário. Passado o período decorrido, não houve o recebimento de qualquer retorno por meio do IPHAN com informações técnicas e específicas sobre às edificações estudadas (BRASIL, 2011).

Buscava-se descobrir informações sobre os materiais construtivos de cada edificação, suas peculiaridades, se havia materiais comburentes, bem como buscou-se realizar uma pequena entrevista com algum profissional do órgão acerca de assuntos como manutenção e segurança das edificações. Todas tentativas e pretensões foram frustrada devido à ausência de retorno.

Foi feito o possível neste trabalho, apesar da situação atual, para trazer a luz este assunto da maneira mais clara e com quantidade satisfatória de informações, apesar das limitações que a crise atual desponta.

Os projetos analisados foram os disponibilizados pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina – Laguna e se trata das seguintes obras de restauração: Clube União Operária; Clube Blondin; Museu Histórico Anita Garibaldi; e Cine Teatro Mussi.

2 A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

O fogo, presente há milhares de anos na vida do homem, sempre foi objeto de fascínio para este, tendo sido, inclusive, venerado como um deus na antiguidade. Ao longo dos anos, o estrago causado por este antigo deus passou a ser mais bem observado, conforme episódios desastrosos aconteceram ao longo da história, deixando em ruínas diversas edificações. Este estudo continuado a respeito dos incêndios e a forma de preveni-los deu origem à segurança contra incêndio, tornando-a uma ciência que busca estudar o comportamento do fogo, deslocando uma série de esforços de diversos profissionais no mundo todo que, ano a ano, têm focado energia e dedicação na redução das perdas causadas pelos incêndios. (Seito et al, 2008).

Antes mesmo da compilação de grandes incêndios na história, já havia uma preocupação com o potencial risco e seus danos. Em 1896 foi publicado o primeiro documento que buscava facilitar o trabalho dos inspetores das companhias de seguro e que levava em consideração aspectos do risco contra incêndio, nos EUA. Porém, foi a partir de quatro grandes desastres que o marco divisório da Segurança Contra

Incêndio (SCI) finalmente ocorreu. Foram eles: Teatro Iroquois, em Chicago (1903), com 600 vítimas; Casa de Ópera Rhoads, na Pensilvânia (1908) com 170 mortes; Escola Elementar Em Lake View (1908) onde 172 crianças e 2 professores vieram a falecer; e Triangle Shirtwaist Factory em Nova York (1911) que vitimou 146 pessoas (Seito et al, 2008).

No Brasil, a segurança contra incêndio ganhou força a partir dos anos 70, depois de que uma série de eventos catastróficos ocorreram na cidade de São Paulo, com dois grandes marcos para a história do estado: o Edifício Andraus, que vitimou 16 pessoas (NOGUEIRA, 2020) e o Edifício Joelma, que causou 191 mortos e mais de 300 feridos, chocando todo o Brasil (FERNANDES, 2021). Foram a partir desses dois tristes eventos principais que começaram a surgir códigos e normas que visassem diminuir a ocorrência de episódios trágicos similares. (Rosária Ono, 2007 apud Galvão et al, 2014).

Alexandre Itiu Seito em sua obra "A segurança contra incêndio no Brasil", tem a intenção de demonstrar que a ocorrência de grandes tragédias até hoje mobiliza segmentos da sociedade que exigem mudanças nas condições de segurança contra incêndio.

Então, de acordo com o autor:

"evidenciamos o quanto os grandes incêndios alteraram a maneira de encarar e operar a segurança contra incêndio da sociedade brasileira, destacando que tais eventos geraram vontade e condições políticas para as mudanças e o modo como essa vontade se consubstanciou". (SEITO, 2008).

O último evento que ocasionou uma mudança nas normas relacionada a prevenção contra incêndio foi referente a grande tragédia na boate Kiss, na cidade de Santa Maria (Rio Grande do Sul), no dia 27 de janeiro de 2013, deixando 242 mortos. A partir desta tragédia que foi aprovada a Lei Federal nº13.425, de 30 março de 2017, que regulamenta acerca da prevenção e combate a incêndio e pânico, estabelecendo o poder de polícia administrativa ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), que até então não tinha poder de fiscalização (CAUDUNO, 2020).

De acordo com a lei citada, o Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio (PPCI) é obrigatório para instalações comerciais, industriais, locais com concentração de público e residências multifamiliares, entre outros. Sua elaboração deve conter

equipamentos que previnam o incêndio em seu início e ajudem a evacuação das pessoas, com sua devida segurança.

O principal objetivo do PPCI é garantir a segurança das pessoas em caso de princípio de incêndio, bem como a estrutura da edificação, para que o recuo das pessoas aconteça em segurança. Além disso, há a necessidade de proteger o patrimônio tendo em vista seu valor econômico, cultural, histórico ou artístico.

3 A IMPORTÂNCIA DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO

O conceito de Patrimônio Histórico passou a ser disseminado a partir do século XIX, após a revolução francesa, que tinha como principal objetivo restaurar os monumentos e edifícios históricos destruídos pela guerra. O conceito de patrimônio histórico se refere aos bens, sendo materiais ou naturais, que possuem valor histórico, cultural ou sentimental para uma sociedade ou comunidade, podendo estes bens ser estruturas como ruínas, templos, igrejas, ou parte de uma cidade, como um bairro histórico, por exemplo (SILVA, 2014), bem como lendas, contos, rituais ou até mesmo costumes (CREA-SP, 2008).

Todos os bens de valor histórico, cultural ou sentimental, carregam em si referências de diversos grupos sociais e são de demasiada importância para o desenvolvimento de uma sociedade que tenha como pilares o bem-estar social, a participação e a cidadania. Portanto, é de máxima importância a preservação destes bens históricos e os valores que estes carregam consigo (CREA-SP, 2008).

A preservação de uma edificação tem como principal objetivo a diminuição dos impactos ao meio ambiente causados pela destruição e construção de uma nova edificação, por isso a importância da preservação, consumindo assim menos matéria-prima e energia. Porém, apesar da sua importância, a preservação de uma edificação ocorre de forma individual, de acordo com o interesse do proprietário, do valor que aquele bem carrega para ele e se há o interesse ou não da preservação deste bem. Onde isso tudo acontece de forma autônoma, sem influência de qualquer poder público, podendo ocorrer a demolição ou descaracterização de uma edificação sem causar danos a uma sociedade, comunidade ou cultura.

Quando uma edificação de valor histórico, cultural ou sentimental carrega a identidade cultural da sociedade que a construiu e é capaz de, no futuro ou presente, contribuir para a compreensão dessa identidade para com as pessoas que ali vivem

e para outros povos interessados na história que aquela edificação carrega, há então a necessidade da garantia da preservação deste bem, para que esse valor não se perca ao longo dos anos, seja pela desapropriação da edificação, do mau uso ou da descaracterização causada pelas modificações estruturais que possam vir a ser feitas nela. E para que isso ocorra é necessário o tombamento da edificação. (CREA-SP, 2008).

O ato de tombamento surgiu com o Decreto-Lei nº 25 em 30 de novembro de 1937, onde foi criado SPHAN – Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (atual IPHAN), que nasceu para proteger as edificações e cidades históricas que estavam correndo riscos devido às especulações imobiliárias e reformas urbanas. O ato de tombamento consiste numa medida legal conveniente e segura que garante a preservação e a memória de um bem ameaçado, sustentado por um conjunto de ações que são realizadas pelo poder público e com uma legislação específica que impede a destruição ou descaracterização deste bem histórico (CREA-SP, 2008).

4 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NAS OBRAS TOMBADAS

A vida é o maior patrimônio que uma pessoa tem e deve ser resguardada em qualquer ambiente que ela estiver. A segurança contra incêndio visa, em primeiríssimo lugar, resguardar a vida de todas as pessoas presentes em uma edificação que esteja em situação de incêndio, devendo garantir que a estrutura suporte a evacuação das pessoas em segurança, portanto, o patrimônio deve ser resistente e resguardado. Além disso, o meio ambiente deve ser poupado em caso de tragédia causada por fogo, ou seja, o fogo não deve ser propagado para outros locais, evitando seu alastramento e a piora da situação.

Por ser relativamente recente, o PPCI está presente nos projetos contemporâneos, portanto, as obras históricas tombadas não foram contempladas com o PPCI na época de suas construções, haja visto que as problemáticas de incêndio não eram ainda discutidas.

Apesar de não terem sido contemplados pelo PPCI na época de suas construções, os edifícios tombados carregam consigo importantes valores culturais que devem ser resguardados e, portanto, protegidos de desastres que possam vir a ocorrer, além de que, por se tratarem de edificações que comportam grande número

de visitas ao longo dos anos, é importante que sua estrutura esteja preparada para suportar um incêndio de forma a não causar mortes ou feridos.

São diversos os prédios históricos que foram consumidos pelo fogo no Brasil, prédios que traziam consigo diversos bens de exímio valor histórico, cultural e sentimental. Como resultado dessas tragédias, decorreram perdas inestimáveis, que jamais serão recuperadas.

De acordo com a BBC (2018), em 10 anos, 8 prédios com bens de valor histórico, cultural ou científico pegaram fogo. Foram eles:

- Museu Nacional (2018) – Rio de Janeiro: ocorrido por um curto circuito em um dos ar-condicionado do andar térreo, causado por uma falha na instalação elétrica, destruindo quase totalmente os 20 milhões de itens, como fósseis, múmias, obras de arte e registros históricos (SILVEIRA, 2019).
- Teatro Cultura Artística (2008) – São Paulo: iniciado de forma até hoje desconhecida, o incêndio teve início perto das cortinas do palco e consumiu o figurino das peças de O Bem Amado e Toc Toc, além de destruir pianos e equipamentos de som e iluminação.
- Instituto Butantã (2010) – São Paulo: causado por um superaquecimento de um dos aparelhos onde estavam milhares de animais conservados em formol que eram utilizados para pesquisas, o incêndio destruiu mais de 500.000 espécies de animais e 100 anos de história e de conhecimento (ZACCARO, 2013).
- Memorial da América Latina (2013) – São Paulo: a suspeita é de que um curto circuito gerou o incêndio, causando a destruição do auditório Simón Bolívar, local onde ficava uma tapeçaria de 800 metros quadrados do artista Tomie Ohtake.
- Museu de Ciências Naturais PUC MG (2013) – Belo Horizonte: com causa desconhecida, o incidente destruiu réplicas, cenários, fiações e pisos (ARAUJO, 2013), atingindo principalmente o segundo andar, o qual possuía três exposições: sobre a vida no cerrado, a vida do paleontólogo dinamarquês Peter Lund e sobre o Período Pleistoceno.
- Centro Cultural Liceu de Artes e Ofícios (2014) – São Paulo: o incêndio foi causado por um curto-circuito. Na época do incêndio, a vistoria dos

bombeiros estava vencida, mostrando a total negligência com a segurança do local. O incêndio tomou proporções gigantescas e destruiu o prédio, que foi reconstruído em 2018 (CAMPOS, 2018).

- Museu da Língua Portuguesa (2015) – São Paulo: a suspeita é de que, ao trocar a iluminação em um dia de manutenção, uma fagulha causada por um curto-circuito causou a queima de redes que eram objetos de estudo no museu, dando início a tragédia. O incêndio tomou proporções gigantescas e causou a morte de um bombeiro civil que tentou combater o fogo. O incêndio destruiu o segundo e o terceiro andar do museu (TOMAZ, 2019).
- Cinemateca Brasileira (2016) – São Paulo: acredita-se que o motivo do incêndio ocorreu através da autocombustão dos filmes por se tratar de um material altamente inflamável que entra em combustão espontânea quando submetidas a um calor muito alto, por se tratar de películas de nitrato de celulose. O incêndio destruiu mais de 1.000 rolos de filmes, aproximadamente 500 audiovisuais.

Um caso recente que abalou a estrutura dos joinvilenses foi o incêndio causado no prédio histórico da Cidadela Cultural Antártica na cidade de Joinville, em Santa Catarina em março de 2021, prédio tombado como patrimônio histórico pela prefeitura. O motivo do incêndio foi de fator humano, ainda não se sabe se por descuido ou se de forma criminoso. O que choca, porém, é o descaso do poder público ante um prédio histórico, comprado no ano de 2001 que até então não vinha sendo utilizado de forma condizente com a sua história, bem como não estava recebendo a devida atenção do poder público para o restauro da edificação (JUSTINA, 2021; NSC, 2021; GUERREIRO, 2021).

Um ponto importante a se analisar nos prédios históricos na lista da BBC é que, de 8 prédios citados, 5 (62,5%) tiveram a causa do incêndio como origem elétrica, mostrando que o descaso do poder público frente aos patrimônios históricos e culturais, como o de Joinville, aliado a problemas que estes prédios naturalmente enfrentam, por se tratarem de obras mais complexas e que demandam maiores esforços tanto dos profissionais que realizam as vistorias e manutenções necessárias, quanto dos proprietários da edificação, que devem exigir maiores cuidados e atenção, podem acarretar em prejuízos altíssimos para a sociedade, causando danos irreparáveis.

São diversas memórias e bens que o fogo levou consigo e que, em alguns casos, jamais serão recuperados, mostrando a importância não apenas da prevenção contra o início do incêndio, mas o preparo que a edificação deve possuir em caso de que isto ocorra, devendo estar preparada para a contenção da chama e evacuação das pessoas e dos bens em segurança.

Porém, apesar da extrema importância do projeto preventivo contra incêndio, existe uma certa dificuldade em aprovar um PPCI em obras tombadas, pois cada uma delas possui suas particularidades. Devido às suas complexidades, as obras tombadas, construídas em épocas anteriores, podem conter materiais comburentes usados na sua construção e podem possuir conjuntos arquitetônicos que favoreçam a propagação de incêndios (FIGUEIREDO, 2018). Essas individualidades acabam dificultando a elaboração do PPCI, dando à estrutura um risco mais elevado de incêndio e tirando, muitas vezes, o poder do projetista em fazer as intervenções necessárias na estrutura da edificação para o aumento da segurança, necessitando que haja compensações por tais fatores.

5 MUNICÍPIO DE LAGUNA, SUA HISTÓRIA E PRÉDIOS TOMBADOS

Localizada no Estado de Santa Catarina, a cidade conta com mais de 6 mil anos de história, começando com a vida dos sambaquis que ali viviam. Os sambaquis, que em tupi guarani quer dizer “amontoado de conchas”, eram comunidades pré-históricas compostas por hábeis pescadores e mergulhadores. De acordo com o IBGE (s.d.), estes pescadores eram capazes de nadar em águas profundas e caçar raias e golfinhos.

Estes pescadores sofreram a influência de tribos indígenas na região e se adaptaram ao local devido à proximidade com a lagoa, por se tratar de uma rica fonte de alimentos (IBGE, s.d.).

Em 1494, época de grandes conquistas, a futura cidade recebia um marco: foi criado o Tratado de Tordesilhas, uma linha imaginária que dividia as terras em leste (pertencente à Portugal) e oeste (pertencente à Espanha). Laguna surgia no terreno destes conflitos e ainda hoje, ao lado da Rodoviária da cidade, é possível conferir o monumento que guarda a memória destes tempos. (PREFEITURA DE LAGUNA, 2017).

A partir de 1676 com a chegada do bandeirante Domingos de Brito Peixoto, Laguna ganha o nome de Santo Antônio dos Anjos de Laguna, e até hoje, no centro histórico da cidade, se encontra a igreja de Santo Antônio, igreja esta que primeiramente foi uma capela de madeira, tendo sido o primeiro empreendimento que o bandeirante mandou construir quando chegou em Laguna (PREFEITURA DE LAGUNA, 2017).

Ainda nos registros da prefeitura de Laguna (2017), a cidade conta com histórias de lutas e conflitos por disputas de terra, batalhas entre os rio-grandenses que disputavam o porto local com o Império de Portugal. Na cidade, existem diversos monumentos que guardam a história desses marcos, ainda vivos na cultura lagunense.

Laguna foi um poder econômico a partir da metade do século XIX, assumindo a 4ª posição do estado em movimentação portuária, além do desenvolvimento das colônias que ali viviam e da utilização do trem para escoamento de alimentos através do porto.

Foi a partir do desenvolvimento do porto de Imbituba, cidade análoga à Laguna, que a cidade passou a sofrer um grande impacto econômico. Posteriormente, a partir da década de 60, com o advento da industrialização de cidades próximas e início da criação da rodovia BR 101 que interligava e facilitava o acesso a estas cidades, as atividades que eram realizadas em Laguna passaram a migrar para as cidades vizinhas, restando na economia local apenas a atividade pesqueira e pequenas indústrias (PREFEITURA DE LAGUNA, 2017)

Quando, em 1985, com o crescimento dos turistas nas regiões internas da cidade, ocorreu que, após um levantamento do IPHAN, foi tombado parte do município, sendo boa parte no centro da cidade. De acordo com relatos da prefeitura, a parte selecionada foi “considerada, por suas características e atributos, o centro fundamental para a manutenção da identidade e da paisagem urbana tradicional do sítio histórico da cidade” (PREFEITURA DE LAGUNA, 2017).

O centro histórico de Laguna conta com o porto original e cerca de 600 imóveis que fazem parte do tombamento realizado pelo IPHAN. O município conta ainda com 43 sítios arqueológicos e um dos maiores sítio arqueológico de sambaquis na América Latina, alguns com mais de 35 metros de altura. A decoração das antigas construções é rica em ornamentos e detalhes com vidros desenhados e ferros importados. O centro histórico marca em sua memória a época áurea vivida na cidade, na segunda metade

o século XIX, com construções imponentes que testemunharam a riqueza da época (IPHAN, s.d.).

Atualmente, em seu acervo, o IPHAN possui na cidade 6 Monumentos e espaços Públicos tombados: Casa de Câmara e Cadeia (Paço Municipal – atual Museu Anita Garibaldi); Casa da Rua do Rincão; Casa Pinto D' Ulisséa; Igreja Matriz Santo Antônio dos Anjos (antiga capela fundada por Domingos de Brito Peixoto Vincente); Fonte da Carioca; e Marco de Tordesilhas (IPHAN, s.d).

A cidade ainda possui obras do PAC Cidades Histórias do IPHAN. O PAC é um programa de aceleração de crescimento que foi iniciado em 2007.

De acordo com o IPHAN:

“é uma iniciativa do governo federal coordenada pelo Ministério do Planejamento que promoveu a retomada do planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética do Brasil. Em 2013, de forma até então inédita na história das políticas de preservação, o Ministério do Planejamento autorizou a criação de uma linha destinada exclusivamente aos sítios históricos urbanos protegidos pelo Iphan, dando origem ao PAC Cidades Históricas.” (IPHAN, s.d.)

A iniciativa possui R\$ 1,6 bilhão destinado a 425 obras de 20 estados brasileiros. Mais precisamente em 44 cidades, que possui como finalidade a restauração de edifícios e espaços públicos tombados pelo IPHAN. As obras do PAC Cidades Histórias em Laguna são: Casa de Anita Garibaldi; Sede da Sociedade Musical Carlos Gomes; Casa Candemil; Antiga Subestação de Energia; Casarão da Sociedade Recreativa Clube Congresso; Antiga Estação Ferroviária; Casarão Clube Blondin; e Casarão do Clube União Operária. (IPHAN, s.d.; IPHAN, s.d.)

6 METODOLOGIA

Para realizar as análises dos projetos, foi feito um levantamento de dados de acordo com a INs (Instruções Normativas) disponibilizadas no site do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Após analisada uma a uma, foi criada uma tabela de apoio que serviu como suporte para a análise dos projetos preventivos disponibilizados fisicamente pelo 8º Batalhão do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, no município de Laguna. A análise foi feita de forma individualizada, observando o projeto cedido e verificando os itens da norma atendidos.

As Instruções Normativas analisadas bem como a data de suas publicações estão todas referenciadas na seção de REFERÊNCIAS ao final deste trabalho. Todas as normas e instruções referenciadas se encontram vigentes no momento em que este trabalho é realizado e, portanto, enquadram-se como adequadas para acesso.

Todos os projetos analisados estavam previamente aprovados pelo Corpo de Bombeiros, não sendo o papel, nem objetivo deste trabalho, refutar qualquer decisão já definida como correta pela Instituição do Estado, cabendo aqui apenas analisar, verificar as aprovações, estudar as compensações cabíveis para cada situação e, principalmente, as peculiaridades que demandam um projeto preventivo tratando-se de edificações tombadas como patrimônio histórico cultural.

Os projetos analisados foram os mais recentes encontrados e disponibilizados pelo CBMSC-Laguna, não tendo sido realizado o comparativo com os projetos mais antigos das edificações, nem com outras versões que não se encontrem no prédio do Corpo de Bombeiros de Laguna. Além disso, todos os projetos analisados estavam impressos, não tendo sido disponibilizado a versão digital de nenhuma documentação.

Qualquer crítica aqui presente são apenas observações dos alunos em relação as dificuldades de frontadas com o aprendizado em aula, pois sabe-se que um projeto preventivo não é algo isolado, sendo necessário um estudo completo sobre o tipo de edificação, sua finalidade, história e arquitetura. Portanto, as críticas presentes tratam das dificuldades dos alunos envolvidos em entender as nuances presentes em um projeto já aprovado, sem ter muitas vezes acesso ao acervo que o deu origem. Não cabe aqui críticas à instituição CBMSC nem aos projetistas que deram origem aos projetos analisados.

Os projetos analisados referem-se às edificações que se encontram no acervo do IPHAN, sendo que todas fazem parte do projeto de restauração PAC, incentivado pelo Instituto. As edificações fazem parte do Centro Histórico de Laguna, local tombado como patrimônio Histórico Cultural, sendo as seguintes obras: Clube União Operária, Clube Blondin, Museu Histórico de Anita Garibaldi e Cine Teatro Mussi.

7 CLUBE UNIÃO OPERÁRIA

7.1 HISTÓRIA

Com o nome de Sociedade Recreativa Clube União Operária, a edificação está localizada no centro Histórico de Laguna, no endereço Rua Santo Antônio esquina com a Tenente Bessa, Centro, Laguna CEP 88790000.

Fundada em 1903 por Pedro Jerônimo do Nascimento, Bonifácio Jesuíno Alves, Lucidonio Sypriano e Antônio Felisberto da Rosa. Surgiu como uma associação afrodescendente e de classe, onde a associação reunia operários e marítimos, trabalhadores manuais, comerciantes, negociantes e funcionários públicos (SANTA AFROCATARINA, UFSC). A construção do prédio ocorreu por volta de 1850 (IPHAN, 2020)

O clube era um espaço de lazer e cultura, com bailes dançantes, mas também momentos de estudo para os membros (PACHECO, 2020). A edificação foi restaurada em julho de 2020 e a obra contou com um investimento de mais de R\$ 728 mil (GOUTHIER, 2020).

Figura 1 - Localização União Operária - Laguna/SC



Fonte: Google Maps, 2021.

7.2 ANÁLISE DOS DOCUMENTOS

Data do projeto: 31/07/2014.

Data da aprovação: 03/03/2020.

Documentos disponibilizados: Plano de Emergência, Planta de Emergência Externa, Projeto Preventivo.

Área total da Edificação: 218,17 m².

Classificação da Ocupação da Edificação: De acordo com a IN 001 – Art84, XIV, (CBMS), a classificação da edificação trata-se de:

“Reunião de Público com concentração (auditórios ou salas de reunião com mais de 100 m², boates, clubes noturnos m geral, salões de baile, restaurantes danantes, bares dançantes, clubes sociais, circos, teatros, cinemas, óperas, templos religiosos sem assento (cadeira, banco ou poltrona), estádios, ginásios e piscinas cobertas com arquibancadas, arenas em geral).” (SAGALLI, 2019).

Classificação do Risco de Incêndio: De acordo com o levantamento da arquiteta responsável pelo Plano de Emergência, o valor encontrado foi de um poder calorífico de 49,17 kg/m², considerado como RISCO LEVE.

Figura 2 - Planta baixa projeto preventivo União Operária.



Fonte: CBMSC – Laguna.

De acordo com o Plano de Emergência, que foi tido como base a IN 31 do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, extraiu-se como características da edificação:

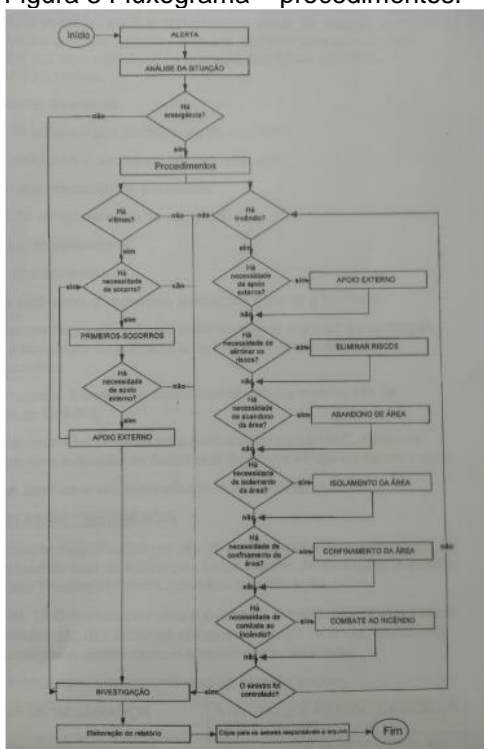
- População fixa: 10 pessoas;
- População flutuante: 300 pessoas;
- Sistemas de segurança já instalados na edificação: Sistema preventivo por extintores; iluminação de emergência; sinalização de emergência; abrigo de gás;
- Risco em potencial: incêndio.

O referido Plano de Emergência traz ainda os procedimentos de emergência a serem executados em caso de surgimento de fogo, de acordo com a disponibilidade de pessoal no ambiente, dando prioridade ao atendimento de eventuais vítimas. Os procedimentos devem ser seguidos de forma cronológica na seguinte sequência:

Análise primária; Análise secundária; Corte de Energia; Rotas de fuga; Pontos de Encontro; Comunicação; Combatente; Abandono.

A sequência lógica dos procedimentos a serem seguidos foram dispostos conforme o fluxograma abaixo, de acordo com a orientação da especialista responsável pelo Plano de Emergência:

Figura 3 Fluxograma – procedimentos.



Fonte: NBR 15.219:2005, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (apud SANGHALLI).

7.3 ANÁLISE DAS INSTRUÇÕES NORMATIVAS (IN)

7.3.1 IN 05 Edificações existentes e recentes

O projeto preventivo da edificação da União Operária trata-se de regularização, devido a uma reforma que o prédio recebeu. A IN 05 traz diversos itens de enquadramento para edificações que sofrem ampliação ou alteração de sua área normal, não sendo a realidade deste projeto, que conservou sua área, sofrendo apenas alterações estéticas. Portanto, trata-se de uma edificação existente, como determina a instrução normativa.

O tipo de Sistema de Edificação, de acordo com a IN 01 é F-6: Clubes sociais e diversão. De acordo com a Instrução Normativa, o grupo F contempla os locais de reunião de público, e a divisão 6 dentro dessa classificação indica que a edificação faz parte de clubes sociais e diversão. De acordo com IN 01, a destinação: “Salões de festa (buffet), centro de eventos, restaurantes dançantes, clubes sociais, bingo, bilhares, tiro ao alvo, boliche e assemelhados”.

De acordo com a IN 05 os sistemas e medidas com a viabilidade de adequação dividem-se em vitais, indispensáveis e adequáveis. A divisão F-6 necessita os seguintes sistemas e medidas:

Vitais: Sistema Preventivo por Extintor (SPE); Iluminação de Emergência (IE); Sinalização de Abandono de Local (SAL); Saídas de Emergência (SE).

Indispensável: Controle de Materiais de Revestimento e Acabamento (CMAR) – IN 18; Plano de Emergência (PE); Sistema de Alarme de Incêndio (SA); Detecção Automática de Incêndio (DAI); Brigada de Incêndio (BI).

Adequável: Todos os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico previstos nas Normas de Segurança Contra Incêndio (NSCI), exceto os vitais ou sem possibilidade de adequação (TE).

Tabela 2 – Resumo sistemas IN5 – Clube Blonfin.

UNIÃO OPERÁRIA			
VITAIS	SPE	Sistema Prevetivo por Extintor	✓
	IE	Iluminação de Emergência	✓
	SAL	Sistema de Abandono de Local	✓
	SE	Saída de Emergência	✓
INDISPENSÁVEIS	CMAR	Controle de Materiais de Revestimento e Acabamento	✓
	PE	Plano de Emergência	✓
	SA	Sistema de Alarme de Incêndio	X
	DAI	Detecção Automática de Incêndio	X
ADEQUÁVEIS	BI	Brigada de Incêndio	X
	TE	Todos os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico previstos nas NSCI	IGC*

**IGC = Instalação Gás Combustível*

Fonte: Elaborado pelos autores.

7.3.2 IN 06 Sistema preventivo por extintores

Os extintores escolhidos pela Arquiteta responsável foi do tipo pó químico seco (PQS), gás carbônico (CO₂) e extintores de água sobre rodas.

De acordo com o Art.8º, da IN0 6, é necessário que sejam instalados no mínimo 2 extintores por pavimento, com o mínimo de uma unidade extintora cada.

A carga de incêndio específica calculada pela projetista foi de 223.761,287 kcal/m², o equivalente a 936,84 MJ/m². De acordo com a IN6, Tabela 1, a distância máxima a ser percorrida entre os extintores é de 30 m. O projeto está adequado e recebeu a aprovação do Corpo de Bombeiros Militar da unidade de Laguna.

Todos os detalhes do projeto estão de acordo com a IN 06 onde trata de especificações da instalação, como distância, sinalização e localização.

7.3.3 IN 7 Sistema hidráulico preventivo

O extintor sobre rodas para o caso de edificações tombadas, pode ser utilizado como medida de compensação no caso de a edificação não comportar a instalação de Sistema Hidráulico Preventivo.

7.3.4 IN8 Instalação de gás combustível

O projeto contempla uma cozinha que abriga uma unidade de fogão industrial com 4 bocas e forno. O gás fornecido proveio da instalação de um abrigo de gás com

P13. Trata-se de um botijão de gás de cozinha com peso de 13 Kg (ULTRAGAZ, 2017). De acordo com a IN 08 (CBMSC), até 90 Kg instala-se em abrigo.

O abrigo se encontra em área de livre acesso. A cabine no detalhamento encontra-se como central, apesar de o Plano de Emergência e projeto referenciarem um abrigo. A tubulação de gás projetada possui registro de corte fecho rápido.

Os projetos e Plano de Emergência foram aprovados pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

7.3.5 IN 09 Sistemas de saída de emergência

A edificação União Operária trata-se de uma edificação já existente e tombada pelo IPHAN como patrimônio público, portanto, não é possível que certas adequações nas dimensões de suas aberturas, por modificar sua estética original. A projetista verificou as aberturas das portas já instaladas, onde constatou-se que elas possuem no mínimo de 1,21 m de largura, adequando-se ao exigido por norma como largura mínima das descargas.

De acordo com o a projetista, por cálculo constatou-se que a capacidade máxima de pessoas para utilização do prédio é de 300. Porém, por tratar-se de uma edificação com tombamento histórico, comprovada, e que não permite alteração da arquitetura por lei, a projetista, por meio de comprovações legais, chegou ao valor de 400 pessoas como lotação máxima (IPHAN, art. 65, III, apud SANGALLI, 2019).

7.3.6 IN 11 Sistema de iluminação de emergência

A projetista optou por sistema de blocos autônomos e farolete. De acordo com detalhamento de projeto, todas as especificações da norma foram atendidas, como utilização de fio antichama e tensão máxima, bem como demais especificações.

Todos os blocos autônomos possuem tomadas exclusiva e garantem o nível mínimo de iluminação.

7.3.7 IN 12 Sistema de alarme e detecção de incêndio

Apesar de se tratar de um sistema considerado indispensável para uma edificação F-6, não foi constatado o SA no projeto. Não consta nenhuma nota no Plano

de Emergência do porquê da ausência deste. Pode-se crer que por tratar-se de uma edificação tombada. Segundo IPHAN, artigo 7, cita: “podem ser apresentadas medidas complementares mitigadoras, sob consideração dos Corpos de Bombeiros locais, tais como: [...] g) Sistema de alarme, detecção e combate a incêndio;” acionadores manuais e avisadores sonoros visuais. O projeto aprovado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, unidade de Laguna, garante que as especificações da central de alarme estão de acordo com as exigências da IN.

7.3.8 IN 13 Sinalização para abandono de local

A Engenheira responsável pelo projeto optou pela instalação de placas de sinalização com inscrição SAÍDA do tipo bloco autônomo. Este conjunto de acordo com a instrução normativa deve possuir tomada exclusiva para cada bloco, o que está de acordo com detalhe de projeto.

O tamanho das placas foi de 25 x 16 (cm²), com distância máxima entre os pontos de 15 m. O projeto está de acordo com as especificações.

7.3.9 IN 18 Controle de materiais de revestimento e acabamento

Não há especificações no projeto ou Memorial sobre todos os acabamentos das edificações. No geral, a edificação possui o piso em cerâmica (incombustível, de acordo com a IN), e a projetista faz menção aos pontos de maior atenção, de acordo com a relação de combustíveis encontrados.

7.4 DISCUSSÃO

O estilo neocolonialista da arquitetura do Clube Blondin remete a maior segurança da edificação, com grandes espaços, bastante arejados, e com muitas aberturas, apesar de se tratar de uma edificação histórica com o uso abundante da madeira, material combustível, utilizado como piso, forro, esquadrias, escadas e móveis na edificação. Nos documentos do CBMSC não há menção acerca do sistema elétrico, mas o IPHAN garantiu a substituição de todo o sistema além da instalação de novas luminárias, mostrando que a edificação se mantém segura contra risco de incêndio em suas diversas nuances (REVISTA MUSEU, 2020).

8 MUSEU HISTÓRICO ANITA GARIBALDI

8.1 HISTÓRIA

Localizado na rua Raulino Horn, 490, fica está instalado no Centro Histórico de Laguna a edificação que, inicialmente, foi denominada como Paço do Conselho.

Construída em 1735, foi finalizada apenas no final do século. Fez parte de todo o processo histórico da conquista da cidade e da revolução farroupilha, bastante conhecida na região. Foi a primeira edificação construída, quando fundada a vila de Laguna (IPHAN, s.d.).

Ao longo de sua história abrigou a Câmara dos Vereadores e o corpo da Guarda Municipal. E foi nesta edificação que proclamaram a vila conquistada de República Juliana, em 1839.

A partir de 1949 passou a ser utilizado como Museu Histórico Anita Garibaldi, onde conta com acervo eclético, desde peças históricas de alto valor até homenagens ao pai da imprensa catarinense (MUNICÍPIO DE LAGUNA, 2019).

Figura 6 - Localização Museu Histórico Anita Garibaldi.



Fonte: Google Maps, 2021.

8.2 ANÁLISE DOS DOCUMENTOS

Data do projeto: 26/09/2018;

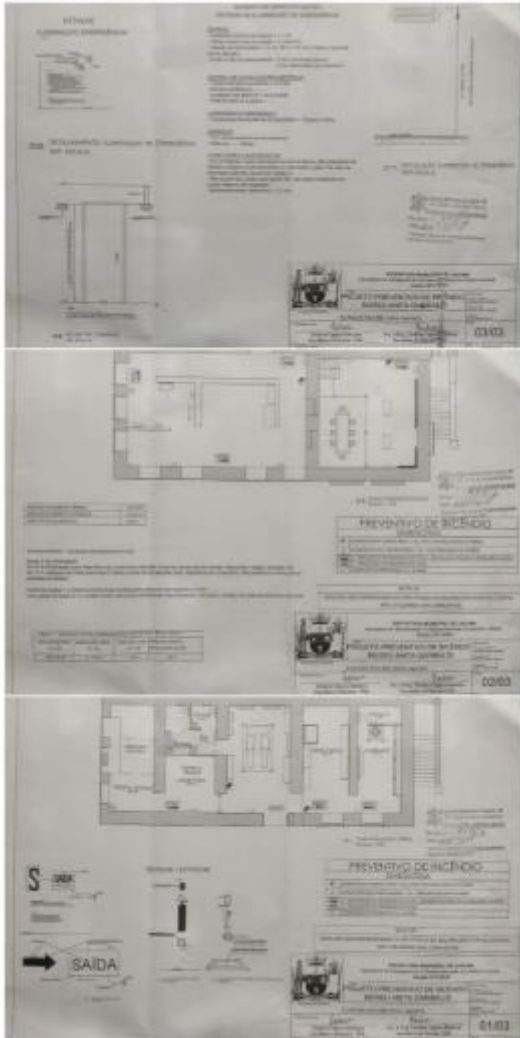
Data da aprovação: 22/10/2018;

Documentos disponibilizados: Projeto Preventivo de Incêndio;

Área total da Edificação: 350 m²;

Classificação da Ocupação da Edificação: Sem informação;
Classificação do Risco de Incêndio: Sem informação;

Figura 7 – Projeto preventivo de incêndio.



Fonte: CBNSC – Laguna, 2021.

8.3 ANÁLISE DAS INSTRUÇÕES NORMATIVAS (IN)

8.3.1 IN 05 Edificações existentes e recentes

O projeto refere-se a uma obra de restauro da edificação, não se tratando de ampliação ou alteração da edificação, nem de seu uso. Além disso, trata-se de uma edificação tombada que resguarda não apenas a arquitetura, mas também objetivos de valor histórico, o que traz ainda mais sensibilidade a certos tipos de intervenções que podem ser requeridas por instruções normativas.

De acordo com a Instrução Normativa, o tipo de sistema da edificação é F-1: Local onde há objeto de valor inestimável.

De acordo com a Instrução Normativa, o grupo F contempla os locais de reunião de público, e a divisão 1 dentro dessa classificação indica que a edificação faz parte de museus. De acordo com IN 01, a destinação: “Museus, centro de documentos históricos, galerias de arte, bibliotecas e assemelhados”.

De acordo com a IN 05 os sistemas e medidas com a viabilidade de adequação dividem-se em vitais, indispensáveis e adequáveis. A divisão F-1 necessita os seguintes sistemas e medidas:

Vitais: Sistema Preventivo por Extintor (SPE); Iluminação de Emergência (IE); Sinalização de Abandono de Local (SAL).

Indispensável: Sistema de Alarme e Detecção de Incêndio (SA); Brigada de Incêndio (BI).

Adequável: Todos os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico previstos nas Normas de Segurança Contra Incêndio (NSCI), exceto os vitais ou sem possibilidade de adequação (TE).

Tabela 3 – Resumo sistemas IN5 – Museu Histórico Anita Garibaldi.

MUSEU HISTÓRICO ANITA GARIBALDI			
VITAIS	SPE	Sistema Preventivo por Extintor	✓
	IE	Iluminação de Emergência	✓
	SAL	Sistema de Abandono de Local	✓
INDISPENSÁVEIS	SA	Sistema de Alarme de Incêndio	X
	BI	Brigada de Incêndio	X
ADEQUÁVEL	TE	Todos os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico previstos nas NSCI	X

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

8.3.2 IN 06 Sistema preventivo por extintores

Os extintores escolhidos pela Arquiteta responsável foi do tipo pó químico seco (PQS) e extintor de água pressurizada.

De acordo com o Art.8º, da IN 06, é necessário que sejam instalados no mínimo 2 extintores por pavimento, com o mínimo de uma unidade extintora cada.

Não houve acesso ao Memorial Descritivo ou Plano de emergência do projeto, dificultando a análise do SPE através, apenas, do projeto preventivo de incêndio, por não conter todas as informações necessárias para análise e debate.

O projeto conta com 3 extintores por pavimento, porém não mostra o cálculo de carga de incêndio nem as especificações de cada ambiente.

O Art. 6º sinaliza a obrigatoriedade de extintor tipo C locais em que há risco de fora elétrica ou similar. O projeto do Museu Histórico de Anita Garibaldi possui um local para reserva técnica e laboratório, onde a arquiteta projeto um extintor de água, mas não está especificado em projeto quais equipamentos ficarão nesse ambiente e se há equipamentos elétricos. A IN 06 não faz menção a laboratórios e extintores.

Caso este local possua equipamentos científicos para análise ou similares, pode ser adequado o uso do extintor tipo C como especifica a IN 06.

O projeto está aprovado pelo CBMSC, julgando-se assim adequado e cumprindo seu dever de proteger a edificação contra o risco de incêndio. A sugestão aqui presente, portanto, baseia-se em uma situação hipotética por não se ter acesso aos materiais e equipamentos disponibilizados no ambiente.

8.3.3 IN 07 Sistema hidráulico preventivo

Não há no projeto menção ao SHP. Porém, por se tratar de uma edificação histórica, sabe-se que a intervenção na edificação causada pela instalação desse sistema pode prejudicar a arquitetura do museu, não sendo adequado. Também não há menção no projeto em relação a compensações pela ausência desse sistema, nem uso de extintor sobre rodas.

O projeto está aprovado e julga-se adequado pelo CBMSC para a sua finalização.

8.3.4 IN 08 Instalação de gás combustível

O projeto do Museu Histórico Anita Garibaldi não possui ambiente para copa ou cozinha, portanto, não faz uso de gás combustível. A IN 08 não se aplica ao projeto.

8.3.5 IN 09 Sistemas de saída de emergência

O projeto preventivo disponibilizado pelo CBMSC encontra-se em escala 1:100. De acordo com medição realizada em escalímetro adequado verificou-se que a abertura principal do andar térreo possui medida de 1,90 metros de largura. Já a abertura do pavimento superior não se encontra bem definida, não sabendo ao certo qual sua medida.

Figura 8 – Planta pavimento superior.



Fonte: CBMSC – Laguna, 2021.

Sabe-se que há uma saída devido a indicação de uma placa de saída e devido ao acesso ao pavimento superior dar-se através de uma escada exterior, porém, não há abertura no projeto, não sabendo-se ao certo a sua medida, conforme imagem abaixo.

8.3.6 IN 11 Sistema de iluminação de emergência

A projetista optou por sistema de blocos autônomos. De acordo com detalhamento de projeto, todas as especificações da instrução foram atendidas, como utilização de fio antichama e tensão máxima, bem como demais especificações. Todos os blocos autônomos possuem tomadas exclusiva e garantem o nível mínimo de iluminação.

8.3.7 IN 12 Sistema de alarme e detecção de Incêndio

O projeto preventivo não traz menção a central de alarme nem detecção de incêndio. Também não sinaliza medidas compensatórias pela ausência do SA. Como não houve acesso ao memorial ou plano de emergência, não sabe-se ao certo qual medida mitigadora foi tomada.

9.3.8 IN 13 Sinalização para Abandono de Local

A Arquiteta e Engenheira responsável pelo projeto optou pela instalação de placas de sinalização com inscrição SAÍDA do tipo bloco autônomo. Este conjunto de acordo com a instrução normativa deve possuir tomada exclusiva para cada bloco, o que está de acordo com detalhe de projeto.

O tamanho das placas foi de 50 x 32 (cm²), com distância máxima entre os pontos de 30 m. O projeto está de acordo com as especificações.

8.3.8 IN 18 Controle de materiais de revestimento e acabamento

Não há especificações no projeto ou Memorial sobre todos os acabamentos das edificações. O projeto também não sinaliza o material do piso da edificação nem da escada de acesso ao pavimento superior, não sendo possível a análise por meio apenas do projeto.

8.4 DISCUSSÃO

No projeto não há descrição acerca dos materiais de acabamento e sinalização, apesar da complexidade da arquitetura, tratando-se de uma obra antiga. Também não há menção acerca da instalação elétrica e não foi encontrado nota do IPHAN sobre sua substituição. Por tratar-se de um prédio de arquitetura antiga e que abriga diversos materiais de valor histórico, além de possuir em sua arquitetura o uso abundante de madeira, utilizada em pisos, forro, mobílias, esquadrias e, ainda, no próprio arquivo expositivo do museu, é preocupante a ausência de alarme de incêndio.

9 CINE TEATRO MUSSI

9.1 HISTÓRIA

Localizado na Avenida Colombo Machado Sálless, no centro histórico de Laguna/SC, foi um grandioso empreendimento de sua época, nas décadas 40 e 50. Foi projetado pelo arquiteto Wolfgang Ludwig Rau, bastante famoso devido a sua pesquisa bibliográfica de Anita Garibaldi, e foi também autor de projetos de outros cinemas importantes no estado de Santa Catarina.

A construção do prédio começou em meados de 1947, finalizada e inaugurada em 17 de dezembro de 1950. O proprietário se chama João Mussi, membro de uma importante família na cidade, e seu empreendimento foi um verdadeiro sucesso na cidade, na época.

Várias mudanças ocorreram ao longo da história, sobre o modo de exibição de filmes e espetáculos. Com o advento da televisão, as pessoas passaram a assistir mais filmes em casa e, com a entrada de grandes empresas de cinema no países, mudando a estrutura do cinema, com várias salas e filmes diferentes e localizados em shoppings, o Cine Teatro Mussi passou a se tornar obsoleto, se tornando esquecido na história.

Ao longo dos anos, após o fechamento do cinema, passou a ser utilizado como igreja e posteriormente como secretaria municipal, quando, em 2009 foi comprado pelo atual extinto Ministério da Cultura, passando por um período de 3 anos para ser revitalizado. O investimento total foi de mais de R\$ 7 milhões de reais, e todo o serviço foi promovido pelo IPHAN.

Atualmente o prédio promove a exibição de clássicos do cinema e espetáculos abertos ao público. É um importante marco, sendo o único sobrevivente de sua época.

Figura 9 – Localização Cine Teatro Mussi – Laguna-SC.



Fonte: Google Maps, 2021.

9.2 ANÁLISE DOS DOCUMENTOS

Data do projeto: 29/07/2011

Data da aprovação: 16/12/2014

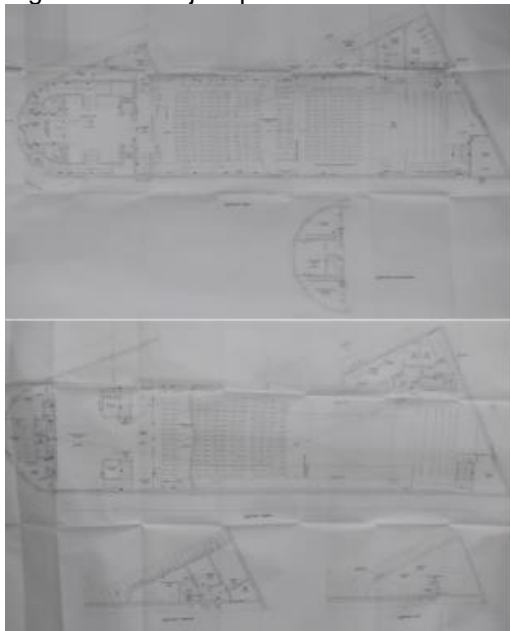
Documentos disponibilizados: Projeto Preventivo de Incêndio, Memorial Descritivo, Projeto Executivo, Relatórios Técnicos e Relatório de Ensaio.

Área total da Edificação: 1189,43 m²

Classificação da Ocupação da Edificação: Reunião de Público com Concentração

Classificação do Risco de Incêndio: Risco Leve

Figura 10 – Projeto preventivo – Cine teatro Mussi.



Fonte: CBMSC – Laguna.

9.3 ANÁLISE DAS INSTRUÇÕES NORMATIVAS (IN)

9.3.1 IN 05 Edificações existentes e recentes

O projeto refere-se a uma obra de restauro da edificação, não se tratando de ampliação ou alteração da edificação, nem de seu uso. Além disso, trata-se de uma edificação tombada que resguarda não apenas a arquitetura, mas também objetivos de valor histórico, o que traz ainda mais sensibilidade a certos tipos de intervenções que podem ser requeridas por instruções normativas. De acordo com a Instrução Normativa, o tipo de sistema da edificação é F-5: Artes Cênicas e Auditório.

De acordo com a Instrução Normativa, o grupo F contempla os locais de reunião de público, e a divisão 1 dentro dessa classificação indica que a edificação faz parte de teatros/cinemas. De acordo com IN 01, a destinação: “Teatros em geral, cinemas, óperas, auditórios de estúdios de rádio e televisão, auditórios em geral e assemelhados”.

De acordo com a IN 05 os sistemas e medidas com a viabilidade de adequação dividem-se em vitais, indispensáveis e adequáveis. A divisão F-1 necessita os seguintes sistemas e medidas:

Vitais: Sistema Preventivo por Extintor (SPE); Iluminação de Emergência (IE); Sinalização de Abandono de Local (SAL); Saídas de Emergência (SE).

Indispensável: Controle de materiais de revestimento e acabamentos (CMAR); Plano de Emergência (PE); Sistema de Alarme e Detecção de Incêndio (SA); Detecção automática de incêndio (DAI); Brigada de Incêndio (BI).

Tabela 4 – Resumo sistemas IN5 – Cine Teatro Mussi.

CINE TEATRO MUSSI			
VITAIS	SPE	Sistema Prevetivo por Extintor	✓
	IE	Iluminação de Emergência	✓
	SAL	Sistema de Abandono de Local	✓
	SE	Saída de Emergência	✓
INDISENSÁVEL	CMAR	Controle de Materiais de Revestimento e Acabamento	✓
	PE	Plano de Emergência	X
	SA	Sistema de Alarme de Incêndio	✓
	DAI	Detecção Automática de Incêndio	✓
	BI	Brigada de Incêndio	X
ADEQUÁVEL	TE	Todos os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico previstos nas NSCI	X

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Adequável: Todos os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico previstos nas Normas de Segurança Contra Incêndio (NSCI), exceto os vitais ou sem possibilidade de adequação (TE)

9.3.2 IN 06 Sistema preventivo por extintores

De acordo com Memorial Descritivo, os agentes extintores determinados para a proteção da edificação foram os seguintes tipos: PQS-ABC (pó químico seco) 4 Kg e CO2 (gás carbônico) 4 Kg, além de água pressurizada (10 litros) no palco do teatro e no camarim.

De acordo com o Art.8º, da IN 06, é necessário que sejam instalados no mínimo 2 extintores por pavimento, com o mínimo de uma unidade extintora cada. Não foi possível o acesso ao cálculo de carga de incêndio, mas é possível perceber a complexidade da edificação, que além de possuir muitos acessos internos, conta com materiais de cinema/teatro: poltronas, cortinas, balcões etc., além de possuir 3 pavimentos, caracterizando-se, assim, pela sua complexidade, portanto, é possível prever que possui uma carga acima de 1142 MJ/m². De acordo com a IN 06, a distância entre os extintores deve ser de 15 m.

Pode-se prever como correto essa hipótese, devido a todos os extintores da edificação se encontrarem a distâncias menores que 15 m entre eles.

9.3.3 IN 07 Sistema hidráulico preventivo

Não há no projeto menção ao SHP, nem compensações diretas pela ausência desse sistema. Devido a tratar-se de uma edificação antiga, bastante característica e complexa, é uma edificação considerada patrimônio histórico e cultural, tombada pelo IPHAN, portanto, a instalação desse sistema é muito invasiva pra edificações mais sensíveis, como as históricas.

9.3.4 IN 08 Instalação de gás combustível

Não está previsto utilização de GN ou GLP.

9.3.5 IN 09 Sistemas de saída de emergência

Apesar de se tratar de uma edificação antiga, o prédio conta com 8 saídas com mais de 1,20 m cada. A lotação máxima de pessoas sentadas na edificação é de 327 pessoas.

9.3.6 IN 11 Sistema de iluminação de emergência

O projetista optou por sistema de blocos autônomos. De acordo com detalhamento de projeto, todas as especificações da instrução foram atendidas, como utilização de fio antichama e tensão máxima, bem como demais especificações. Todos os blocos autônomos possuem tomadas exclusiva e garantem o nível mínimo de iluminação.

9.3.7 IN 12 Sistema de Alarme e detecção de incêndio

Foi previsto central de alarme com detectores de incêndio, acionadores manuais e avisadores sonoros, com sons distintos entre pavimentos. O acionador manual é do tipo push-button “quebre o vidro e aperte o botão”.

9.3.8 IN 13 Sinalização para abandono de local

O Engenheiro responsável pelo projeto optou pela instalação de placas de sinalização com inscrição SAÍDA do tipo bloco autônomo. Este conjunto de acordo com a instrução normativa deve possuir tomada exclusiva para cada bloco, o que está de acordo com detalhe de projeto. O tamanho das placas foi de 25 x 16 (cm²), com distância máxima entre os pontos de 15 m. O projeto está de acordo com as especificações.

9.3.9 IN 18 Controle de materiais de revestimento e acabamento

Por tratar-se de um local de exposições de teatro e cinema, diversos cuidados devem ser tomados em relação aos materiais utilizados, para que o risco de fogo não seja propagado por meio dos acabamentos.

O Engenheiro responsável encaminhou os materiais de acabamento para testes em laboratório. Os materiais foram os seguintes: tecidos e materiais das poltronas utilizadas para assento dos telespectadores, laterais e marcadores de acento; cadeiras utilizadas para demais situações e diversos tipos de tecido que compõem as cortinas do prédio.

Todos os materiais são considerados seguros e foram aprovados pelo CBMSC.

9.4 DISCUSSÃO

Há bastante informações acerca dos materiais utilizados, inclusive o anexo dos ensaios em laboratório realizados nas capas e cortinas do cine teatro. A arquitetura Art Déco, característica desta edificação (MUNARIM, 2009), tem como uso preposto da madeira maciça para móveis, indicando uma carga de incêndio considerável, apesar de no projeto acessado não constar o cálculo da carga. Não há no projeto menção ao sistema elétrico, porém o teatro já havia sido interditado no passado por conta da sua instalação elétrica obsoleta em 2005 (POZZO, 2017) e, nesta intervenção do IPHAN, houve a reabilitação do teatro, subentendendo-o também à substituição do sistema elétrico. A estrutura da edificação é toda em concreto armado com cobertura em laje e telhado, além disso conta com um extintor de H₂O no palco

como medida de proteção extra e alarme de incêndio, com todas as outras medidas de segurança contra incêndio aplicadas.

10 BRIGADA DE INCÊNDIO

A IN 28 trata das disposições da Brigada de Incêndio, parte fundamental das medidas de segurança contra incêndio em algumas situações e citada neste trabalho pelo motivo de todos os projetos, de acordo com a IN 5, necessitem da BI como medida preventiva.

A BI se trata de um grupo de pessoas treinadas, ou brigadistas voluntários ou particulares, treinados pelo Corpo de Bombeiros Militar, que tem como intuito a ação imediata a uma situação de incêndio de modo a prestar socorro às pessoas para que elas saiam do local em segurança (Seito et al, 2008).

O dimensionamento dá-se de acordo com os critérios abordados no artigo 11 da IN 28, especificamente no parágrafo 1º, onde há o estabelecimento que, para locais com reunião com ou sem concentração de público e escolares em geral, tendo uma população fixa de 10 pessoas, não é necessário a BI. Quando a população fixa for maior que 10 pessoas, o cálculo dos brigadistas será de 2% da população fixa do móvel.

Na fase de análise de projeto não é feito o dimensionamento da BI, devendo esta ser feita de acordo com o artigo 5 da IN 28, no momento da vistoria de funcionamento. Portanto, como é objetivo deste trabalho analisar os projetos preventivos contra incêndio na fase de aprovação, não há contemplação do dimensionamento da BI ou análise do seu funcionamento.

11 INVESTIGAÇÃO DOS RISCOS DE INCÊNDIO NOS PROJETOS ANALISADOS

Todos os projetos analisados se encontram aprovados pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, portanto, se adequam à finalidade que se propõem e são considerados seguros, tanto para a segurança da edificação quanto para os visitantes, bem como seus colaboradores.

O acervo que trata da segurança contra incêndio no Brasil traz diversas normas e leis que resguardam a segurança das novas edificações, demonstrando a genuína

preocupação com essas obras. Porém, quando confrontado com as normas e leis referentes às edificações tombadas, o cenário não é mesmo.

Apesar do significativo valor que estas obras possuem para a sociedade, não há uma Instrução Normativa ou Norma Brasileira que trate de forma específica as edificações tombadas e que leve em consideração todas as suas peculiaridades, arquitetura e/ou materiais específicos utilizados na sua construção, demonstrando uma lacuna quanto a sua real segurança, quando comparada com as diretrizes e normas para novas obras.

Sabe-se que um fator decisivo para essa diferença é a própria atualização da ciência do fogo e as novas construções que surgem ao longo da linha do tempo, mostrando-se necessário a constante reparação e adequação das normas existentes de acordo com as tecnologias e métodos construtivos atualizados.

Porém, pode-se pensar que, apesar das técnicas construtivas antigas em edificações existentes não se adequarem nessas atualizações, elas trazem em si um problema frente ao fogo ainda maior: a ausência de normas específicas e adequadas que contemple a sua construção, arquitetura e a sua finalidade ao longo da história, por se tratar de edificações com valor histórico e que recebem visitas ao longo de seu funcionamento, devendo estar sistematicamente protegida e resguardada.

Como forma de mitigar os riscos e dar luz a esta lacuna na segurança contra incêndio nas edificações tombadas, tornando-a cada vez menor, surge a portaria Nº 366 de 4 de setembro de 2018, que sistematiza o seguinte: “Dispõe sobre diretrizes a serem observadas para projetos de prevenção e combate ao incêndio e pânico em bens edificados tombados e nas respectivas áreas de entorno [...]” (IPHAN, 2018). Tendo como objetivo assegurar que as intervenções realizadas pelo PPCI não descaracterizem a edificação, por tratar de edificações sensíveis, servindo como ponto de apoio e complemento às Instruções Normativas e Normas Técnicas para a realização do PPCI, bem como auxílio na análise e indicações de conflitos entre o projeto da edificação tombada e as diretrizes do Corpo de Bombeiros.

De acordo com a Portaria nº 366, as diretrizes presentes não são obrigatórias, podendo ser utilizadas de acordo com a necessidade da edificação, podendo os projetos serem submetidos à adequação quando já aprovados pelo Corpo de Bombeiros ou não.

Quando não aprovado pelo Corpo de Bombeiros, por qualquer conflito que tenha surgido ao longo de sua elaboração, no que tange às peculiaridades da edificação

tombada, a portaria trata de ações mitigadoras como adequações, devido a estes conflitos na elaboração do PPCI. Sendo elas:

- a) Controle de população de acordo com unidades de passagem disponíveis;
- b) Aplicação de material retardante de chamas;
- c) Controle de fumaça;
- d) Sistemas de gases inertes ou chuveiros automáticos;
- e) Brigada de incêndio;
- f) Consideração de portas secundárias;
- g) Sistema de alarme, detecção e combate a incêndio;
- h) Instalação de hidrantes públicos próximo à edificação;
- i) Outras aplicáveis. (IPHAN, 2018)

Ainda, a Portaria nº 366 cita as instalações elétricas e faz referência a NBR 5410, orientando que as instalações elétricas devem estar de acordo com a norma específica, bem como com as diretrizes de orientação da portaria, como orientações para inspeção visual e manutenção.

De acordo com o acesso aos documentos físicos analisados, não foi mencionado nos projetos as instalações elétricas nem as diretrizes embasadas para a reforma do sistema elétrico nas edificações, tornando este ponto bastante sensível e preocupante, haja visto que, dentre as principais tragédias ocorridas no país por conta de fogo, a maioria foi causada por falha no sistema elétrico. Quanto aos projetos analisados, sabe-se apenas que houve reforma nas instalações elétricas por meio de periódicos em noticiários da região, mas sem quaisquer observações específicas documentadas em relação a essas reformas.

A NBR 5410, que trata das instalações elétricas de baixa tensão, especifica estar adequada às novas construções e às reformas nas edificações já existentes, ressaltando algumas alterações. De acordo com a Norma: “Modificações destinadas a, por exemplo, acomodar novos equipamentos elétricos, inclusive de sinal, ou substituir equipamentos existentes, não caracterizam necessariamente uma reforma geral da instalação.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 1), bem como não faz referência específica às edificações tombadas.

Apesar de todas os projetos analisados tratarem de reformas e restauros nas edificações, se enquadrando na NBR 5410, pode-se observar que, como exemplo da tragédia ocorrida 2015 no Museu da Língua Portuguesa, uma manutenção falha pode causar não apenas estragos irreparáveis em uma edificação que, nesta situação, causou perdas materiais irrecuperáveis, mas também a vida de um brigadista que tentou mitigar o fogo e acabou vindo a falecer.

Outro exemplo tristemente específico quanto ao sistema elétrico, foi o incêndio causado pela falha na instalação de um ar-condicionado no Museu Nacional, no Rio de Janeiro em 2018. Podendo-o equiparar a situação de superaquecimento em um equipamento no Instituto Butantã em 2010. Ambos os casos trouxeram perdas irreparáveis para a sociedade e traumas para colaboradores que estavam presentes na época de seu acontecimento.

No que tange a manutenção, a NBR 5410 traz bastante especificações e ressalvas, porém, ainda assim, não há menção específica às obras tombadas nem quais seriam as qualificações necessárias para que os profissionais estivessem habilitados a realizarem a manutenção nestas obras para que acidentes causados por fogo nestas edificações passem a ser uma exceção e não a regra, como observado no cenário atual.

Além disso, é importante observar que estas edificações tratam-se de patrimônios da sociedade, portanto, são resguardadas por instituições públicas que tem como responsabilidade a conservação e preservação dessas obras, sendo o ofício do Estado mais oneroso e muitas vezes tardio quando observado os trâmites necessário para adequação dessas edificações às normas e vistorias, seja por conta das burocracias necessárias para que seja aprovado um projeto de reforma, programa de manutenção ou proposta de adequação, ou por se tratar de que, muitas vezes, servidores posicionados para estas atividades são sobrecarregados com mais de uma função ou atividade, não sendo possível uma ação imediata ou melhor detalhada para uma obra em específico, podendo haver falhas em prazos ou falta de pagamentos para outras entidades responsáveis, por falha do Estado.

Pode-se observar, portanto, a existência de diversas brechas nas normas e instruções que tratam de reformas de edificações tombadas como patrimônio histórico cultural, as quais não contemplam essas edificações em suas totalidades, abraçando as suas peculiaridades e especificando todas as medidas necessárias quanto à sua arquitetura, materiais e métodos construtivos, materiais expositivos e, principalmente, instalações elétricas, colocando o IPHAN como intercessor de casos específicos, apenas quando solicitado, não havendo a obrigatoriedade da contemplação dessas edificações em todas as intervenções.

Há também a problemática das instalações e manutenções elétricas, haja visto a sua contribuição nas tragédias causadas por fogo, onde suas normativas não especificam soluções para falhas nas manutenções, como adequação da mão de obra

específica para edificações tombadas ou diretrizes próprias para estas edificações, bem como a própria NBR 5410 que teve sua última atualização em 2008, anteriormente às diversas tragédias que as edificações públicas de valor histórico e cultural foram acometidas.

Como resultado dessas brechas surgem os casos de verdadeiras catástrofes em prédios públicos que resultam em chamas violentas e a perda de vidas e de bens de valor para a sociedade, jamais recuperados.

12 CONCLUSÃO

Sabe-se que uma edificação histórica e tombada não se trata apenas de um prédio diferenciado do seu entorno e que, portanto, deve ter sua arquitetura resguardada apenas como fim em si mesma. Para que uma edificação seja tombada é necessário que ela contenha elementos que preservem as características daquela sociedade ao qual está inserida, de modo a preservar a identidade daquela cultura, como forma de desenvolver o bem-estar social e a própria cidadania das pessoas.

Portanto, é de extrema importância a preservação e conservação de um bem histórico e cultural, devendo a segurança contra incêndio realizar esse trabalho de forma coadjuvante, aumentando a longevidade da edificação e trazendo segurança às pessoas que visitam o local e aos colaboradores, bem como aos bens de valor e à própria edificação, devendo estes serem poupados das tragédias causadas por risco de fogo.

Ainda assim, não há uma instrução normativa específica para as obras tombadas, que leve em consideração todas as peculiaridades que essas edificações necessitam, seja por conta da sua arquitetura, dos materiais utilizados na sua construção, ou materiais expositivos, podendo ou não serem comburentes.

Nota-se que, ao analisar os maiores incêndios causados no país, o fator de maior risco que causou o incêndio em importantes obras públicas no Brasil (62,5%) foi o de falha no sistema elétrico, sendo por fagulhas, panes em eletrônicos, curtos-circuitos, ou falha na instalação ou manutenção de equipamentos. O preocupante é que, de acordo com os projetos analisados e documentos acessados, não há no site do CBMSC, nem na ABNT ou Portaria do IPHAN, algum documento que especifique em sua totalidade às edificações tombadas e que defenda todas as nuances e peculiaridades deste tipo de edificações, deixando-as suscetíveis às falhas humanas

e do Estado quanto à sua proteção, causando tragédias irreparáveis e jamais recuperáveis para a sociedade.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Alex. Após incêndio, museu da PUC Minas fecha por tempo indeterminado. **G1 Minas Gerais**. Minas Gerais, 23 de jan. de 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2013/01/apos-incendio-museu-da-pucminas-fecha-por-tempo-indeterminado.html>. Acesso em: 13 mai. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BBC. Museu Nacional: em 10 anos, fogo dizima ao menos 8 prédios com tesouros culturais e científicos no país. **BBC NEWS Brasil**, 3 de set. de 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-45348664> Acesso em: 13 mai. 2021.

BRASIL. **Lei 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm. Acesso em: 30 mai. 2021.

Brasil, **Lei 13.425, de 30 de março de 2017**. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público; altera as Leis nº s 8.078, de 11 de setembro de 1990, e 10.406, de 10 de janeiro de 2002 – Código Civil; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13425.htm. Acesso em: 20 abr. 2021.

CAMPOS, Ana Paula. Destruído por incêndio, Liceu de Artes e Ofícios de SP é reaberto. **G1 São Paulo**. São Paulo, 11 de ago. de 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2018/08/11/destruido-por-incendio-liceude-artes-e-oficios-de-sp-e-reaberto.ghtml>. Acesso em: 13 mai. 2021.

CAUDUNO, Melina. **O que mudou na prevenção de incêndio em Santa Catarina após a tragédia na boate Kiss**. Governo de Santa Catarina. Santa Catarina, 27 de jan. de 2020. Disponível em: <https://www.sc.gov.br/noticias/temas/defesa-civil-ebombeiros/o-que-mudou-na-prevencao-de-incendio-em-santa-catarina-apos-atragedia-na-boate-kiss>. Acesso em: 13 mai. 2021

CREA-SP. **Patrimônio histórico**: como e por que preservar. Coordenação de Nilson Ghirardello e Beatriz Spisso; colaboradores: Gerson Geraldo Mendes Faria. Bauru, SP: Canal 6, 2008. Disponível em: <https://www.nsctotal.com.br/noticias/incendio-na-cidadelaantartica-de-joinville-foi-causado-por-acao-humana-aponta-laudo>. Acesso em: 13 mai. 2021.

FERNANDES, Victor. **Edifício Joelma**: como o trágico incêndio abalou a população paulista e mostrou a ineficácia das leis de prevenção e combate a incêndios. OFOS, 2021. Disponível em: <https://ofos.com.br/incendio-no-edificiojoelma/>. Acesso em 13 mai. 2021.

FIGUEIREDO, Leonardo Henrique de. **Projetos de combate a incêndio na restauração de edificações históricas**: bases preliminares. Ouro Preto-MG. 2018.

GALVÃO, Alqmá Flegler; SILVA, Breno Zanol; GALVÃO, Eduardo Costa; ACENA, Jerry Adriano Aderaldo; VENTURINI, Wanderson Oliveira; COSTA, Vinicius Soares. **A importância do projeto de prevenção e combate a incêndios para a qualidade e segurança das edificações**: pesquisa de campo na cidade de Boa Esperança - ES. 2014.

GOUTHIER, Débora. **Sociedade recreativa união operária é restaurada em Laguna (SC)**. IPHAN. 27 de jul. de 2020. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/sc/noticias/detalhes/5751/sededasociedahttp://santaafrocatarina.ufsc.br/santaafrocatarina/inventario/?secao=acervo&i=13_e-recreativa-uniao-operaria-e-restaurada-em-laguna-sc. Acesso em: 13 abr. 2021.

GUERREIRO, Juliane. “Um golpe”: como o incêndio na Cidadela Antártica impacta a cultura de Joinville. **ND mais**. Joinville, 21 de mar. de 2021. Disponível em: <https://ndmais.com.br/cultura/um-golpe-como-o-incendio-na-cidadelaantarctica-impacta-a-cultura-em-joinville/>. Acesso em: 13 mai. 2021.

IBGE. **História**. IBGE, s.d. Disponível em: Acesso em: 14 de maio de 2021

IPHAN. **Laguna (SC)**. IPHAN, s.d. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/397/>. Acesso em: 14 mai. 2021.

IPHAN. **Monumentos e espaços públicos tombados**: Laguna (SC). IPAHN, s.d. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1545/>. Acesso em: 14 mai. 2021.

IPHAN. **Obras do PAC Cidades Histórias**: Laguna (SC). IPHAN, s.d. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1803/>. Acesso em: 14 mai. 2021.

IPHAN. Portaria nº 366, de 4 de setembro de 2018. Diário Oficial da União. 06 de set. de 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia//asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/39939012/do1-2018-09-06-portaria-n366-de-4-de-setembro-de-2018-39938860. Acesso em: 20 jan. 2021.

IPHAN. Portaria nº 366, de 4 de setembro de 2018. Dispõe sobre diretrizes a serem observadas para projetos de prevenção e combate ao incêndio e pânico em bens edificados tombados e nas respectivas áreas de entorno, assim como em bens inscritos na Lista do Patrimônio Cultural Ferroviário. **Diário Oficial da União**. 06 de setembro de 2018. Ed. 173. Seção 1, pág. 24-26.

IPHAN. Programa de Preservação de Cidades Históricas. IPHAN, s.d. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/235>. Acesso em: 14 mai. 2021.

JARAMILLO, Maria Matilde Villegas. **Entre os morros e a lagoa:** Laguna cidade documento. Instituto Patrimônio Histórico e Cultural. Rio de Janeiro. 2016.

JUSTINA, Patrícia Della. Incêndio na Cidadela Antártica de Joinville foi causado por “ação humana”, aponta laudo. **NSC total**. Santa Catarina, 12 de abril de 2021.

MUNARIM, **Ulisses. Arquitetura dos cinemas:** um estudo da modernidade em Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: PGAUCIDADE – UFSC, 2009.

MUNICÍPIO DE LAGUNA. **Biblioteca pública realiza o catálogo interativo do acervo sobre a história da cidade.** Laguna, 23 de abril de 2020. Disponível em: <https://www.laguna.sc.gov.br/noticias/ver/2020/04/biblioteca-publica-realiza-ocatalogo-interativo-do-acervo-sobre-a-historia-de-laguna>. Acesso em?: 23 abr. 2021.

MUNICÍPIO DE LAGUNA. **Biblioteca pública será restaurada.** Prédio foi construído em 1864. Laguna, 16 de maio de 2019. Disponível em: <https://www.laguna.sc.gov.br/noticias/index/ver/codNoticia/552975/codMapaltem/16507>. Acesso em: 23 abr. 2021.

MUNICÍPIO DE LAGUNA. **Museu histórico Anita Garibaldi.** Laguna, 09 de set. de 2019. Disponível em: <https://www.laguna.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/121978>. Acesso em: 20 abr. 2021.

NOGUEIRA, André. Há 48 anos, o edifício Andraus pegava fogo: dois anos antes do acidente do Joelma. **Aventuras na História.** 24 de fev. de 2020. Disponível em: <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/ha-48-anos-o-edificioandraus-pegava-fogo-dois-anos-antes-do-acidente-joelma.phtml>. Acesso em: 13 mai. 2021.

NSC. Incêndio atinge prédio histórico da Cidadela Cultural Antártica em Joinville. **G1 Santa Catarina NSC.** Santa Catarina, 19 de mar. de 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2021/03/19/incendio-atingepredio-historico-da-cidadela-cultural-antarctica-em-joinville.ghtml>. Acesso em: 13 mai. 2021.

PACHECO, Ana Júlia. Memórias da diáspora africana no sul de Santa Catarina. **Revista História e Cultura**, vol. 9, nº 2, 2020.

POZZO, Renata Rogowski. A cotidianidade do cinema. **Contracampo**, Niterói, v.36, n. 03, pp. 85-111, dez. 2017/ mar. 2018.

PREFEITURA DE LAGUNA. **Laguna tem muita história para contar.** Laguna, 17 de maio de 2017. Disponível em: <https://www.laguna.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/96142>. Acesso em: 14 mai. 2021.

REVISTA MUSEU. **IPHAN investe R\$ 1,4 milhão no restauro do Clube União Operária e Blondin em Launa (SC).** Brasília, 16 de dez. de 2020. Disponível em: <https://www.revistamuseu.com.br/site/br/noticias/nacionais/10161-16-12-2020->

iphan-investe-r-1-4-milhao-no-restauro-do-clube-blondin-em-laguna-sc.html. Acesso em: 16 abr. 2020.

SANGALLI, Tathyane. **Plano de emergência Clube União Operária**. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina: 8º Batalhão. Laguna, Santa Catarina, dez. de 2019.

SANTAAFROCATARINA, blog. **Sociedade Recreativa União Operária**. UFSC. Florianópolis [s.d]. Disponível em: <http://santaafrocatarina.ufsc.br/santaafrocatarina/inventario/?secao=acervo&i=13> Acesso em: 13 abr. 2021.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**. Florianópolis: SESP, 200?

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 1: procedimentos administrativos parte 1 - processos gerais de segurança contra incêndio e pânico**. 17 de fevereiro de 2020. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 18 de dez. de 2019.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 1: processos administrativos parte 2 – sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico**, de 17 de fevereiro de 2020, 2ª ed. de 18 de junho de 2020. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 18 de dez. de 2019.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 11 – sistema de iluminação de emergência, de 01 de agosto de 2017**. Alterada pela Nota Técnica nº 34, de 18/04/2018. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 01 de ago. de 2017.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 12 – sistema de alarme de incêndio, de 31 de janeiro de 2018**. Alterada pela Nota Técnica nº 38, de 23/07/2018. Alterada pela Nota Técnica nº 42, de 27/11/2018. Alterada pela Nota Técnica nº 46, de 17/10/2019. Alterada pela Nota Técnica nº 61, de 06/04/2021. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 31 de jan. de 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 13 – sinalização para abandono de local, de 01 de agosto de 2017**. Alterada em 16/10/2018. Alterada pelas Notas Técnicas nº 35 (de 18/04/2018) e nº 41 (de 16/10/2018) Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 01 de ago. de 2017.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 18 – controle de materiais de revestimento e acabamento, de 28 de março de 2014**. Editada em 12/01/2016. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 12 de jan. de 2016.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 19 – instalações elétricas de baixa tensão, de 17 de fevereiro de 2020**. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 28 de jan. de 2020.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 28 – Brigada de Incêndio, de 28 de março de 2014.** Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 28 de mar. de 2014.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 3 – carga de incêndio, de 17 de fevereiro de 2020.** Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 17 de dez. de 2019.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 4 – terminologia de segurança contra incêndio, de 31 de janeiro de 2018.** Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 31 de jan. de 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 5 – edificações recentes e existentes, de 17 de janeiro de 2020.** 2. ed. de 05 de novembro de 2020. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 18 de dez. de 2019.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 6 – sistema preventivo por extintores, de 01 de agosto de 2018.** Alterada pela Nota Técnica nº 33, de 18/04/2018. Alterada pela Nota Técnica nº 50, de 17/02/2020. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 01 de ago. de 2017.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 8 – Instalação de gás combustível (GLP e GN), de 31 de janeiro de 2018.** Alterada em: 27/07/2018. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 31 de jan. de 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA. **Instrução Normativa 9 – saídas de emergência, de 31 de julho de 2020. 3ª ed. de 18 de dezembro de 2020.** Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, 01 de jun. de 2020.

SEITO, Alexandre Itu; GILL, Alfonso Antônio; PANNONNI, Fabio Domingos; ONO, Rosaria; SILVA, Silvio Bento; CARLO, Ualfrido Del; SILVA, Valdir Pignatta. **A segurança contra incêndios no Brasil.** Coordenação de Alexandre Itiu Seito, *et al.* São Paulo: Projeto: 2008.

SILVA, Carolina Di Lello João. **Inventário do patrimônio cultura do IPHAN:** instrumentalização do discurso na política nacional de preservação. Rio de Janeiro. 2014.

SILVEIRA, Daniel. Incêndio que destruiu o museu nacional começou com arcondicionado do auditório, diz laudo da PF. **G1 Rio**, Rio de Janeiro, 04 de abril de 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-dejaneiro/noticia/2019/04/04/policia-federal-divulga-laudo-de-incendio-que-destruiu-omuseu-nacional-no-rio.ghtml>
Acesso em: 13 mai 2021.

TOMAZ, Kleber. Polícia conclui inquérito sobre Museu da Língua Portuguesa em SP sem apontar culpados por incêndio e morte de bombeiro. **G1 São Paulo**. São Paulo, 04 de jul. de 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/saopaulo/noticia/2019/07/04/policia-conclui-inquerito-sobre-museu-da-linguaportuguesa-em->

sp-sem-apontar-culpados-por-incendio-e-morte-de-bombeiro.ghml. Acesso em: 13 mai. 2021.

ULTRAGAZ, blog. O que você precisa saber sobre seu botijão de gás. **Blog Ultragaz**, 8 de ago. de 2017. Disponível em: <https://www.ultragaz.com.br/residencial/ultradicas/o-que-voce-precisa-saber-sobreseu-botijao-de-gas>. Acesso em: 13 abr. 2021.

ZACCARO, Nathalia. Após incêndio, Butantan reinaugura edifício destruído. **Veja São Paulo**, São Paulo, 9 de ago. de 2013. Disponível em: <https://vejasp.abril.com.br/cidades/reinauguracao-butantan/>. Acesso em: 13 mai. 2021.

EMPREGO DE RCD COMO AGREGADO NA EXECUÇÃO DE CAMADAS DE BASE E SUB-BASE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

João Erick da Silva ¹

Patrick Jacinto de Castro ²

Camila Antunes Martins ³

Rodolfo Michels Godinho⁴

Resumo: O presente artigo teve como objetivo principal analisar as características mínimas necessárias dos agregados empregados nas camadas de base e sub-base dos pavimentos, identificando as vantagens e desvantagens da utilização do RCD. O estudo teve como metodologia aplicada, revisão bibliográfica, promovendo embasamento teórico do tema, se utilizou ainda método exploratório. Após comparações a pesquisa mostrou que uso do RCD apresenta resultados satisfatórios, indicando a utilização dos agregados reciclados como alternativa viável no aspecto, técnico, econômico e ambiental, substituindo assim os agregados naturais.

Palavras-chaves: Agregados reciclados. RCD. Base e sub-base. Pavimento flexível.

1 INTRODUÇÃO

As atividades desenvolvidas pelo setor da construção civil apresentam significativa importância na economia global. Entretanto, este setor é responsável por consumir grande parte dos recursos naturais e, também, por gerar elevado volume de resíduos sólidos. De acordo com John (2000), tal fato é justificado por aquele ser um dos setores mais importantes da economia, o qual é responsável pela produção de bens de grandes dimensões física.

De acordo com Pinto (1999), os resíduos gerados nas atividades construtivas não recebem o devido tratamento e, conseqüentemente, geram impactos ao meio ambiente, uma vez que contribuem com a proliferação de vetores de doenças, intensificando os problemas de saneamento das áreas urbanas.

Dessa forma, a preocupação com o meio ambiente aliada a fatores como redução do custo de obras e recursos naturais cada vez mais escassos, torna-se

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

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: patricksd288@gmail.com.

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

⁴ Professor do Centro Universitário Univinte. E-mail: rodolfo@rodolfogodinho.com.br.

comum a procura por práticas e materiais alternativos que sejam capazes de reduzir o volume de resíduos produzidos constantemente.

Sob esta perspectiva, Nagalli (2014) evidencia que uma boa gestão de resíduos é capaz de promover a redução dos materiais descartados, uma vez que essa se fundamenta em estratégias de não produção, minimização, reutilização, reciclagem e ainda, no descarte adequado.

Dentro do universo da reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (RCD), oriundos das atividades do setor da construção civil, podemos destacar o seu emprego na pavimentação, como agregado das camadas de base e sub-base dos pavimentos. No tocante a esta questão, esse trabalho busca responder a seguinte pergunta norteadora: —Quais as vantagens e desvantagens do uso de RCD como matéria prima das obras de pavimentação rodoviária?

A escolha do tema reciclagem de RCD se mostra relevante ao analisarmos o volume de resíduos produzido anualmente pelo setor da construção civil e seus respectivos impactos ambientais.

Em meio a este contexto, o presente estudo também tem como um de seus objetivos gerais avaliar a viabilidade técnica do emprego de RCD como material constituinte das camadas de base e sub-base de pavimentos, atendendo padrões mínimos de qualidade estabelecidos pelas normas brasileiras para aplicação em obras de infraestrutura.

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

- Identificar as características mínimas necessárias aos agregados empregados nas camadas de base e sub-base dos pavimentos;
- Conhecer as vantagens e desvantagens da reciclagem de RCD;
- Analisar os benefícios, econômicos e ambientais, da reciclagem de RCD como agregado constituinte das camadas de base e sub-base dos pavimentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PAVIMENTO FLEXÍVEL

Pavimentos são utilizados usualmente para garantir melhor conforto no deslocamento dos veículos. Melhorias operacionais para o tráfego são medidas criadas para resistir às cargas e distribuir os esforços oriundos do tráfego, para obter superfície mais regulares, garantindo assim mais conforto e segurança ao usuário (BALBO, 2007).

No que diz respeito à classificação dos pavimentos, Medina e Motta (2015, p. 4), relata:

Os pavimentos rodoviários, são classificados como rígidos e flexíveis, pode ser definido como pavimento flexível, aquele que é constituído por um revestimento asfáltico sobre uma base granular ou de solo estabilizado granulometricamente e pavimento rígido, aquele que é constituído por placa de concreto de cimento sobre solo de fundação ou sub-base intermitente.

O Brasil, de acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT), possui ao todo 1.720,700 quilômetros de malha rodoviária. As estradas pavimentadas representam 12,4%, com um total de 213,5 mil quilômetros, 78,5% são rodovias não pavimentadas com (1.349.938) mil quilômetros e o restante (157.309) mil quilômetro correspondente a 9,1%, são rodovias que estão em planejamento. Desses 213,5 mil quilômetro de malha rodoviária pavimentada, 96% são constituídas por pavimentos tipo flexível, aproximadamente 213 mil quilômetros.

Em obras de pavimentação, na elaboração projeto se faz necessário o cumprimento de alguns critérios, como: função do tráfego, condições ambientais e climáticas e questões econômicas em relação à disponibilidade dos materiais.

Sob esta perspectiva, Balbo (2007, p. 18) evidencia que em obras de pavimentação:

[...]é necessária a pesquisa dos materiais disponíveis nas proximidades, comercializados ou não, considerando sua dificuldade de exploração e de transporte. Esses fatores devem ser ponderados, na análise de alternativas de materiais de pavimentação, com os demais fatores técnicos relevantes, o que, evidentemente, foge de soluções de projeto preconcebidas, exigindo-se, portanto, maturidade para um estudo local profundo sobre as melhores disponibilidades e alternativas de materiais de construção (BALBO,2007, p.18).

Sendo assim, a pavimentação tem como sua principal diretriz, proporcionar aos seus usuários um tráfego seguro e confortável. Em sua construção busca-se sempre a melhor qualidade com menor custo no seu desenvolvimento, procurando assim utilizar materiais locais, garantindo uma obra com bom desempenho e baixo custo operacional.

2.1.1 Camadas dos pavimentos

As camadas dos pavimentos, segundo BALBO (2007, p.39) — “são estruturas compostas por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal”. Essas estruturas são desenvolvidas para atender a demanda do tráfego de maneira que suporte os esforços verticais e horizontais.

Os esforços verticais são compostos por compressão e cisalhamento, e horizontais por tração. No dimensionamento de pavimento tradicional, são levadas em conta, as características geotécnicas dos materiais, pois as espessuras das camadas são definidas a partir do valor do Índice de Suporte Califórnia (CBR) e da solicitação mínimo por eixo padrão 8,2 ton. (MARQUES,2006).

O pavimento geralmente segue uma ordem de camadas em sua construção, sendo elas: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito. Essas camadas são condições mínimas para que a estrutura seja chamada de pavimento, conforme BALBO (2007).

O revestimento é a camada superior do pavimento, destinada principalmente a resistir às ações do tráfego, transferindo de forma gradativa as camadas inferiores. Tem como objetivo de impermeabilizar o pavimento, ajudando a não danificar as estruturas das camadas inferiores.

O revestimento deverá, entre outras funções, receber as cargas, estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, desagregação de componentes ou, ainda, perda de compactação; necessita, portanto, ser composto de materiais bem aglutinados ou disposto de maneira a evitar sua movimentação horizontal (BALBO, 2007, p.41).

Na camada de revestimento, o material pode ser fabricado em usina fixa ou móvel, ou ser feita na própria obra com procedimento superficial. Os revestimentos, segundo Bernucci et al. (2006, p.158), —são identificados quanto ao tipo de ligante, que podem ser a quente com o uso de cimento asfáltico de petróleo (CAP), ou a frio

com o uso de emulsão asfáltica de petróleo (EAP)II. Em sua preparação podem ser usados diferentes tipos de mistura granulométrica, sendo compostas por granulometrias abertas, densas, contínuas e descontínuas, dependendo da função calculada pelo tráfego.

De acordo com Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR, 2006) base é a camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego, sobre o qual se constrói o revestimento. Em razão disso, essa camada tem um custo elevado, pois necessita de materiais nobres, tais como: macadame hidráulico, brita graduada, brita corrida e solo brita, garantindo a preparação do solo antes de aplicar o revestimento flexível (IPR, 2006). Os materiais para execução da base, segundo a norma, terão que conter, —CBR \geq 60%, expansão \leq 0,5%, energia de compactação intermediária, conforme ABNT NBR 7182 e ABNT NBR 6457).

De acordo com (IPR, 2006), sub-base é a camada complementar à base, quando por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização. Os —“materiais para execução de sub-base contém CBR \geq 20%, expansão \leq 1,0% e energia de compactação intermediária,” conforme ABNT NBR 7182 e ABNT NBR 6457).

Reforço do subleito é a camada estabilizada granulometricamente, com objetivo de nivelar e regularizar a camada do subleito, para reduzir a espessura da sub-base quando for necessário. Ao executar o reforço do subleito, há obtenção de algumas vantagens técnicas, como nivelamento com material de qualidade superior e econômicas, que são utilizadas quando necessário reduzir a espessura das camadas de base e sub-base. (DNIT, 2010).

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes DNIT (2009), — “a camada de reforço do subleito em geral possui 20 cm de espessura, constituída de materiais granulares grosseiros, compactada, que se aplica no caso do subleito de estradas de terra ter baixa capacidade de suporte.” Os materiais para execução de reforço de subleito, devem contém CBR \geq 12%, expansão \leq 1,0% e energia de compactação normalIII, conforme ABNT NBR 7182 e ABNT NBR 6457).

2.1.2 Resíduo da construção e demolição (RCD)

De acordo com a NBR 10004/04, Resíduo da Construção e Demolição (RCD) se enquadra em resíduos classe II B – Inertes, que são definidos como:

Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G. II

A fim de uma gestão de qualidade no uso de RCD, a resolução 307 do CONAMA (2002) institui regras, padrões e procedimentos para o gerenciamento correto dos resíduos provenientes da construção civil, com o intuito de reduzir os impactos ambientais sociais e econômicos oriundos dessa prática.

Essa resolução define resíduos de construção civil como os 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, argamassas, gessos, telhas, pavimentos asfálticos, vidros, plásticos, tubulações, fiações elétricas, etc., comumente chamados de entulhos de obras, calça ou metralha. II (NAGALLI, 2014, p.5).

Portanto, a resolução 307 CONAMA (2002) disciplina a reciclagem dos resíduos da construção civil. O objetivo principal é a não geração de resíduos em obras, aproveitando a reutilização e valorização do agregado. Com isso, é importante a fiscalização dos municípios para que haja proteção ambiental e diminua o desperdício dos resíduos valiosos da construção civil.

De acordo com ABRELPE (2015), os municípios coletaram 123.721 toneladas por dia, aproximadamente 45 milhões de toneladas de RCD, um aumento de 1,2% em comparação com 2014. Nesse sentido, em 2015 os municípios da região sul de Santa Catarina elaboraram o Plano de Gestão Regionalizada de Resíduos da Construção Civil (PGRRCC) que inclui Tubarão, Capivari de baixo e outros 14 Municípios da AMUREL. A cidade de Tubarão em 2014 gerou em média 51.044 toneladas de RCD no ano, conforme (SANTIAGO, DIAS, 2015).

2.1.3 Classificação do RCD

Conforme o artigo 3º da resolução 307 do CONAMA (2002), os resíduos da construção civil deverão ser classificados da seguinte forma:

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 terraplenagem;

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, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.

Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.

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.

2.1.4 Utilização de RCD em obras de pavimentação

A utilização do RCD em obras de pavimentação pode apresentar inúmeras vantagens, as quais podemos citar a contribuição significativa para o desenvolvimento sustentável; simplicidade nos processos de execução de pavimentação; utilização da maior parte do material em granulometria graúda - trazendo benefícios econômicos, em virtude do baixo custo do material. Ainda, de acordo Nagalli (2014, p. 7) —Assim, o gerenciamento dos resíduos associados ganha mais importância na medida em que os serviços de desconstrução precisam contemplar ações de segregação de resíduos na fonte.

De acordo com Motta (2005), é possível utilizar agregados recicláveis como base e sub-base de pavimentos flexíveis, além de se tornarem atrativas economicamente, pois esse material geralmente é ofertado com o valor abaixo dos agregados convencionais. Segundo Beja (2014) —o uso de agregados reciclados têm despertado grande interesse, devido ao grande volume empregado e ao fato destes materiais terem características adequadas para a sua aplicação em camadas de base e sub-base de pavimentos.

2.1.5 Condições mínimas para o uso de RCD na pavimentação

A NBR 15115/2004 define agregado reciclável como: —material granular, obtido por britagem ou beneficiamento mecânico, de resíduos da construção civil classificado como resíduo de construção classe All.

Está na norma estabelece os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado — agregado reciclado, em obras de pavimentação (ABNT, 2004).

Nesse sentido a NBR 15116/2004 estabelece as condições mínimas para o emprego de agregado reciclado em pavimentação, desde que seja Classe A e cumpra os requisitos da Tabela 1.

Tabela 1 - Requisitos mínimos para agregado reciclado destinado a pavimentação (ABNT, 2004).

Propriedades		Agregado reciclado classe A		Normas de ensaios	
		Graúdo	Miúdo	Agregado graúdo	Agregado Miúdo
Composição granulométrica		Não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $C_u > 10$		ABNT NBR 7181	
Dimensão máxima característica		≤ 63 mm			
Índice de forma		≤ 3		ABNT ABNT NBR NM 248NBR 7809	
Teor de material passante na peneira de 0,42 mm		Entre 10% e 40%		ABNT NBR 7181	
Contaminantes-teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Materiais não minerais de mesmas características	2		Anexo A	Anexo B
	Materiais não minerais de características distintas	3		Anexo A	Anexo B
	Sulfatos	2		ABNT NBR 9917	
Para os efeitos desta Norma, são exemplos de materiais não minerais: madeira, plástico, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos.					

Fonte: Revista de Engenharia Civil, 2018.

As camadas do pavimento resistem a esforços com densidade diferente, com isso os agregados recicláveis devem ser empregados e classificados segundo parâmetros do Índice de Suporte Califórnia (CBR), apresentados na Tabela 2, conforme a NBR 15116 (2004).

Tabela 2 — Requisitos específicos para agregado reciclado destinado à pavimentação.

Aplicação	ISC (CBR) %	Expansibilidade %	Energia de Compactação
Material para execução de reforço de subleito	≥ 12	$\leq 1,0$	Normal
Material para execução de revestimento primário e sub-base	≥ 20	$\leq 1,0$	Intermediária
Material para execução de base de pavimento	≥ 60	$\leq 0,5$	Intermediária ou modificada
Permitido o uso como material de base somente para vias de tráfego com $N \leq 10^6$ repetições do eixo padrão de 8,2 tf (80 KN) no período de projeto.			

Fonte: Revista de Engenharia Civil, 2018.

No transporte do agregado reciclado é preciso tomar cuidados com as intempéries e contaminações para que se chegue ao local de aplicação em perfeito

estado, conforme citado na NBR 15115 (2004). A mesma norma define a distribuição dos materiais da seguinte forma:

a) a distribuição do material solto deve ter uma espessura suficiente para que após a compactação atinja a espessura de projeto; b) a distribuição do material sobre a camada subjacente deve ser realizada com distribuidor de agregados, capaz de distribuir o agregado reciclado em espessura uniforme, sem produzir segregação; c) excepcionalmente, a distribuição do agregado reciclado pode ser procedida pela ação de motoniveladora, devendo, neste caso, ser adotado um critério de trabalho que assegure a qualidade do serviço; d) a espessura de cada camada individual acabada deve se situar no intervalo de 10 cm, no mínimo, a 20 cm, no máximo; e) é vedada a complementação da espessura da camada, após sua compactação, para obtenção da espessura de projeto. Neste caso, a camada deve ser refeita (ABNT, 2004).

A compactação é uma das etapas mais importantes da pavimentação, pois ela é responsável por promover a redução dos vazios, tornando o solo mais resistente e estável. De acordo com Caputo e Rodrigues (2015), —a compactação de um solo visa melhorar suas características, não só quanto à resistência, mas, também, nos aspectos permeabilidade, compressibilidade e absorção d'água.”

A NBR 15115 (2004) apresenta as características que as camadas de agregado reciclado devem obter para sua melhor execução, sendo elas: para as camadas de base e subbase, a energia de compactação tem que ser intermediária; a umidade da mistura no intervalo de $\pm 1,5\%$ em relação a umidade ótima e o grau de compactação mínimo deve ser de 100%, em relação a massa específica aparente obtida em laboratório.

2.2 EXPERIÊNCIA NO RIO DE JANEIRO

Um estudo realizado por Correia (2014) analisou a utilização do RCD na pavimentação como estrutura da base e sub-base no Parque Tecnológico do Rio de Janeiro, localizado na Ilha do Fundão. O Parque Tecnológico é constituído por uma área de aproximadamente 110 mil m², sendo que a área a ser pavimentada é de 12.772 m². Na construção das camadas de base e sub-base dos pavimentos, foram empregados os resíduos oriundos da demolição do Hospital Universitário do Fundão. Segundo Correia (2014), a demolição de parte do Hospital Universitário do Fundão gerou aproximadamente 137 mil toneladas de resíduo. Tal resíduo foi adquirido pela empresa Britex Soluções Ambientais por meio de leilão na qual foi vencedora. A

empresa responsável construiu uma mini usina com britadores móveis capazes de produzir materiais necessários para desenvolvimento da obra, materiais como brita corrida, pedras brita e pó de pedra.

O resíduo gerado pela demolição de parte do Hospital Universitário foi analisado em laboratório em um trabalho desenvolvido por Freitas (2011). Inicialmente foram feitas as identificações da composição do resíduo e determinada a granulometria e o ISC (índice de suporte Califórnia) do material.

Referente à classificação granulométrica, os resíduos de demolição considerados nesta pesquisa, 100% passam pela peneira de 25,4 mm e que a taxa de material passante na peneira de 0,42 mm é de 24,7%, atendendo aos limites adotados pela NBR 15115, conforme apresentado na tabela 3 abaixo.

Tabela 3 - Granulométrica do RCD.

Peneira (mm)	% que passa em cada Peneira
25,4	100,00
19	94,31
12,7	84,49
9,5	78,65
4,76	64,39
2,00	49,96
0,42	24,71
0,177	11,06
0,074	4,67
<0,074	0,00

Fonte: CORREIA, 2014.

De acordo com CORREIA (2014), o Índice de Suporte Califórnia (ISC) obtido neste estudo foi de 194% e expansibilidade nula, o que atende os limites estabelecidos pela NBR 15115, sendo possível a aplicação desse agregado reciclado em camadas de base e sub-base do pavimento que será construído para melhorar as condições de tráfego do parque.

A tabela 4 apresenta as características da estrutura de pavimento com material de RCD estudado por Correia (2014).

Tabela 4 - Características da estrutura do pavimento com RCD deste estudo.

Camada	Material	Espessura (cm)	ISO
Capa	CBUQ	5,0	-
Base	Brita corrida	20,0	82,0%
Sub-base	Pó de pedra	20,0	26,7%
Reforço do subleito	Selec. CBR>10	60,0	3,0%
Subleito	Terraplenagem	-	-

Fonte: CORREIA, 2014.

As tabelas 5 e 6 representadas a baixo, mostram os valores dos materiais convencionais e com RCD utilizados nas camadas de base e sub-base por Correia (2014).

Tabela 5 - Custos das estruturas do pavimento com material convencional.

Camada	Material	Espessura (cm)	Custo
Capa	CBUQ	5,0	22,02 R\$/m ²
Base	Brita corrida	15,0	54,74 R\$/m ³
Sub-base	Pó de pedra	15,0	52,05 R\$/m ³
Reforço do subleito	Selec. CBR>10	60,0	3,04 R\$/m ³
Subleito	Terraplenagem	-	-

Fonte: CORREIA, 2014.

Tabela 6 - Custos das estruturas do pavimento com RCD.

Camada	Material	Espessura (cm)	Custo
Capa	CBUQ	5,0	22,02 R\$/m ²
Base	Brita corrida	15,0	25,00 R\$/m ³
Sub-base	Pó de pedra	15,0	25,00 R\$/m ³
Reforço do subleito	Selec. CBR>10	60,0	3,04 R\$/m ³
Subleito	Terraplenagem	-	-

Fonte: CORREIA, 2014.

Os dados dos materiais convencionais para o cálculo foram coletados de uma pedreira localizada no estado do Rio de Janeiro, aproximadamente 25 km de distância da obra deste estudo. A mini usina estava localizada aproximadamente 4 km de distância. Esses dados foram levantados para cálculo do transporte dos materiais.

A tabela 7 apresenta o custo dos materiais convencionais e com materiais RCD por Correia (2014).

Tabela 7 - Comparativo entre convencional e RCD.

Material	Brita corrida	Pó de pedra	Transporte	Total
Convencional	R\$ 104.870,90	R\$ 99.717,39	R\$ 56.206,89	R\$ 260.795,18
RCD	R\$ 63.860,00	R\$ 63.860,00	R\$ 12.040,37	R\$ 139.760,37
Diferença	R\$ 41.010,90	R\$ 35.857,39	R\$ 44.166,52	R\$ 121.034,81
RCD/ Convencional	60,9%	64,0%	21,4%	53,6%

Fonte: CORREIA, 2014.

A partir dos resultados obtidos na Tabela 7 foi possível verificar que existe uma diferença no custo total de R\$ 121.034,81, sendo que a estrutura de pavimento com RCD apresenta maior vantagem econômica em relação a estrutura constituída com material convencional.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como sendo uma pesquisa bibliográfica, com nível de profundidade exploratória e de abordagem qualitativa e quantitativa.

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, uma vez que utiliza conhecimento teórico científico de pesquisa já tornada pública de acordo com tema escolhido. Deste modo se faz possível analisar, explicar e abordar o caso de perspectivas distintas.

Segundo Boccato no que diz respeito pesquisa bibliográfica, (2006, p. 266), relata:

Pesquisa bibliográfica busca a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas. Esse tipo de pesquisa trará subsídios para o conhecimento sobre o que foi pesquisado, como e sob que enfoque e/ou perspectivas foi tratado o assunto apresentado na literatura científica. Para tanto, é de suma importância que o pesquisador realize um planejamento sistemático do processo de pesquisa, compreendendo desde a definição temática, passando pela construção lógica do trabalho até a decisão da sua forma de comunicação e divulgação.

Sobre pesquisa exploratória, Marconi e Lakatos (2007, p. 50) afirmam que “refere-se ao levantamento com mais profundidade de um determinado caso ou grupo humano sob todos os aspectos. Entretanto é limitado, pois restringe ao caso que estuda, ou seja, um único caso, não podendo ser generalizado”.

A investigação exploratória, que não deve ser confundida com leitura exploratória, é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses que, todavia, poderão surgir durante ou ao final da pesquisa (VERGARA, 2014, p.42).

A investigação exploratória, que não deve ser confundida com leitura exploratória, é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses que, todavia, poderão surgir durante ou ao final da pesquisa (VERGARA, 2014, p.42).

Dessa forma, o presente estudo para identificar e definir melhor o problema. Será elaborado um método de trabalho coletando dados através das pesquisas citadas, sendo possível análise e interpretação dos dados coletados.

4 RESULTADOS E DISCUÇÕES

Por meio de estudos foi possível comprovar que o RCD obteve em suas análises, propriedade compatível com o esperado pela norma, tornado o uso desse tipo de agregado tecnicamente confiável. Já do ponto de vista econômico, o mesmo apresentou uma grande vantagem em relação ao agregado natural, reduzindo consideravelmente o custo da obra. Além dessas vantagens o RCD proporciona grandes ganhos no quesito ambiental, por reduzir a utilização de agregado natural retirados de jazidas minerais, direcionando a utilização correta desses resíduos e minimizando a quantidade descartada em aterros.

Nesse sentido, a pesquisa apresentou resultado satisfatório para aplicação de RCD nas camadas da base e sub-base em pavimentos flexíveis. Indicando a utilização dos agregados reciclados como alternativa viável no aspecto, técnico, econômico e ambiental, substituindo assim os agregados naturais. Consequentemente, o retorno ambiental é o maior benefício desse material, tornando-se uma ferramenta importantíssima para um mundo mais sustentável.

4.1 PRINCIPAIS VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE RCD NA PAVIMENTAÇÃO

A utilização do RCD na pavimentação como estrutura da base e sub-base apresenta algumas vantagens, tanto do ponto de vista econômico, como técnico e ambiental.

Do ponto de vista econômico, a utilização do RCD de classe A, como agregado da camada de base e sub-base, é extremamente importante para diminuir custo na exploração de novas jazidas com extração de matéria prima e consumo de recursos não renováveis. Os resíduos poderiam ser beneficiados e transformados em agregados, em sua grande maioria agregado graúdo para ser utilizado diminuindo custos (TRANNIN, PANCIERI, 2019).

Do ponto de vista técnico, o uso do RCD apresenta desempenho adequado para ser utilizado nas camadas de pavimentos. Estudos realizados, em sua grande maioria apresentaram resultados mecânicos adequados para uso nas camadas de base dos pavimentos. A capacidade de suporte com uso do RCD apresenta comportamentos similares as estruturas com agregados convencionais (Almeida; Pandolfo; Berticelli; Bruma, Martinsa, 2018).

Do ponto de vista ambiental podemos considerar como vantagens relevantes, entre as principais delas, a diminuição do grande volume de resíduo irregular descartado em locais inapropriados. Esses resíduos descartados incorretamente ocasionam enchentes, assoreamentos de rios, proliferação de vetores nocivos à saúde e degradação do meio ambiente (ALMEIDA et. al. 2018).

Todavia, a utilização do RCD apesar de apresentar inúmeras vantagens, também apresenta certas desvantagens. Segundo Morand (2016, p. 66), a variabilidade das propriedades físicas de alguns minerais, a composição heterogênea do matérias e a falta de conhecimento, ocasionam a não utilização desse material. A falta de material necessário para executar determinados projetos alinhados com a capacidade de produção de usinas especializadas se torna desvantagem na utilização do RCD.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no diagnóstico do presente estudo, procurou-se analisar informações já publicadas que pudessem contribuir com a utilização de resíduos de construção civil e demolição como agregado reciclado, apontando a sua viabilidade técnica, ambiental e econômica.

Constatou-se por meio de análise as principais vantagens e desvantagens da utilização do RCD, comprovando com fatos que o agregado pode ser utilizado nas camadas inferiores dos pavimentos flexíveis.

Conforme evidencia no presente artigo, os municípios terão mais uma alternativa para utilizar de forma correta o RCD. Apresentando um planejamento que ajude a eliminar expressivamente o acúmulo de entulho, um problema bem comum em grandes cidades, combatendo a poluição e o desperdício de matéria prima, evitando enchentes e possíveis vetores de doenças.

No que diz respeito ao município de Tubarão/SC, não existem iniciativas quanto a utilização de RCD como agregado para a pavimentação. Dessa forma, visando benefícios ambientais e econômicos para a população, cabe aos órgãos competentes incentivar pesquisa e empreendimento para tornar a utilização do RCD viável, pois esses empreendimento apresentam valores positivos a longo prazo e proporciona uma destinação adequada para materiais existentes oriundo do RCD, porém para iniciar as atividades nas usinas o investimento elevado pode inviabilizar o desenvolvimento dessa atividade.

Dessa forma, para chegar ao resultado final fez-se necessária a utilização de estudos anteriores e conhecimento das normas técnicas. Com essas ferramentas foi possível analisar e discutir o uso de RCD, comparando-o a outros agregados, suas vantagens e desvantagens, ressaltando a importância de uma boa avaliação de cada caso.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. **Introdução do trabalho científico**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10006**: procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10007**: amostragem de resíduos sólidos. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 21 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15115**: 2004: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: execução de camadas de pavimentação: procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15116**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: execução de camadas de pavimento: utilização em pavimentos e preparo de concreto sem função estrutural. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6457**: amostra do solo: preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181**: solo: ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 10 p.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 540 p.

BEJA, Igor Amorim. **Agregado reciclado de construção e demolição com adição de aglomerantes hidráulicos como sub-base de pavimentos**. 2014. 221 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia, Engenharia de Transportes – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: Petrobras. Abeda, 2006. 504 f.

BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Rev. Odontol. Univ.** Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. **Manual de pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006. 274 p. (II).

CAPUTO, Homero Pinto; Armando Negreiros; RODRIGUES, J. Martinho de A. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **307**: estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. 136. ed. Rio de Janeiro: Dou, 2002.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2019**. Brasília: SEST SENAT, 2019. 236 p. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2020

CORREIA, Rodrigo da Silva. **Estudo da viabilidade econômica para o uso de resíduos da construção e demolição em camadas de base e sub-base de pavimentos**. Projeto de graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009433.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 001/2009- PRO**: elaboração e apresentação de normas do DNIT: procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 138/2010 - ES**: pavimentação: reforço do subleito: especificação de serviço. Rio de Janeiro – RJ, 2010. 7 p.

ESTUDO de viabilidade econômica do uso do agregado de RCD em pavimentação de vias urbanas. **Revista Engenharia Civil**. Rio Grande do Sul: Centre For Territory Environment And Construction, v. 54, n. 25, 26 mar. 2018.

JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Engenharia de Construção Civil., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo., São Paulo, 2000.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **Pavimentação**: TRN 32. 2006. 210 f. Curso de Engenharia Civil, Departamento de Transportes e Geotecnia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006.

MEDINA, Jacques de; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Mecânica dos pavimentos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015. 638 p.

MORAND, Fernanda Guerra. **Estudo das principais aplicações dos resíduos de obra como materiais de construção**. 2016. 104 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ / Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

MOTTA, Rosângela dos Santos. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego**. 2005. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo., São Paulo, 2005.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 167 p.

PESQUISA ABRALPE. São Paulo: **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2015.64p.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 218 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo., São Paulo, 1999.

SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. **Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos**. Engenharia Sanitária e Ambiental. SC Engenharia e Geotecnologia - Elaboração do Plano de Gestão Regionalizada de Resíduos da Construção Civil (PGRGCC) da Associação dos Municípios da Região de Laguna (AMUREL), 2015.

USO de agregados reciclados de resíduos da construção e demolição como alternativa sustentável para a pavimentação. São Paulo: **Sodebras**, v. 14, n. 163, jul. 2019.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 15. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRAÚDO EM CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

Igor Silveira de Souza¹

Gustavo Silveira de Assunção²

Cristina Michels Godinho Dal Molin³

Rodolfo Michels Godinho⁴

Resumo: Considerando os diferentes problemas ambientais evidenciados nos dias atuais, a discussão sobre o tema meio ambiente e sustentabilidade é fundamental, visto a sua correlação com a construção civil. Atualmente, o principal composto utilizado para caracterizar diferentes materiais é a água (H₂O), e logo após, o concreto e o cimento Portland, sendo o seu processo produtivo um dos principais responsáveis pela emissão de CO₂, lançado diretamente na atmosfera, bem como a exploração dos agregados que correspondem a um expressivo impacto ambiental. Diante das informações supracitadas, evidencia-se o tema deste estudo, no qual corresponde ao aproveitamento de resíduo de concreto, substituindo o agregado graúdo principal, preponderante o estudo de sua viabilidade técnica. A moldagem foi realizada no Laboratório de Engenharia Civil, da Faculdade FUCAP, no município de Capivari de Baixo – SC. Foram experimentados três traços, com substituição do agregado citado, teores de 20%, 40% e 100% de reaproveitamento de resíduo reciclado, realizando um estudo comparativo com o corpo de prova TR (Traço referência), com 0% de inserção de resíduo. Para a obtenção de resistência final, será realizado um ensaio ABNT NBR 5739:2018 – Ensaio de compressão de corpo de prova cilíndricos. Os resultados obtidos propõem a viabilidade da substituição para as misturas dos percentuais (X, Y e Z), conforme resulta a resistência final apresentada.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Concreto. Resíduo de concreto. Reaproveitamento. Resistência.

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente avanço da construção civil, faz-se necessário o estudo de diferentes tecnologias que envolvam o desenvolvimento construtivo, tendo em vista as características relacionadas ao reaproveitamento de resíduos, visando inclusive, a redução de impacto ambiental. Conforme definido pela resolução CONAMA Nº

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: igor_silveira96@hotmail.com.

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: gustavo.assuncao18@gmail.com.

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

⁴ Professor do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: rodolfo@Rodolfogodinho.com.br.

307/2002, a qual estabelece quanto a classificação de resíduos da construção civil. De acordo com cada tipo de material, estes, são classificados de diferentes modos, considerando seus potenciais de contaminação, bem como possível aproveitamento após sua manufatura, além da redução de impactos ambientais, provocados pela construção civil.

Com a alta demanda de recursos naturais não renováveis utilizados como agregados em concreto de cimento Portland, devido ao grande crescimento populacional e a evolução das construções, reformas e a falta de espaço para descarte, o tema sustentabilidade é colocado em pauta visando desenvolver um agregado reciclado que ajude a sustentar a evolução das construções.

O presente estudo permite propor uma redução do impacto ambiental e também de saneamento proporcionado pela extração dos agregados e também pelo alocamento de resíduos das construções hoje não utilizados. Com base nas informações descritas, tem-se por objetivo com este estudo, buscar a viabilidade técnica da substituição do agregado graúdo por concreto reciclado em concreto de cimento Portland.

Igualmente, será desenvolvida uma análise, através de dosagem experimental, sobre a influência da substituição do agregado graúdo natural, por agregado graúdo reciclado de concreto, nas seguintes proporções 20%, 40% e 100%, que após período de cura determinados mediante a norma ABNT NBR 5738:2018 – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos, serão aplicados ensaios de resistência à compressão axial para todos os corpos de prova, avaliando a resistência mecânica e de microestrutura do concreto, verificando a viabilidade do estudo.

O transporte do agregado natural se torna um problema quando se trata de obras em grandes centros urbanos, devido à localização das jazidas de exploração. Tudo isso agrega custo à obra. A utilização de agregado de concreto reciclado vem como opção para sanar o problema do transporte e do descarte dos resíduos de construção.

“A utilização desses resíduos seria uma solução para alguns problemas, como a escassez de áreas para deposição de entulhos, elevados recursos gastos na desobstrução de córregos e vias públicas por parte das autoridades municipais.” (LEVY, 2006, p. 1633), o que também pode reduzir custos no final da obra. Conforme explicado por Ferreira e Thomé (2011), a utilização de recursos de demolição da construção civil além de contribuir para causa ambiental ainda é viável no ponto de

vista econômico. Vieira e Dal Molin (2004) levantaram os custos referente a substituição dos agregados naturais por reciclados indicando uma economia de 47,06% no custo da brita substituída pelo agregado de concreto reciclado.

Como metodologia para a construção deste artigo, serão descritos sobre os ensaios que envolverão o processo de construção do material a que se deseja caracterizar, bem como, a proposição de referências de autores que buscam descrever sobre a composição de novos materiais tendo em vista a reutilização de resíduos construtivos. Posteriormente, os procedimentos metodológicos que envolvem a descrição precisa dos processos de construção do novo concreto. E por fim os resultados e análises do que foi obtido com base na pesquisa prática bem como a descrição final do que esperava-se com a proposta, além da proposição de trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ABNT NBR 5738: 2015 - CONFECÇÃO DE CORPOS DE PROVA

Este ensaio tem por objetivo descrever e aplicar o método adequado quanto a formulação dos corpos de prova, para posteriores estudos de dimensionamento e resistência mecânica que julgar necessário.

Para conhecimento deste ensaio, a norma 5738:2015, menciona como normas complementares de conhecimento prévio as NBR 5734:1998 – Peneiras para ensaio – Especificação, referente ao tipo de peneira para ensaios de granulometria, 16886:2020 – Concreto – Amostragem de concreto fresco, que trata-se da descrição quanto a amostragem do concreto fresco, NBR 7211:2019 – Agregados para concreto fresco – Especificação, especificação de agregados para concreto (a ser descrita ao longo deste texto)

A NBR NM 67:1998 – Concreto – Determinação da Consistência pelo abatimento tronco de cone, com a informação do tipo de consistência necessária no processo de ensaio de abatimento com cone e NBR 9479:2006 – Argamassa e Concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpo de prova, sobre o local e forma de efetivar a cura de corpos de prova.

A norma 5738:2015, descreve todo o procedimento de moldagem de forma detalhada, desde as dimensões mínimas, até o processo de cura do concreto e o

período adequado a fim de que não haja alterações na resistência final devido a processos inadequados na moldagem das amostras em questão. Quanto as dimensões, devem ser adotadas entre 4,5cm de base e 12cm de altura com tolerância de +- 1,5. Os moldes dos corpos de prova devem ser de aço, cujo material seja inerte a fim de que não altere na composição do material moldado.

Anterior a caracterização dos materiais, faz-se necessária a preparação dos moldes de forma prévia, a fim de inserir o material caracterizado com posterior desmolde adequado. Os moldes, conforme ABNT NBR 5738:2015, devem estar limpos e bem vedados. Após esta conferência, os moldes são untados com óleo mineral, que também facilitará no desmolde posterior bem como não alterará na composição final do concreto, ou qualquer outro material inserido.

A fim de que haja organização das amostras, a ABNT NBR 5738: 2015 – Confecção de corpos de prova, propõe critérios de separação por data, local onde foi realizado o concreto e horário no qual foi adicionado água de amassamento. Tais critérios de organização são definidos devido a questões que poderão influenciar diretamente e indiretamente no processo de cura e obtenção de resistência final adequada.

No momento da moldagem, de acordo com a norma 5738:2015, o local deve ser I Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Criciúma, Santa Catarina, Brasil. II Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Laguna, Santa Catarina, Brasil. em superfície lisa, e sem ações externas de vibrações, a fim de que não prejudique no processo final do produto em questão. As camadas de inserção do material, são descritas em norma conforme o método posterior de vibração do material. Comumente utiliza-se o corpo de prova cilíndrico para amostras, bem como a vibração de modo manual.

Por norma, a dimensão básica mínima que deverá ser atendida são camadas de 100mm a 250mm, sendo o mínimo respectivamente de camadas conforme a sua dimensão:

- 100mm – 2 camadas – 15 golpes;
- 150mm – 4 camadas – 30 golpes;
- 250mm – 5 camadas – 75 golpes;

De acordo com a ABNT NBR 5738:2015, tais golpes são aplicados com haste metálica, com material inerte, cujo objetivo é distribuir uniformemente o material inserido no molde. Após a inserção da mistura no molde previamente preparado. Anteriormente a esta etapa, deve-se desenvolver o processo de ensaio abatimento do tronco de cone, respeitando as dimensões mínimas determinadas por norma de 180mm mínimos. O desforme deve ser realizado após 24h se o corpos de prova forem cilíndricos, e 48h caso seja prismático. A cura final deve ser via imersão em água conforme determinação de especificações de condições de cura de acordo com a NBR 9479:2006.

A norma ABNT NBR 5738:2015, define que caso, após o desmolde no período necessário, tenha algum tipo de irregularidade na superfície do corpo de prova, a norma define que seja desenvolvida uma pasta de cimento para capeamento da amostra, a fim de regularizar as superfícies, para posterior submissão da amostra a ensaios necessários.

2.2 ABNT NBR 5739: 2018 - ENSAIO DE COMPRESSÃO

Este ensaio objetiva a avaliação da resistência final do material caracterizado, mediante a proposição da curva fornecida via máquina de ensaio EMIC (Prensa). Para desenvolvimento do ensaio em questão, faz-se necessário a leitura e conhecimento das normas, NBR 5738:2015, referente a moldagem e cura de corpos de prova, conforme descrito no procedimento supracitado.

A NBR NM ISO 75000/1:2006 – Calibração de máquinas de ensaio estático uniaxial – Parte 1 – Máquinas de ensaio de tração/compressão – Calibração do sistema de medição de força, referente EMIC (Prensa) para ensaio de compressão, bem como compressão de sua utilização, NBR 7680, análise geral de estruturas de concreto e NBR 9479:2006, que menciona sobre o local de cura de corpos de prova. Quanto ao aparelho, o comumente utilizado pelos laboratórios trata-se da EMIC, que deve ser calibrada conforme tempo de uso por parte da empresa responsável. “A máquina deve ser equipada com dois pratos de aço, cujas superfícies de contato com o corpo-de-prova tenham sua menor dimensão em 4% superior ao maior diâmetro do que será ensaiado.” (NBR 5739, 2018, p. 2).

Para que obtenha-se conhecimento maior com relação ao ensaio de compressão, deve-se compreender os períodos adequados quanto ao prazo de cura

de corpos de prova, em imersão em água. Justifica-se que seja cura submersa, a fim de que não haja perda de água por parte do corpo de prova, evitando consequentemente a perda de resistência a compressão. “Após a moldagem, colocar os moldes sobre uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra ação que possa perturbar o concreto. Durante pelo menos as primeiras 24 h, para corpos de prova cilíndricos.” (NBR 5738, 2015, p. 2).

2.3 ABNT NM 248: 2003 - ENSAIO DE GRANULOMETRIA

Esta norma descreve ao que se refere ao método de ensaio de granulometria de agregados. Tal composição granulométrica consiste em determinar através da pesagem I Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Criciúma, Santa Catarina, Brasil. II Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Laguna, Santa Catarina, Brasil. posterior a agitação das peneiras, os percentuais retidos e acumulados em cada uma delas para posterior cálculo de desvio padrão, conforme os parâmetros informados na NM 248:2003.

Esta norma descreve ao que se refere ao método de ensaio de granulometria de agregados. Tal composição granulométrica consiste em determinar através da pesagem I Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Criciúma, Santa Catarina, Brasil. II Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Laguna, Santa Catarina, Brasil. posterior a agitação das peneiras, os percentuais retidos e acumulados em cada uma delas para posterior cálculo de desvio padrão, conforme os parâmetros informados na NM 248:2003.

Seu procedimento de acordo com a NM 248:2003, consiste em coletar a amostra desejada, seja ela in loco, ou em jazida, depositando a amostra em estufa para posterior quarteamento de amostra. Tal metodologia irá separar as amostras representativas, sendo no mínimo duas.

Outra etapa descrita na NM 248:2003, é realizar o encaixe das peneiras em ordem decrescente com base no tamanho das malhas das peneiras. Posteriormente, insere-se a amostra na primeira peneira, e realiza-se o peneiramento sendo este com método manual ou mecânico. O ideal que seja realizado de forma mecânica, para garantir que o máximo de amostra fique retida na peneira a que convém.

Após a realização do peneiramento, que deve ser realizado em 1 minuto, conforme NM 248:2003, realiza-se a pesagem da massa retida nas peneiras, que

deve seguir os parâmetros definidos em norma NM 248:2003, de acordo com o Quadro (1):

Quadro 1 – Classificação granulométrica.

Peneira ABNT (mm)	Porcentagem, em massa, retida acumulada na peneira ABNT			
	Zona 1 Fina	Zona 2 Média Fina	Zona 3 Média Grossa	Zona 4 Grossa
9,5	0	0	0	0
6,3	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4,8	0 a 5 ^A	0 a 10	0 a 11	0 a 12
2,4	0 a 5 ^A	0 a 15 ^A	0 a 25 ^A	5 ^A a 40
1,2	0 a 10 ^A	0 a 25 ^A	10 ^A a 45 ^A	30 ^A a 70
0,6	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
0,3	50 a 85 ^A	60 ^A a 88 ^A	70 ^A a 92 ^A	80 ^A a 95
0,15	85 ^B a 100	90 ^B a 100	90 ^B a 100	90 ^B a 100

Fonte: NM 248:2003.

A classificação granulométrica propõe as zonas as quais serão representadas de forma gráfica bem como a média de finura das peneiras de acordo com cada malha conforme ABNT NM 248:2003. A classificação granulométrica deve ser realizada a fim de identificar se o parâmetro relacionado ao tamanho do grão será determinante ou não no processo de resistência a compressão final do material. Outro ponto relevante, é com relação ao índice de vazios que o grão irá proporcionar a mistura, conforme sua granulometria bem como aderência deste aos demais materiais da composição.

2.4 ABNT NBR 7211:2019 - AGREGADOS PARA CONCRETO

Esta norma tem por objetivo descrever com relação aos agregados necessários para a caracterização de concreto. Além disso, a ABNT NBR 7211:2019, trata também sobre os requisitos que os materiais devem preencher para utilização quanto a caracterização destes. “A norma define como agregado miúdo aquele cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm.

Apesar de a norma ser pequena e não envolver procedimentos práticos, mas sim de descrição teórica, a mesma faz parte de uma das normas mais importantes para o processo de caracterização de corpos de prova, a fim de que seja feita a leitura e compreenda quais são os critérios necessários para que o material a ser caracterizado consiga chegar ao mais próximo da resistência a que se deseja chegar.

“Em situações especiais, a possibilidade de uso de agregados fora da especificação. Mas desde que existam estudos que comprovem que tais materiais

possam produzir um concreto com qualidade satisfatória.” (MAPA DA OBRA, 2020, S/P). Estas e outras especificações são definidas na norma em questão. São para conhecimento prévio, e como será desenvolvido neste trabalho o ensaio de granulometria, é importante que seja feita a leitura e reconhecimento destes aspectos na norma.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Com base no levantamento bibliográfico, definiu-se o procedimento metodológico, tendo em vista o cálculo dos traços para caracterização dos corpos de prova, além de granulometria, e *slump test*, conforme respectivas normas descritas nos resultados e discussões.

Para fins de caracterização dos corpos de prova, foi utilizado o método de cálculo “ABCP”, no qual definiu-se três percentuais de inserção de agregado residual em questão bem como a referência, de acordo com:

- Traço de agregado residual (TR 100): Inserção de 100% de agregado residual;
- Traço de agregado residual (TR 40): Inserção de 40% de agregado I Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Criciúma, Santa Catarina, Brasil. II Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Laguna, Santa Catarina, Brasil. residual;
- Traço de agregado residual (TR 20): Inserção de 20% de agregado residual;
- Traço para referência (TR): 0% de inserção de agregado residual, cuja composição é de 100% de agregado convencional;

Conforme Tabela (1), descreve-se de acordo com o procedimento de cálculos desenvolvidos, os traços obtidos para caracterização dos corpos de prova. O procedimento de cálculo desenvolvido mediante ao método ABCP, foi corrigido a medida que foi realizada a caracterização do material para moldagem de corpo de prova.

Tabela 1 – Traço para caracterização de corpos de prova.

% de resíduo para substituição	Proporções (cimento:Areia:Brita/Resíduo:água)	nº de corpos de prova
0%	01:2,07:3,03:0,535/	4
20%	01:2,07:3,03:0,535/	4
40%	01:2,07:3,03:0,535/	4
100%	01:2,07:3,03:0,535/	4

Fonte: Do autor.

Para cada traço, foram moldados quatro corpos de prova conforme o procedimento descrito em norma ABNT NBR 5738:2015 – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Os moldes, bem como os corpos de prova, possuíam dimensão da base de Diâmetro de 100mm e altura de 200mm obedecendo a relação descrita em norma, conforme descrição de quantitativos mediante ao Quadro (2).

Quadro 2 – Idade de rompimento dos corpos de prova.

Traços (%)	Idade das amostras	Nº CP para comp. Por traço	Nº total de CP rompidos	Ensaio realizado
TR	28 dias	4 und.	16 und.	5739:2018
100%	28 dias	4 und.	16 und.	5739:2018
40%	28 dias	4 und.	16 und.	5739:2018
20%	28 dias	4 und.	16 und.	5739:2018

Fonte: Dos autores.

Antecedendo a caracterização dos corpos de prova, conforme referida norma regulamentadora, realizou-se Slump test a fim de que identificasse se a mistura I Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Criciúma, Santa Catarina, Brasil. II Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Laguna, Santa Catarina, Brasil. desenvolvida atende novamente aos parâmetros propostos conforme norma ABNT NBR 67: 1998 – Concreto –Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

Quanto aos materiais utilizados, para caracterização das amostras, foram definidos conforme norma ABNT NBR 5738: 2015 nos itens de procedimento de caracterização dos corpos de prova sendo:

- Cimento Portland: Material aglomerante de base pozolânica, e composto por minerais e composição química na qual atribui a resistência do material a ser caracterizado. Foi utilizado o CP IV E 32 VOTORAM;

- Areia média: Adquirida através de materiais de construção da região de Laguna/SC;
- Brita 01: Caracterizado como agregado graúdo natural, o número 01 corresponde ao tamanho do agregado utilizado para composição dos corpos de prova. O agregado graúdo natural confere a partir da ligação dos elementos da mistura, a rigidez do material em questão.
- Agregado graúdo reciclado: o agregado residual, se refere ao conglomerado de materiais de granulometria que conferem ao tamanho correspondente a brita 01, proveniente de resíduo de reforma de uma casa da região Laguna/SC. Este foi britado de forma manual.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ABNT NM 248:2003 - ENSAIO DE GRANULOMETRIA

Os ensaios de granulometria realizados precedentes as caracterizações dos moldes de corpo de prova, foram desenvolvidos cujo objetivo refere-se a conferência da finura do material, tendo em vista que as características de finura do material, proporcionam uma maior resistência ao corpo de prova, conforme Figura (1), de acordo com as peneiras prontas para submissão em método de ensaio.

Figura 1 – Granulometria (método de ensaio).



Fonte: Do Autor.

O processo de peneiramento foi realizado no laboratório de materiais de construção civil da instituição FUCAP UNIVINTE. As peneiras utilizadas serão descritas conforme Quadro (3) bem como os resultados gerais obtidos mediante a realização de ensaio de granulometria destacado no Quadro (4).

Quadro 3 – resultados de agregados miúdos.

Peneiras		1a amostra		2a amostra		media	
Nº	mm	massa retida (g)	% retida	massa retida (g)	% retida	% retida	% acumulada
4	4,75	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00
8	2,36	0,014	4,67	0,015	5,00	4,83	4,83
16	1,18	0,053	17,67	0,056	18,67	18,17	23,00
30	0,6	0,078	26,00	0,077	25,67	25,83	48,83
50	0,3	0,085	28,33	0,088	29,33	28,83	77,67
100	0,15	0,064	21,33	0,058	19,33	20,33	98,00
fundo	<0,15	0,006	2,00	0,006	2,00	2,00	100,00
total		0,300	100%	0,300	100%	100%	
Diâmetro máximo		2,36		Módulo de finura		2,52	

Fonte: Dos autores.

Quadro 4 – Resultados gerais.

Propriedade	Resultado
Massa unitária	1,486 kg/m³
Massa específica	2580 kg/m³
Diâmetro máximo	2,36
Modulo de finura	2,52

Fonte: Do autor.

Conforme Quadro (5), no qual descreve-se os resultados de massa unitária, massa específica, diâmetro máximo e módulo de finura respectivamente. O diâmetro máximo bem como módulo de finura, conferem resultados aos quais determinam que os materiais são de finura adequada que conseqüentemente auxiliam na determinação de resultados de qualidade quando as amostras forem submetidas a ensaio de compressão conforme norma 5739:2009.

Figura 2 – Pesagem brita 01.



Fonte: Dos autores.

Para o agregado graúdo, assim como os demais agregados utilizados para composição dos ensaios de granulometria, foi separada a amostra e realizada a pesagem desta para determinação de massa específica, conforme Figura (2), no qual descreve o peso do agregado graúdo natural (brita 01).

Conforme Quadros (6), (7) e (8), correspondem respectivamente a dados granulométricos de ensaio de granulometria de amostras de agregado graúdo natural e reciclado, dados finais obtidos quanto a massa específica e a finura do material e dados gerais de agregado graúdo reciclável.

Quadro 6 – Amostras de agregado graúdo natural.

Peneiras		1a amostra		2a amostra		media	
Nº	mm	massa retida (g)	% retida	massa retida (g)	% retida	% retida	% acumulada
3/4"	19	0,124	2,48	0,312	6,25	4,37	4,37
1/2"	12,5	3,156	63,25	3,110	62,32	62,79	67,15
3/8"	9,5	1,164	23,33	1,098	22,00	22,67	89,82
4	4,75	0,538	10,78	0,424	8,50	9,64	99,46
8	2,36	0,002	0,04	0,014	0,28	0,16	99,62
fundo	<0,15	0,006	0,12	0,028	0,56	0,34	99,96
total		4,990	100%	4,986	99,92	99,96	
Diâmetro máximo		19		Módulo de finura		2,93	

Fonte: Dos autores.

Quadro 7 – Resultados gerais do agregado natural.

Propriedade	Resultado
Massa unitária	1600 kg/m ³
Massa específica	2,795 kg/m ³
Diâmetro máximo	19
Modulo de finura	2,93

Fonte: Dos autores.

Quadro 8 – Amostras de agregado graúdo reciclável.

Peneiras		1a amostra		2a amostra		media	
Nº	mm	massa retida (g)	% retida	massa retida (g)	% retida	% retida	% acumulada
1"	25	0,000	0,00	0	0,00	0,00	0,00
3/4"	19	1,203	24,06	0,926	18,52	21,29	21,29
1/2"	12,5	2,888	57,77	2,572	51,44	54,61	75,90
3/8"	9,5	0,594	11,88	0,628	12,56	12,22	88,12
4	4,75	0,236	4,72	0,566	11,32	8,02	96,14
8	2,36	0,024	0,48	0,136	2,72	1,60	97,74
fundo	<0,15	0,054	1,08	0,172	3,44	2,26	100,00
total		4,999	100%	5,000	100%	100%	
Diâmetro máximo		19		Módulo de finura		3,03	

Fonte: Dos autores.

Conforme resultados obtidos, de acordo com os métodos de ensaio aplicados, para o agregado graúdo reciclável em comparativo com os dados de agregado graúdo convencional (natural), identifica-se aproximação de dados numéricos, o que indica que apesar de composições diferenciadas, correspondem a características granulométricas de grande semelhança, o que pode proporcionar maior aderência dos materiais frente as moldagens desenvolvidas.

4.2 ABNT NBR 67: 1998 CONCRETO: DETERMINAÇÃO DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE

O ensaio de abatimento de tronco de cone, tem por objetivo compreender e conferir propriedades da mistura desenvolvida através da identificação da consistência do material, sendo esta conforme ABNT NBR 67:1998, mínima de 10 + - 2 mm para concreto moldado em obra, e 12 + - 2 mm para concreto direcionado a estruturas gerais, conforme método descrito na figura abaixo (3).

Figura 3 – *Slump test*.



Fonte: Dos autores.

O ensaio correspondente a norma ABNT NBR 67: 1998, desenvolvido com base nas determinação normativa. Após a mistura do material e antecedente a moldagem dos corpos de prova, cada mistura de percentual, foi submetida ao slump test. Este, confere a inserção do material em um tronco de cone cilíndrico, em duas camadas com 12 golpes cada uma. O procedimento deve ser repetido até que o material atinja a consistência ideal e, se não atingida, deve ser recalculada a relação água cimento a fim de que haja mudança na consistência.

Mediante aos métodos aplicáveis, foi possível identificar o resultado médio de consistência mínima de 14 mm, no qual confere ao parâmetro exigido com base na referida norma de 12 mm + - 2 mm. Após a identificação desses dados, pode-se prosseguir com a moldagem dos corpos de prova.

4.3 ABNT NBR 5739 2018: ENSAIO DE COMPRESSÃO: RESULTADOS

O ensaio realizado, conforme a caracterização de 4 corpos de prova cada traço, com total de 16 amostras, foram caracterizadas 6 conforme figura (4), porém descartou-se 2 dos corpos de prova que tiveram defeito dos traços de 100% e igualamos com os outros. Dispôs-se os FCK's conforme os percentuais de resíduo realizados e o corpo de prova de referência. De acordo com a figura (4), que

corresponde aos corpos de prova I Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Criciúma, Santa Catarina, Brasil. II Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Laguna, Santa Catarina, Brasil. cilíndricos já moldados.

Figura 4 – Corpos de prova cilíndricos.



Fonte: Dos autores.

Após 24h dos corpos de prova secos, foram desmoldados e submetidos cura úmida de 28 dias conforme norma ABNT NBR 5738:2015. O objetivo do material ser submetido a cura úmida, é justamente a não haver perda de água que também corresponde a ganho de resistência correspondente aos materiais utilizados, método de ensaio, e granulometria obtida. A Figura (5), corresponde aos corpos de prova já desmoldados.

Figura 5 – Corpos de prova desmoldados.



Fonte: Dos autores.

O processo de cura úmida, bem como submissão dos corpos de prova a ensaios I Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Criciúma, Santa Catarina, Brasil. II Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Laguna, Santa Catarina, Brasil. de compressão, foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil do Iparque UNESC (Universidade do Extremo Sul Catarinense), de Criciúma/SC, aos quais forneceram os dados de resistência conforme Quadro (9), (10), (11) e (12).

Quadro 9 – FCK correspondente as amostras caracterizadas TR 0%.

ABNT NBR 5739:2018 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
Percentuais de inserção de Resíduo %	Quantidade (Und. Corpos de prova).	FCK. (MPA)
TR 0%	4	19,4
TR 0%	4	14,9
TR 0%	4	18,5
TR 0%	4	20,0
Média		18,2

Fonte: LMCC Unesc Iparque.

Quadro 10 – FCK correspondente as amostras caracterizadas 20%.

ABNT NBR 5739:2018 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
Percentuais de inserção de Resíduo %	Quantidade (Und. Corpos de prova).	FCK. (MPA)
20%	4	19,6
20%	4	20,8
20%	4	20,2
20%	4	17,8
Média		19,6

Fonte: LMCC Unesc Iparque.

Quadro 11 – FCK correspondente as amostras caracterizadas 40%.

ABNT NBR 5739:2018 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
Percentuais de inserção de Resíduo %	Quantidade (Und. Corpos de prova).	FCK. (MPA)
40%	4	22,7
40%	4	32,1
40%	4	30,2
40%	4	23,1
Média		27,00

Quadro 12 – FCK correspondente as amostras caracterizadas 100%.

ABNT NBR 5739:2018 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
Percentuais de inserção de Resíduo %	Quantidade (Und. Corpos de prova).	FCK. (MPa)
100%	4	21,8
100%	4	11,5
100%	4	8,8
100%	4	10,9
Média		13,3

Fonte: LMCC Unesc Iparque.

Com base nos resultados obtidos, pode-se compreender que as amostras de 40% de inserção residual obtiveram maiores ganhos de resistência em comparativo com os demais percentuais. Tendo em vista que o agregado graúdo reciclável substituiu 40% do agregado natural. Em comparativo com traço de referência, no qual obteve uma resistência mínima de 18,2 Mpa. Conforme a Tabela (2), informa os parâmetros mínimos de resistência a compressão.

Tabela 2 – Classes de resistência de concretos estruturais.

Classe de resistência Grupo I	Resistência característica à compressão MPa	Classe de resistência Grupo II	Resistência característica à compressão MPa
C20	20	C55	55
C25	25	C60	60
C30	30	C70	70
C35	35	C80	80
C40	40	C90	90
C45	45	C100	100
C50	50		

Fonte: Nelson Schneider, 2020.

Conforme a classe de resistência proposta na Figura (6), permite compreender os parâmetros mínimos de resistência conforme o tipo de estrutura conferem um mínimo de 20 Mpa, de acordo com a norma ABNT NBR 8953:2015 – Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência, sendo o tipo de concreto conforme grupos de resistência, sendo o Traço 40% encaixando-se I Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Criciúma, Santa Catarina, Brasil. II Acadêmico do curso de Engenharia Civil da FUCAP, Laguna, Santa Catarina, Brasil. no Grupo I – C 25.

Já com relação aos demais percentuais de inserção de resíduo, obtiveram menores valores de resistência a compressão que pode-se justificar por fatores relacionados a dosagem inserida de material, tendo em vista que a quantidade mínima de agregado reciclável que o corpo de prova permite conforme ensaio de compressão, ser com 40% se inserção, sendo que ultrapassando ou reduzindo, não atinge o mínimo por norma. Conforme Figura (6) e Figura (7), os quais demonstram os corpos de prova antes e depois do processo de ruptura.

Figura 6 – Corpo de prova antes e depois da ruptura.



Fonte: LMCC Unesc Iparque.

Figura 6 – Corpo de prova antes e depois da ruptura (2).



Fonte: LMCC Unesc Iparque.

Outro ponto a ser considerado, refere-se a forma na qual houve a moldagem do material. Ao realizar a mistura dos componentes, identificou-se uma dificuldade do agregado reciclado em aderir aos demais agregados e componentes da mistura em

questão, dificultando no processo de adensamento do concreto, criando vazios no corpo de prova que conseqüentemente reduz a capacidade deste em resistir.

5 CONCLUSÕES

O processo de obtenção de maior resistência, com base nos percentuais de material remanescente de obra utilizados, possibilitaram compreender que a utilização de materiais residuais da construção civil, possibilitam a obtenção de resistência adequada o que permite a utilização dos agregados residuais a caracterização de elementos construtivos.

Entretanto, o que pode-se observar que apesar de resultados positivos, não houveram maiores resultados de resistência a compressão devido ao índice de vazios pertencentes aos moldes conforme figuras apresentadas. A medida de que as amostras obtêm vazios, a capacidade de resistir a esforços de compressão, são menores, reduzindo a ligação entre os elementos das misturas e rompendo-os com maior facilidade.

Com o advento da construção civil, compreende-se que ocorre um aumento significativo da procura de construtoras em locais de destinação dos materiais provenientes de construção civil, a fim de destinar o material residual das suas obras de forma adequada conforme parâmetros definidos pelo CONAMA.

Entretanto, como forma de alinhar redução de custos com materiais, em aliança com conceitos de sustentabilidade, mediante aos estudos realizados, compreendeu-se que é viabilizada a utilização de agregado reciclado na construção civil, podendo ser destinado de forma preliminar a construções de pequeno porte, as quais não são submetidos a grandes esforços de forças sobrepostas a elas.

E como forma de estudos posteriores, considera-se a continuação desta pesquisa, a utilização de agregados reciclados na caracterização de elementos estruturais, como vigas e pilares, desenvolvendo amostras de vigas (vigotas), posteriormente submetidas a ensaio de compressão, conferindo a resistência destas, com percentuais de mesma magnitude utilizados nesse estudo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248**: agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9479**: argamassa e concreto: câmaras úmidas e tanques para cura de corpo-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211**: agregados para concreto: especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7222**: concreto e argamassa: determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 67**: concreto: determinação da consistência pelo abatimento de troco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739**: concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM ISO 7500/1**: calibração de máquinas de ensaio estático uniaxial: parte 1: máquinas de ensaio de tração/compressão: calibração do sistema de medição de força. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- 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 8953**: concreto para fins estruturais: classificação pela massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16886**: concreto: amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5734**: peneiras para ensaio: especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- BALTAR, A. B. de O.; SILVA, Elias Alves da. **Utilização do concreto reciclado como agregado graúdo**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Unievangélica, Anápolis, 2019.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução 307, de 05 de julho de 2002**: estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos

resíduos da construção civil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 13 set. 2021.

CUNHA, Júlio César Sales; LACERDA, Cleidiane; JÚNIOR, Horácio Guimarães Delgado. **Traços de concreto sem função estrutural com adição de entulho**. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/index.php/cadernos/article/view/344/447>. Acesso em: 09 out. 2021.

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.10, n. 3, p. 23-40, 2010.

FERREIRA, M. C., THOMÉ, A. Utilização de resíduo da construção e demolição como reforço de um solo residual de basalto, servindo como base de fundações superficiais. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**. Passo Fundo, n. 18, p. 1 – 12, nov./2011.

JACQUES, J. R. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de concreto reciclado como agregado graúdo em concreto de cimento portland**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Ijuí, 2013.

LEVY, S. M. Produzindo concretos ecologicamente e politicamente corretos. **Exacta**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 375 – 384, jul./dez. 2006.

LAGETEC. **Análise de material granulométrico por peneiramento e sedimentação**. Disponível em: <http://www.lagetec.ufc.br/wp-content/uploads/2017/08/An%C3%A1lisegranulom%C3%A9trica-de-material-granular-por-peneiramento-esedimenta%C3%A7%C3%A3o-em-meio-l%C3%AAdquido1.pdf>. Acesso em: 13 set. 2021.

LAGETEC. **Materiais reciclados na construção civil**. In: Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: Ibracon, 2007. cap. 49, p.1629 – 1657.

MAPA DA OBRA. **Importância dos ensaios de resistência do concreto**. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/a-importancia-dos-ensaios-deresistencia-do-concreto/>. Acesso em: 16 set. 2021.

MAPA DA OBRA. **Norma comentada nbr 7211**. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/norma-comentada-nbr-7211/>. Acesso em: 13 set. 2021.

VIEIRA, G. L.; DAL MOLIN, D. C.C; LIMA, F. B. Resistência e durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição. **Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho**, v. 19, p. 5-18, 2004.

JACQUES, J. R. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de concreto reciclado como agregado graúdo em concreto de cimento portland**. 2013.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Ijuí, 2013.

LEVY, S. M. Produzindo concretos ecologicamente e politicamente corretos. **Exacta**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 375 – 384, jul./dez. 2006.

SCHNEIDER, Nelson. **Fck do concreto**. Disponível em: <https://nelsoschneider.com.br/fck-do-concreto/>. Acesso em: 13 Jan. 2021.

VIEIRA, G. L.; DAL MOLIN, D. C.C; LIMA, F. B. Resistência e durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição. **Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho**, v. 19, p. 5-18, 2004.

VOTORANTIM. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos**. Disponível em: <https://www.votorantimcimentos.com.br/wp-content/uploads/2017/11/fispq-cimentorev-00-2020.pdf>. Acesso em: 12 Jan. 2021

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A UTILIZAÇÃO DE VERGALHÕES DE AÇO CA-50 E GFRP (GLASS FIBER REINFORCED POLIMER): ANÁLISE DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO

Leandro Cardoso Correa¹

Lucas de Oliveira da Cunha²

Rodolfo Lucas Bortoluzzi³

Joana D'Arc de Souza⁴

Resumo: Neste artigo será realizada uma análise comparativa entre o vergalhão de aço CA-50 (Concreto Armado $\sigma = 500$ MPa) com vergalhão de fibra de vidro GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer), através do método da tração na flexão. Para a realização deste estudo, foram confeccionadas 12 vigas de concreto, armadas com aço CA-50 e GFRP. As vigas foram divididas em 4 grupos, onde após confeccionadas e curadas, foram submetidas a cargas pontuais, para a verificação da flecha obtida a cada nível de carga aplicada. Com este estudo pode-se verificar as deformações de cada viga e a flecha média de cada grupo.

Palavras-chave: Ca-50. GFRP. Flexão.

1 INTRODUÇÃO

O concreto é a união de materiais como cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, e água. A água e o cimento formam a pasta que, com a união dos agregados, formam o concreto. Este último tem como principal característica a resistência à compressão, e também serve como proteção do aço no concreto armado. Essa proteção pode sofrer ataques externos, como por exemplo, o ataque por sulfatos que, segundo (NEVILLE, 2013 p. 259 ,260) “o concreto atacado por sulfatos tem uma aparência característica, de cor esbranquiçada, com a deterioração normalmente começando pelas bordas e cantos, seguida por fissuração e lascamento do concreto”. A razão para essa aparência é que a essência do ataque por sulfatos é a formação de sulfato de cálcio (gesso) e sulfoaluminato de cálcio (etringita), com ambos produtos ocupando volume maior que os compostos que eles substituíram, resultando em expansão e ruptura do concreto endurecido. Então, com o lascamento e fissuração do

¹ Acadêmico do Curso e Engenharia Civil – FUCAP UNIVINTE. E-mail: leandrocorrea@coorsel.com.br.

² Acadêmico do Curso e Engenharia Civil – FUCAP UNIVINTE. E-mail: lucas.cunha.fucap@gmail.com.

³ Orientador. 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: joanads@fucap.edu.br.

concreto, abre-se caminho para a corrosão das armaduras e posteriormente deterioração da estrutura de concreto armado.

Por isso, resolveu-se elaborar este artigo realizando ensaios com um novo material, o Glass Fiber Reinforced Polimer – GFRP (Fibra de Vidro Reforçada com Polímero). Aparentemente o GFRP não sofrerá com a corrosão, o que pode resultar em melhorias para as estruturas feitas com concreto.

O objetivo deste artigo é o de verificar se esse novo material possui comportamento semelhante ao tradicional aço CA-50 por isso será realizada uma análise comparativa entre o vergalhão de aço CA-50 (Concreto Armado $\sigma = 500$ Mpa) com vergalhão de fibra de vidro GFRP, através do método de resistência à tração na flexão, a fim de comprovar se o GFRP possui propriedades de tração e aderência semelhantes ao aço CA-50.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais para a confecção das vigas foram adquiridos no comércio local, com exceção do GFRP, pois o mesmo não foi encontrado à venda no comércio local, o mesmo foi adquirido diretamente com a empresa Composite Group Brasil LTDA.

Como não há nenhuma norma brasileira que defina os métodos a serem utilizados na confecção de vigas em GFRP, adotou-se as normas brasileiras utilizadas para concreto armado com aço CA-50, em que temos como referência as normas ABNT NBR 6118:2014 concreto armado, norma americana ASTM C293 – 02 para o ensaio de flexão a três pontos, os corpos-de-prova serão moldados e curados pelo procedimento descrito na norma ABNT NBR 5738:2015 versão corrigida 2016. Já as vigas serão moldadas e concretadas conforme a norma ABNT NBR 14931:2004. Os ensaios de compressão dos corpos-de-prova moldados seguiram o procedimento descrito na norma ABNT NBR 5739:2018.

2.1. DIMENSIONAMENTO

Foram confeccionadas 12 vigas com 14 centímetros de largura, 30 centímetros de altura e 105 centímetros de comprimento. As vigas foram divididas em 4 grupos.

O primeiro grupo contendo 3 vigas com 2 barras de aço CA-50 de diâmetro 5 mm na armadura negativa e 2 barras de aço CA-50 de diâmetro 5 mm na armadura

positiva, estribos de aço CA-50 de diâmetro 5 mm com espaçamento de 25 centímetros e cobrimento de 2,5 centímetros. O segundo grupo contendo 3 vigas com 2 barras de GFRP de diâmetro 5 mm na armadura negativa e 2 barras de GFRP de diâmetro 5 mm na armadura positiva, estribos de aço CA-50 de diâmetro 5 mm com espaçamento de 25 centímetros e cobrimento de 2,5 centímetros. O terceiro grupo contendo 3 vigas com 2 barras de aço CA-50 de diâmetro 8 mm na armadura negativa e 2 barras de aço CA-50 de diâmetro 8 mm na armadura positiva, estribos de aço CA-50 de diâmetro 5 mm com espaçamento de 25 centímetros e cobrimento de 2,5 centímetros. O segundo grupo contendo 3 vigas com 2 barras de GFRP de diâmetro 8 mm na armadura negativa e 2 barras de GFRP de diâmetro 8 mm na armadura positiva, estribos de aço CA-50 de diâmetro 5 mm com espaçamento de 25 centímetros e cobrimento de 2,5 centímetros.

Por não ser possível efetuar dobras nas barras de GFRP, optou-se por não utilizar ganchos das armaduras negativas e positivas.

As tabelas 1 e 2 mostram os cálculos do dimensionamento das armaduras dos grupos ensaiados conforme a norma ABNT NBR 6118:2014.

A flecha máxima permitida conforme tabela 13.3 da ABNT NBR 6118:2014 é de 4 mm para todos os grupos.

Tabela 1 – Resultados esperados para os grupos 1 e 2.

Carga Aplicada (kN)	Diâmetro Armadura (mm ²)	Diâmetro Necessário (mm ²)	Estádio de Deformação
10	40	36	2
20	40	69	2
30	40	105,5	3
40	40	145,0	3
50	40	188,8	3

Fonte: Dos autores.

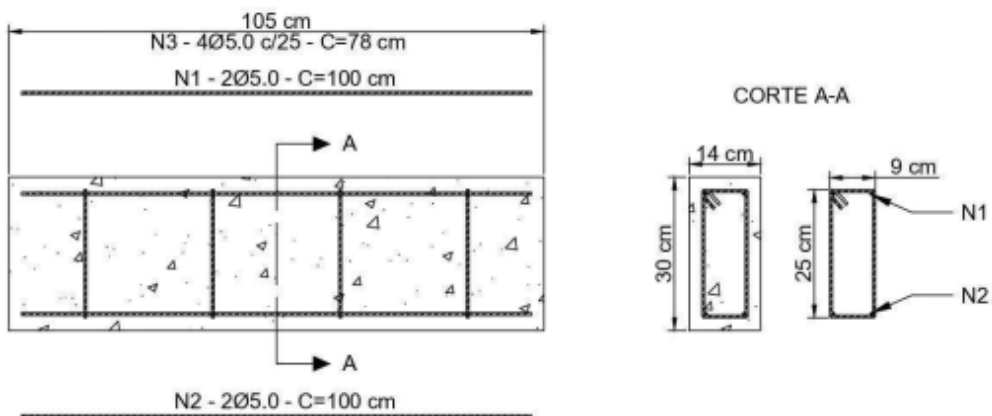
Tabela 2 – Resultados esperados para os grupos 3 e 4.

Carga Aplicada (kN)	Diâmetro Armadura (mm ²)	Diâmetro Necessário (mm ²)	Estádio de Deformação
10	100	66	2
20	100	99	2
30	100	132	2
40	100	166	2
50	100	202	2
60	100	238	3
70	100	275	3
80	100	313	3
90	100	352	3

Fonte: Dos autores.

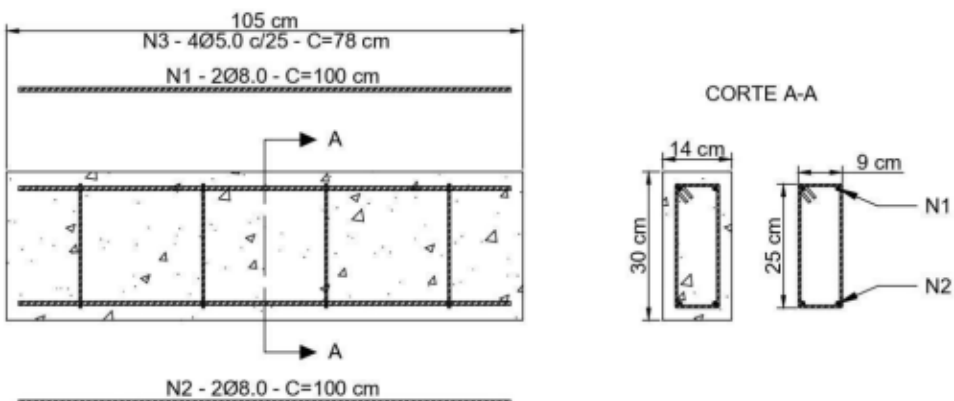
As figuras 1 e 2 mostram o detalhamento das armaduras adotadas.

Figura 1 – Detalhamento das vigas dos grupos 1 e 2.



Fonte: Dos autores.

Figura 2 – Detalhamento das vigas dos grupos 3 e 4.



Fonte: Dos autores.

2.2 CONFECÇÃO E CONCRETAGEM

Após o dimensionamento das armaduras, foi efetuado o corte e dobra das mesmas. Já Depois de montadas espaçadores de plástico foram fixados nelas a fim de proporcionar o cobrimento adequado.

O concreto utilizado foi feito in loco seguindo os procedimentos no método ABCP. A resistência à compressão (f_c) adotada para o concreto usado na confecção das vigas foi de 30 MPa com abatimento de 50 mm. A escolha foi por cimento pozolânico CP IV de 32 MPa. Já o traço escolhido foi 1:2,31:3,10, com fator água/cimento de 0,55.

Tabela 3 – Traço e agregados utilizados.

	30 MPa
Cimento CP IV	1
Areia média	2,31
Brita n°2	3,10
Fator água/cimento	0,55

Fonte: Dos autores.

A moldagem e concretagem das vigas ocorreu conforme a ABNT NBR 14931:2004, sendo utilizado vibrador de imersão, a fim de evitar nichos de concretagem. As figuras 3, 4, 5 e 6 ilustram a dosagem dos materiais e a concretagem das vigas.

Figura 3 – Dosagem (a) pedrisco, dosagem (b) areia.



Fonte: Dosa autores.

Figura 4 – Slump test – (a) moldagem, (b) aferição.



Fonte: Dosa autores.

Figura 5 – Vigas grupos 1 e 2.



Fonte: Dos autores.

Figura 5 – Vigas grupos 3 e 4.



Fonte: Dos autores.

2.3 ENSAIO DE FLEXÃO A TRÊS PONTOS

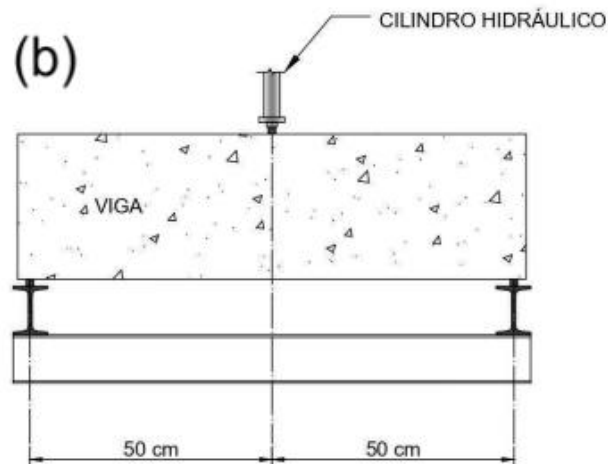
Para o ensaio de flexão a três pontos foi utilizada a prensa hidráulica Bovenau com capacidade de 150 kN. Como a prensa não dispunha de suportes adequados para o ensaio, foi confeccionado no laboratório de engenharia mecânica da FUCAP um suporte que fosse capaz de suportar as cargas e dimensões das vigas. A figura 7 ilustra a prensa hidráulica e o suporte confeccionado.

O ensaio teve como base a norma americana ASTM C293 – 02.

Figura 7: Ensaio de flexão a três pontos (a) prensa utilizada. (b) esquema de posicionamento da viga.



Dos autores (201).



As vigas foram devidamente centralizadas e niveladas conforme a figura 6. Foi utilizado nível a laser na parte inferior da viga, a fim de proporcionar um nivelamento preciso. A utilização do nível a laser também teve como intuito facilitar a observação da flecha obtida quando aplicada a carga sobre a viga. A cada 10 kN aplicados sobre a viga, foi aferido o deslocamento entre a parte inferior da viga e o nível, para possibilitar a comparação das flechas obtidas entre os grupos de vigas. A aplicação da carga se deu até o estado limite último das vigas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 RESULTADOS

Na tabela 4 consta os valores das flechas obtidas a cada 10 kN aplicados sobre as vigas. Os valores dos deslocamentos se encontram em milímetros.

Tabela 4 – Resultados das flechas obtidas em relação às cargas aplicadas nos grupos 1 e 2.

		10	20	30	40	50 kN
		kN	kN	kN	kN	
GRUPO 1 CA-50 Ø 5 mm	V11	0,8	1,0	1,5	2,0	8,0
	V12	0,5	1,0	1,5	2,5	
	V13	0,5	1,0	1,5	2,5	
GRUPO 2 GFRP Ø 5 mm	V21	1,0	2,0	3,5	5,0	16,0
	V22	0,2	0,6	2,0	4,0	
	V23	0,5	1,0	2,0	7,0	10,0

Fonte: Dos autores.

Na tabela 5 consta os valores das flechas obtidas a cada 10 kN aplicados sobre as vigas. Os valores dos deslocamentos se encontram em milímetros.

Tabela 4 – Resultados das flechas obtidas em relação às cargas aplicadas nos grupos 3 e 4.

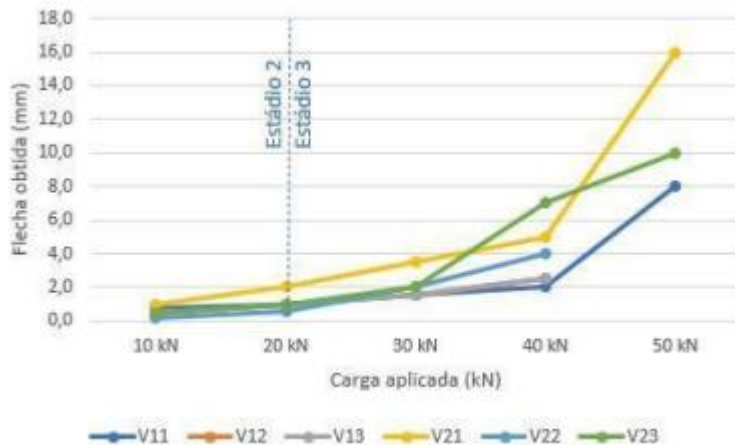
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
		kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
GRUPO 3 CA-50 Ø 8 mm	V31	0,4	0,7	1,0	2,0	3,0	3,5	4,5	6,0	9,0	10,0	15,0	20,0
	V32	0,5	1,0	1,4	1,7	2,0	2,5	3,0	4,0	6,5	9,0		
	V33	0,5	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	6,0	8,0	13,0	15,0	
GRUPO 4 GFRP Ø 8 mm	V41	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,5	6,0	9,0	11,0		
	V42	1,0	2,0	2,5	3,5	6,0	6,5	7,5	9,5	10,0			
	V43	0,5	1,0	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5				

Fonte: Dos autores.

3.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A fim de uma melhor visualização e comparação dos resultados, foram elaborados gráficos de linhas, sendo o gráfico da figura 8 referente aos resultados dos grupos 1 e 2 e o gráfico da figura 9 aos resultados dos grupos 3 e 4.

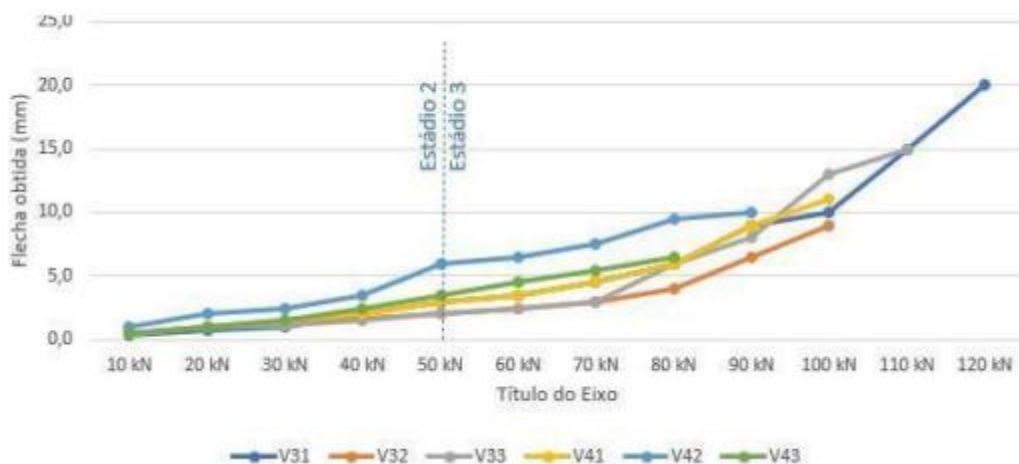
Figura 8 – Gráfico com as flechas nas vigas dos grupos 1 e 2.



Fonte: Dos autores.

Podemos observar na figura 8, que para o grupo 1, quando as vigas foram submetidas a cargas de estágio 2 obteve-se para o vergalhão de aço CA-50 a flecha média de 0,8 mm e, quando as mesmas foram submetidas a cargas de estágio 3, a flecha média obtida nas vigas antes do seu rompimento foi de 1,9 mm que conforme tabela 13.3 da ABNT NBR 6118:2014 se encontra dentro do limite aceitável. Para o grupo 2, quando as vigas foram submetidas a cargas de estágio 2, obteve-se para o vergalhão de GFRP a flecha média de 0,9 mm e, quando as mesmas foram submetidas a cargas de estágio 3, a flecha média obtida nas vigas antes do seu rompimento foi de 3,9 mm que, conforme tabela 13.3 da ABNT NBR 6118:2014, se encontra dentro do limite aceitável.

Figura 9 – Gráfico com as flechas nas vigas dos grupos 3 e 4.



Fonte: Dos autores.

Podemos observar na figura 9, que para o grupo 3, quando as vigas foram submetidas a cargas de estágio 2 obteve-se para o vergalhão de aço CA-50 a flecha média de 1,3 mm e, quando as mesmas foram submetidas a cargas de estágio 3, a flecha média obtida nas vigas antes do seu rompimento foi de 3,9 mm. Conforme tabela 13.3 da ABNT NBR 6118:2014, se encontra dentro do limite aceitável.

Para o grupo 4, quando as vigas foram submetidas a cargas de estágio 2, obteve-se para o vergalhão de GFRP a flecha média de 2,1 mm e quando as mesmas foram submetidas a cargas de estágio 3, a flecha média obtida nas vigas antes do seu rompimento foi de 6,0 mm. Este resultado segundo a tabela 13.3 da ABNT NBR 6118:2014 se encontra dentro do limite aceitável apenas no estágio 2.

3.3 OBSERVAÇÕES

Durante o teste de flexão a três pontos, foi observado a falta de aderência entre a armadura e o concreto em algumas vigas armadas com GFRP durante o rompimento das mesmas, conforme figura 10

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho estudou a substituição de aço CA-50 por vergalhão de fibra de vidro GFRP em estruturas de concreto armado. Para isso, foram dimensionados e executados 4 grupos de vigas de concreto armado com o aço CA-50 e vergalhão GFRP, a fim de estudar a flecha nele gerada e respectivos problemas estruturais ao gerar uma carga sobre estas estruturas. Apresentam-se a seguir as seguintes conclusões:

Os grupos 1 e 2 mostraram resultados satisfatórios no estágio 2 de deformação, obtendo uma diferença de flecha entre o aço CA-50 e o GFRP de 0,1 mm em média; diferente de quando as vigas foram submetidas a cargas de estágio 3 de deformação, em que o aço CA-50 mostrou uma resistência melhor com menor flecha.

Nos grupos 3 e 4 também é possível verificar comportamento semelhante ao dos grupos 1 e 2, quando aplicado cargas de estágio 2 de deformação, a diferença média de flecha entre os grupos 3 e 4 foi de 0,8 mm. O grupo 4 no estágio 3 obteve maior flecha e também uma resistência inferior quando comparado ao aço CA-50. Pôde-se observar nos ensaios, que quando aplicada uma carga elevada, o grupo 4

apresentou escorregamento do GFRP no concreto, mostrando uma falta de aderência entre a armadura e o concreto, conforme figura 10.

Com base nos ensaios apresentados, conclui-se que o GFRP possui restrições quando comparado ao aço CA-50, não sendo possível utilizá-lo como substituto direto ao aço CA-50 em vigas; ressalvo quando este seja dimensionado de maneira correta para a aplicação em estruturas, ou seja, quando houver uma norma brasileira que possibilite o dimensionamento correto do mesmo.

5 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Recomenda-se para trabalhos futuros os seguintes ensaios:
- Resistência à temperatura em armaduras montadas com GFRP;
- Comparativo de resistência à corrosão entre estruturas armadas com aço CA-50 e GFRP;
- Comparativo de resistência à tração direta entre o aço CA-50 e o GFRP;
- Teste de flexão a três pontos com equipamento mais preciso;
- Utilizar mais diâmetros diferentes de armadura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: projeto de estruturas de concreto armado. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14931: execução de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASTM C293: Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading). West Conshohocken, USA, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5738: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

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

CARVALHO, Roberto; FIGUEIREDO FILHO, Jasson. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo NBR 6118: 2014**. 4. Ed. São Paulo, Edufscar, 2019.

NEVILLE, A.M. BROOKS J.J. **Tecnologia do concreto**. 2. Ed. Porto Alegre, Bookmam, 2013.

ANÁLISE DE CONCRETO COM O BAMBU EM BLOCO DE CONCRETO PARA ALVENARIA

Fabricio de Aguiar Joaquim¹

Rodolfo Lucas Bortoluzzi²

Alessandro de Medeiros³

Resumo: O trabalho de conclusão de curso tem como finalidade conciliar a teoria com a prática do curso de Engenharia Civil, o objetivo de analisar o concreto com reforço de bambu natural em blocos de concreto e comparar com o concreto com uma barra de aço 8mm e verificar a possibilidade para aplicação em casas populares. Com o avanço dos preços do aço devido a pandemia existe uma necessidade de diminuir o custo da obra, com esse trabalho podemos colaborar com milhares de famílias com inclusão de uma construção mais sustentável, o bambu tem uma alta resistência a tração e compressão. Podemos incentivar a plantação do bambu nas residências de forma geral. Para obter o compósito (concreto) utilizamos a liga de 3 para 1, foi misturado água, brita, cimento e areia.

Palavras-chave: Bambu. Aço 8mm. Bloco de concreto.

1 INTRODUÇÃO

O uso do bambu na construção civil no Brasil teve seu início no cenário rural a partir da década de 1970 com o maior rigor da legislação e na fiscalização de exploração e extração de materiais naturais principalmente em relação à madeira nativa de repensar novas alternativas para o consumo de materiais na construção civil e sua geração desenfreada de resíduos a fim de tornar a atividade mais econômica e sustentável atraindo olhares para novas soluções no uso de materiais renováveis e que agredem menos o meio ambiente (LAUS 2010).

Cada vez mais buscamos característica nos materiais alternativos na construção civil, sendo para redução de custo, como também a questão ambiental. Nessa pesquisa vamos abordar o bambu como material equivalente ao aço no concreto armado na coluna de blocos de concreto para alvenaria. Existem estudos com bambu analisando suas propriedades mecânicas aplicadas à o compósito de concreto, este é o primeiro em blocos como colunas em casa sendo este de maior

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Faculdade Capivari. E-mail: fabricio@fucap.edu.br.

² Orientador. Docente do curso de Engenharia Civil da Faculdade Capivari. E-mail: rodolfo@fucap.edu.br.

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

economia com baixo consumo de energia em sua produção e com efeitos positivos na questão ambiental. Este projeto pretende atender a grande massa da população brasileira e de outros países em desenvolvimento, através da realização de casas populares por sua alta resistência à tração (GHAVAMI, 1995).

2 DESENVOLVIMENTO

A revisão bibliográfica abordada neste Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo apresentar o concreto com bambu em bloco vazado de concreto para alvenaria de baixo custo.

2.1 BLOCO DE CONCRETO VAZADO PARA ALVENARIA

Os projetos de alvenaria estrutural, armada, parcialmente armada ou não-armada, referem-se a norma brasileira NBR10837:1989 definem projeto em blocos vazados de concreto.

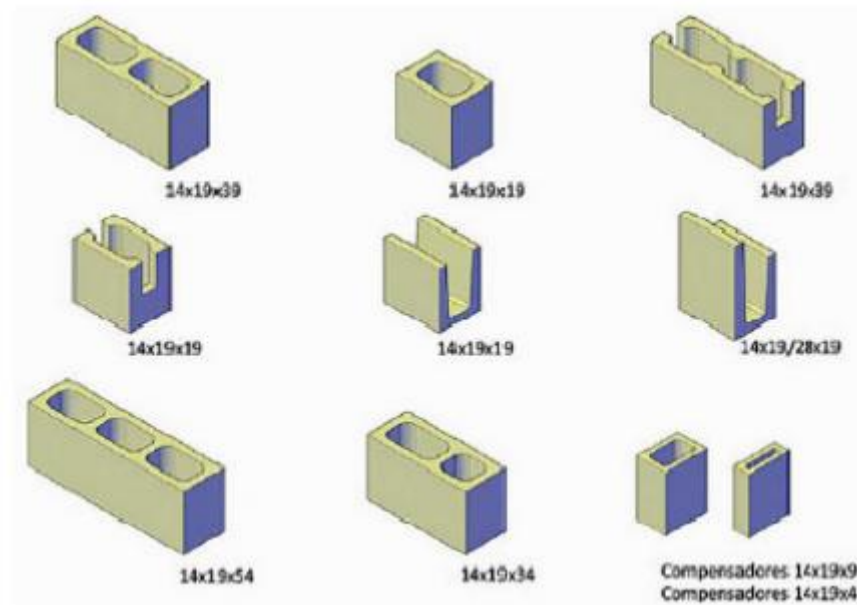
O processo de modulação no Brasil tem uma posição estratégica na produção de casas com o objetivo de natureza tecnológica e gerencial, proporcionando a racionalização das atividades desenvolvidas nos canteiros de obra a agregar eficiência e qualidade do produto e processo construtivo (BARROS, 1994; SABBATINI, 2003).

No processo de modulação é fundamental as dimensões do pé direito da edificação, o modo a se evitar ou ajustes na execução das paredes, levando em consideração as múltiplos da largura de blocos de comprimento para blocos especiais, que encarecem o custo da obra, devido os componentes utilizados (MAMEDE, 2001).

Os blocos de alvenaria estrutural são os responsáveis pela definição das características resistentes da estrutura (RAMALHO E CORRÊA, 2003). Segundo CAMACHO (2006), a resistência à compressão determina a aplicação em um projeto.

A NBR 6136 – 2016 “Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos”, é uma norma atualizada da família de blocos com o conjunto de componentes de alvenaria que interagem em módulos entre outros elementos construtivos. Os blocos que compõe a família conforme a figura 1, são vários tipos e formatos de bloco inteiro (bloco predominante), meio bloco, blocos de amarração L e T (blocos para encontro de paredes) e blocos compensadores.

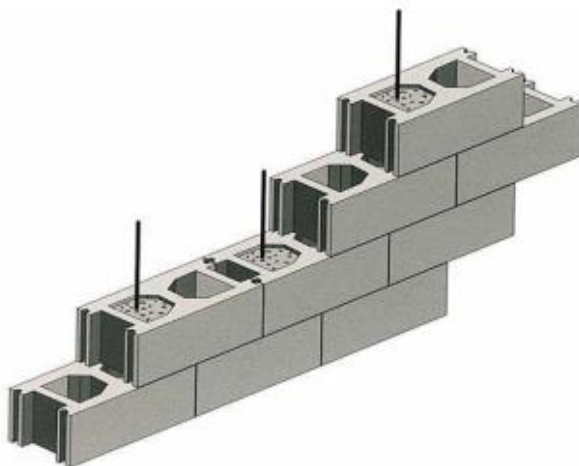
Figura 1 – Família de blocos 14x39.



Fonte: Taul; Nesse, 2010.

A NBR 15961-1 (Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto. Projeto), os blocos são usados para resistir aos esforços de tração. Os esforços de tração na estrutura são gerados por cargas horizontais como exemplo a ação do vento. Quando existe grandes esforços é necessário armaduras verticais (geralmente uma barra por furo), no caso deste artigo substituir o aço por bambu. A figura 2 traz uma ilustração de alvenaria armada.

Figura 2 - Alvenaria armada.



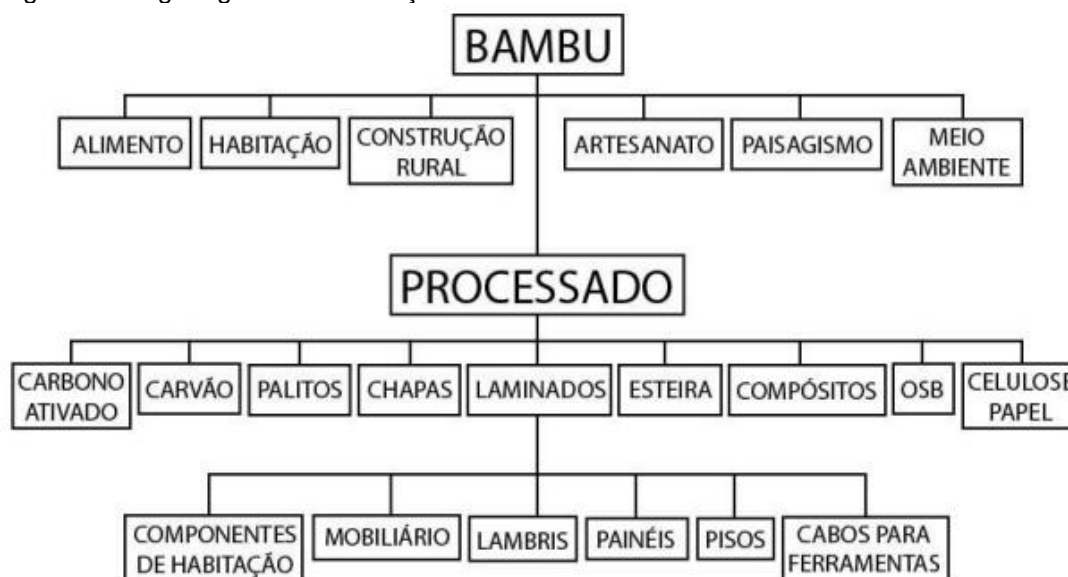
Fonte: http://www.tectonica-online.com/products/176/block_concrete_brick_hidro/

2.2 BAMBU REFORÇO NO CONCRETO

O bambu é conhecido por sua alta resistência a tração, GHAVAMI (1995) recomendou o uso do bambu como um material alternativo, substituindo o aço, como reforço em peças de concreto, também salienta que dependendo da espécie pode variar de 135 MPa e 170 MPa de resistência a tração.

O bambu pode ser aplicado em várias áreas para atuação desta forma, esse material pode ser usado como piso, forro, vigas, painéis e como elemento estrutural (PEREIRA, 2006) conforme a figura 3.

Figura 3 – Organograma de utilização do bambu.



Fonte: Pereira, 2006.

O bambu é um material que encontrado na natureza, sem nenhum tipo de beneficiamento, não tem custo e apresenta um valor maior para a relação entre a resistência à tração e o peso específico para alguns materiais, com fibras naturais se torna vantajosa a sua utilização como material de construção (GHAVAMI, 1992).

Uma desvantagem é a baixa aderência entre o bambu e o concreto o compósito não vem sendo utilizado em grande escala, porém está cada vez mais sendo estudada e utilizada. A baixa aderência deve-se a saturação, após o endurecimento do concreto; a quantidade de bambu no concreto deve ser proporcional, sendo um volume maior que o aço (FERREIRA, G.2002).

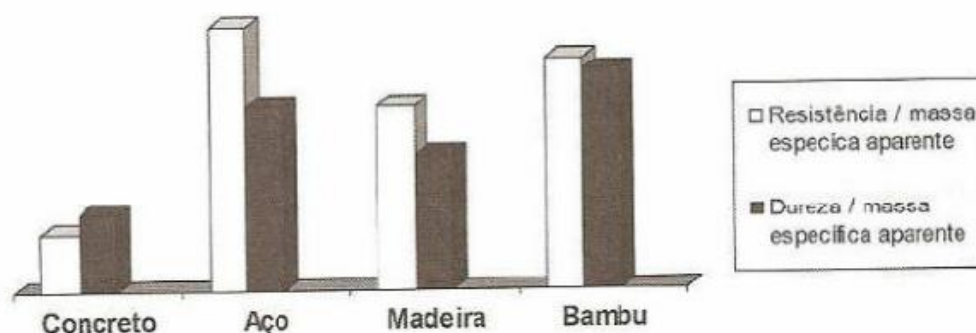
As pesquisas são realizadas com objetivo obter de uma melhor aderência, aumentando a capacidade de carga do bambu x concreto (FERREIRA, G.2002). Os tratamentos já criados que merecem destaque são:

- Bambu à milanesa, que é a aplicação de piche chapiscado com areia, tornando a superfície rugosa e por ter a aplicação do piche funciona também como impermeabilizante;
- Colocação de arame farpado pregado sobre o colmo ou talisca;
- Cravamentos de grampos de cerca sobre o bambu;
- Ranhuras realizadas na casca das talisca;

2.3 REFORÇO DO CONCRETO

Os resultados apresentados por Janssen (2000) mostram que o bambu, tem uma grande resistência, quando comparada ao aço. Uma propriedades física que interfere nas propriedades mecânicas é a massa específica aparente, a qual depende de algumas variáveis. Na Figura 4 representa-se um comparativo de resistência da dureza de alguns materiais tomados em relação à sua massa específica aparente. No gráfico o bambu é superior a todos os outros materiais somente inferior ao aço no que tange à relação resistência/massa específica aparente.

Figura 4 – Relação entre resistência e a dureza, em relação à massa específica aparente, para bambu e outros materiais.



Fonte: (JANSSEN, 2000).

Na Tabela 1, proposta por Janssen (1995), compara-se o consumo energético por material, demonstrando-se que o bambu consome menos energia se comparado a outros materiais.

Tabela 1 – Consumo energético por material.

MATERIAL	ENERGIA (MJ/m³ por MPa)
Aço	1500
Concreto	240
Madeira	80
Bambu	30

Fonte: (JASSEN, 1995).

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O procedimento metodológico adotado neste Trabalho de Conclusão de Curso consistiu no processo de blocos de concreto e concreto armado com reforço de bambu, ensaios e caracterização do material.

3.1 BLOCO DE CONCRETO

A obtenção do bloco de concreto (14 x 19 x 39 cm), foi uma doação da empresa Oliveira e Neves, localizada na cidade de Gravatal SC, produzido em uma máquina de blocos, da marca Menegoti, modelo MBP 4.0, conforme figura 05, a composição na proporção de 3 para 1, sendo que o areia grossa, o cimento pozzosul CP4, com forma de aço carbono.

Figura 05 - Máquina de Blocos



Fonte: Autor 2021.

Os blocos de concreto foram pesados na balança digital, marca Urano, modelo Us 20/2 pop-5, com peso Max= 20Kg, Min= 0,4g, E=2g/5g, localizada no laboratório de Engenharia Civil FUCAP/UNIVINTE, conforme figura 06.

Figura 06 - Mostra a pesagem do bloco de concreto vazado.



Fonte: O autor, 2021.

3.2 BAMBU REFORÇO NO CONCRETO

O bambu utilizado nesse projeto foi adquirido na cidade de Capivari de Baixo, a qualidade tuldoides, os estudos apontam como utilizados para a construção civil, foi

medido com uma trena e cortado com a serra circular da marca BOSCH profissional GKS 1500W, RPM 6000, disco com diâmetro 184 mm. O comprimento do bambu figura 08, após cortado passamos uma lixa 100 para melhorar sua aderência no concreto conforme figura 07:

Figura 07: A imagem mostra o bambu cortado e lixado.



Fonte: O autor, 2021.

As amostras foram pesadas na balança com precisão de: 0,0001g, temperatura de 20°C que está localizada no laboratório de química da FUCAP/ UNIVINTE.

O diâmetro foi medido com o paquímetro da marca Mitutoyo com precisão 0,05 mm, de 0-150 mm o comprimento máximo.

3.3 REFORÇO DO CONCRETO

O bloco de concreto tem com características a resistência e durabilidade podendo ser utilizado para colunas, iremos substituir o aço por bambu, o concreto será colocado no bloco vazado conforme figura 02, usamos um composto de concreto de 3 para1, sendo que os materiais que utilizamos foram a areia média, brita $\frac{3}{4}$ de rocha,

cimento CII da marca CAUÊ, na embalagem do produto consta que a secagem 3 e resistência 3, na composição química aparece silicato e aluminato de cálcio, sulfato de cálcio e material carbonático, o cimento segue as exigências químicas, físicas e mecânicas conforme NBR- 16697.

O aço utilizado nesse projeto da marca Gerdal 8mm, foi cortado na policorte, marca BOSCH, GCO 2000, m17 5E1, potência 2000W, RPM 3500, diâmetro do disco 355mm, localizada no laboratório de mecânica FUCAP/UNIVINTE, sendo que o comprimento do aço e bambu são o mesmo 18,50cm, conforme a figura 08 comparando com uma régua graduada.

Figura 08 - A imagem mostra a comparação do bambu e aço.



Fonte: O autor 2021.

O ensaio de compressão foi realizado com bloco de concreto (14 x 19 x 39 cm), o concreto armado foi comparado com reforço de aço e de bambu natural, esse ensaio realizado na Prensa Hidráulica EMIC 2000 kN; Modelo PC 200 I; Número de patrimônio PRJ.191.000064-000; NO6140; NS046; Número do certificado de calibração 0209/21, no laboratório de materiais de construção civil IDT/IPARQUE- Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

4 ANÁLISES E RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos ensaio e comentários dos testes realizados, primeiro serão discutidos os resultados das pesagens e o ensaio de compressão.

4.1 BLOCO DE CONCRETO VAZADO PARA ALVENARIA

O bloco de concreto foi produzido em um processo automatizado, com máquinas hidráulicas e acionamentos pneumáticos, porém teve uma diferença de peso 0,29Kg sendo esse resultado na construção civil considerado irrelevante e considerado apropriado para uso.

Tabela 02 – Pesagem das amostras (A-aço) e (B-bambu) em Kg dos blocos de concreto.

Amostra	Peso
1 A	9,690
2 A	9,840
3 A	9,605
4 A	9,740
5 A	9,980
1 B	9,775
2 B	9,705
3 B	9,835
4 B	9,800
5 B	9,860

Fonte: Autor (2021).

4.2 BAMBU REFORÇO NO CONCRETO

Conforme a tabela 03, relação de peso nas amostras devido a natureza do bambu é cônico, podemos verificar uma variação no peso como mostra a tabela 03, com peso Maximo 0,044 e mínimo com 0,030Kg.

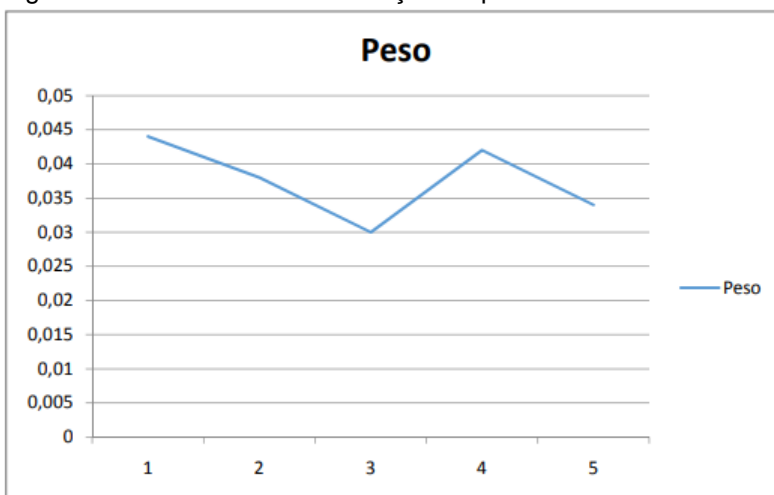
Tabela 03 – Pesagem das amostras em Kg do bambu.

Amostra	Peso
1	0,044
2	0,038
3	0,030
4	0,042
5	0,034

Fonte: O autor 2021.

A figura 09 mostra o gráfico com diferença de peso em gramas devido o bambu não ser uniforme, a relação de peso é fundamental para a construção civil, no que se refere a concreto armado.

Figura 09 – Gráfico mostra à relação de peso da amostra bambu



Fonte: O autor 2021.

Na tabela 04, podemos observar que o diâmetro externo do bambu natural com alteração devido as características sendo um material cônico, porém o diâmetro é simétrico com pequenas diferenças entre as amostras, foram medidas com um paquímetro da instituição FUCAP/UNIVINTE, as medidas tem relação com o peso conforme tabela 03.

Tabela 04 – Mostra o diâmetro em mm das amostras do bambu.

Amostra	Diâmetro
1	19,98
2	18,24
3	17,98
4	19,36
5	18,68

Fonte: O autor 2021.

4.3 REFORÇO DO CONCRETO

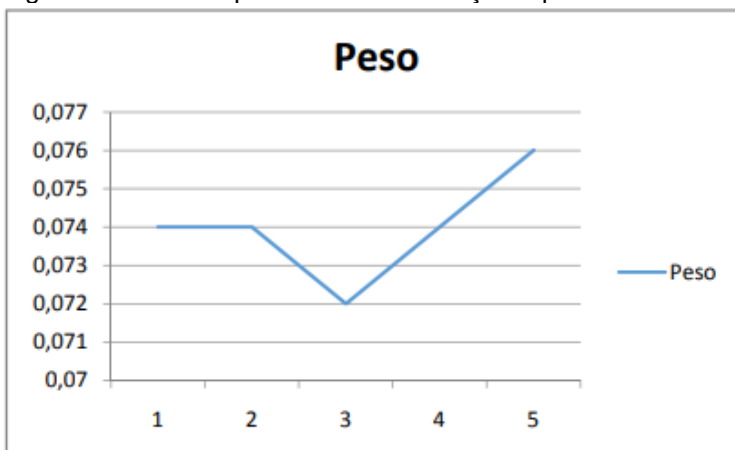
A tabela 05 mostra a pesagem das amostras de aço 8mm, analisando os resultados podemos observar que provavelmente o comprimento teve uma alteração por amostra, porém a diferença entre os extremos 0,04 Kg sendo desconsiderado na construção do concreto, para facilitar a visualização construímos um gráfico conforme figura 10.

Tabela 05 – Pesagem das amostras em Kg do aço 8mm.

Amostra	Peso
1	0,074
2	0,074
3	0,072
4	0,074
5	0,076

Fonte: O autor 2021.

Figura 10- Gráfico que mostra a diferença de peso das amostras do aço.



Fonte: O autor 2021.

As características dos ensaios realizados de acordo com a norma brasileira NBR 12118:13. A regularização das faces foi realizada utilizando pasta de cimento. Em seguida os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de compressão, com velocidade de aplicação de carga de $0,15 \pm 0,03$ MPa/s, velocidade indicada para blocos com resistência característica especificada. A tabela 06 mostra os resultados da massa do blocos e a resistência a compressão.

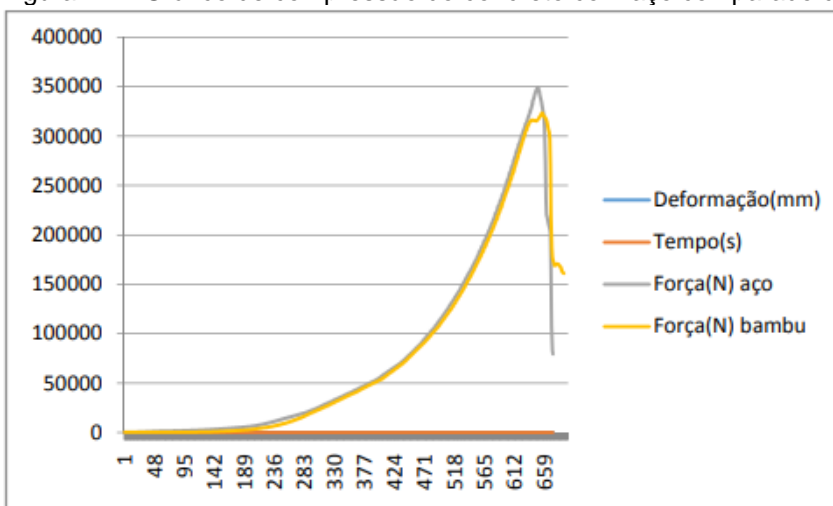
Tabela 06- Mostra os resultados do ensaio de compressão dos blocos de concreto (A-aço) e (B-bambu).

Amostra	Descrição	Massa (Kg)	Data Ensaio	Idade (dias)	Comp. (mm)	Larg. (mm)	Área total (mm ²)	Força (N)	Resistência (MPa)
01	3A	15,78	3/12	-	390	139	54210	348746	6,4
02	3B	15,60	3/12	-	391	140	54740	323497	5,9

Fonte: O autor 2021.

Pode-se observar na figura 11, o gráfico de compressão realizado no bloco de concreto, com concreto armado e reforço de aço comparando os resultados com reforço de bambu natural. O gráfico mostra o concreto com de aço obteve uma resistência a compressão 6,4 MPa, já a amostra com reforço de bambu mostra uma resistência de 5,9 MPa, esse resultado é devido a característica do aço e,m relação com bambu.

Figura 11 – Gráfico de compressão do concreto com aço comparado com bambu natural.



Fonte: O autor 2021.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho podemos concluir que o bloco de concreto que foi utilizado tem ótimo processo de produção todo automatizado facilitando a padronização do produto diminuído a diferença em peso entre as amostras, o material utilizado no bloco é de qualidade sendo o cimento da cidade de Capivari de Baixo (Pozosul).

O bambu natural teve uma diferença entre as amostras em relação a peso e diâmetro. O resultado já era esperado devido o bambu ser cônico, com as amostras de bambu lixadas adquiriu mais aderência no concreto.

O aço usado no projeto foi um Gerdal 50GG com diâmetro 8mm usado na construção civil, não recebeu nenhum tipo de tratamento somente foi cortado no comprimento necessário para a aplicação, podemos concluir que o aço teve pouca diferença de peso.

Em relação do concreto comparando o aço com bambu, teve uma pequena diferença sendo que com o aço obteve uma maior resistência, porém o trabalho teve um ótimo resultado sendo uma resistência a compressão 5,9 MPa com o bambu sendo possível a utilização em casa populares, diminuindo assim o custo da obra.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR10837**: cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto: procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15961-1**: alvenaria estrutural: blocos de concreto: parte 1: projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2011a.

BARROS, M. M. **Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias contrativas na produção edificações**. São Paulo: USP. 1994. p. 30.

CAMACHO, J. S. **Projetos de edifícios em alvenaria estrutural**. Notas de aula. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Universidade Paulista, 2006.

FARIA, M. **Desenvolvimento estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto de agregados**. Dissertação. Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.

FERREIRA, G.C.S. **Vigas de concreto armadas com bambu**. São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, SP, 2002.

GHAVAMI, K. **Bambu**: um material alternativo na engenharia. **Engenharia** (492): 23-27, 1995.

JANSSEN, J. J. A. **Building With bamboo**: a handbook. Technical University of Eindhoven. Netherlands. 1995.

JANSSEN, J. J. A. **Designing and building with bamboo**. Internacional Network of Bamboo And Rattan – INBAR. Beijing, China, 2000.

LAUS, C. **Gestão e gerenciamento**. Rio de Janeiro, n. 120, p. 40-42, 2010.

MAMEDE, F.C. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. 169f. Dissertação. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.

PEREIRA, M. A. R. **Bambu**: manejo e produção do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) cultivado na Unesp/Campus de Bauru e determinação de suas características físicas e de resistência mecânica. Relatório Fapesp, 2006.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S., **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini. 2003.

SABBATINI, F.H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**: formulação e aplicação de uma metodologia. 336 p. Tese. Universidade de São Paulo, 2003.

TAUIL, C.A., NESE, F.J.M., 2010, **Alvenaria estrutural**. São Paulo:PINI. 2010.

RECICLAGEM DAS GARRAFAS DE VIDRO COMO AGREGADO NA PRODUÇÃO DO CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO

Jhonatan da Cunha Antunes¹

Morgana Machado Medeiros²

Samira Volpato Becker³

Rodolfo Michels Godinho⁴

Resumo: O vidro é um elemento que está presente na sociedade há milhares de anos, descoberto por acaso, hoje ele tem um papel importante em muitos seguimentos, como na construção civil, indústria automobilística e nas embalagens. Apesar de possuir alta resistência e durabilidade, o descarte incorreto desse material, torna-se um problema para o meio ambiente pois seu processo de decomposição leva muito tempo, com isso se faz necessário estudos para utilizar os resíduos de vidro como uma tecnologia sustentável. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade de usar resíduos de vidro moído como agregado do concreto, substituindo a areia para fins estruturais. O estudo se fez presente pela abundância do resíduo de vidro no meio ambiente e pelo fato de o concreto aceitar diferentes agregados em sua composição. Os testes foram realizados em laboratórios com o uso de garrafas de cerveja provenientes de bares e restaurantes, essas garrafas foram trituradas e peneiradas em granulometrias de 355µm, 710µm e 850µm, assubstituições foram feitas em porções de 10%, 20%, 50% e 100% e curados em tanque com água em 7 e 28 dias. Após a cura, as amostras foram submetidas a testes de compressão que mostram que os corpos de prova de 20% e 100% de ambas asidades apresentam bonsresultados,se comparados a amostra convencional sem resíduos de vidro moído.

Palavras-chave: Vidro. Cimento. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Técnica Brasileira das Indústrias de Vidro (ABIVIDRO, 2019), o vidro se destaca por não perde suas propriedades, independentemente da quantidade de reciclagens. Outro ponto importante para que o vidro seja usado como de tecnologia sustentável é sua abundância. Apesar de ser 100% reciclável, o vidro apresenta uma baixa taxa de reciclagem para que possa ser introduzido novamente

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

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

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

⁴ Professor do curso de Engenharia Civil na Faculdade Capivari. E-mail: rodolfo@roldolfogodinho.com.br.

no processo e o principal motivo disso é a ineficiência da coleta, no qual a logística de transporte é economicamente inviável.

Em virtude da escassez de recursos naturais, de um destino adequado aos resíduos da construção e demolição, da necessidade de preservar o meio ambiente e visando a sustentabilidade, se faz necessário o desenvolvimento de materiais alternativos e o aproveitamento dos resíduos produzidos pelo setor da construção civil. (ROSÁRIO; TORRESCASANA, 2011, p. 2)

Segundo CEMPRE (2020), “O Brasil produz em média 980 mil toneladas de embalagens de vidro por ano, usando cerca de 45% de matéria-prima reciclada na forma de cacos”. A utilização de resíduos em concretos é um tema que ganha destaque devido à necessidade de descarte correto do material e pelo qual o concreto apresenta capacidade de adicionar diferentes resíduos em sua composição. O concreto é um importante material utilizado na construção civil, composto feito através da mistura do cimento, água, agregados graúdos (brita) e agregados miúdos (areia) em conjunto com outros materiais eventuais. Para redução da quantidade de vidros descartados, a alternativa de aproveitá-lo na construção civil, utilizando-o na elaboração de concreto torna-se um importante objeto de estudo. De acordo com PERES *et al.* (2013) “Buscando alternativas para a minimização desse problema, diversos estudos estão sendo desenvolvidos para testar a viabilidade da adição de resíduos de vidro como material alternativo”. O uso do vidro como substituto torna-se uma alternativa para aplicação desse resíduo e conseqüentemente favorece as famílias que dependem da 3 reciclagem como forma de renda, logo fica evidente a importância da reciclagem na conservação dos recursos naturais.

Procurando novos recursos e técnicas que possam ser utilizadas como alternativa para minimizar o impacto no meio ambiente e promover atividades sustentáveis, observou-se uma possível substituição do agregado (areia) pelo vidro na produção do concreto, como forma de reutilização. Sendo assim, com estudos e formas já implantadas em outros países visa-se o desenvolvimento sustentável com a preservação ambiental por meio da diminuição dos resíduos sólidos em aterros sanitários no Brasil

Para tornar a manufatura do vidro mais sustentável e diminuir o seu resíduo em aterros e lixões, esse estudo originou-se através de uma pesquisa que compõem bares e restaurantes, analisando que as garrafas de vidro não têm uma destinação e

uma reciclagem adequada. Desde então esse estudo tenta se aperfeiçoar para tentar diminuir e reutilizar essas embalagens.

Portanto, a presente pesquisa busca demonstrar a viabilidade da substituição da areia pelo vidro moído provenientes de garrafas de cerveja do tipo comum. Os resultados terão como objetivo demonstrar o uso desse material na produção de concreto como alternativa apropriada de destinação para este resíduo, sendo seu resultado comparado ao concreto tradicional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PANORAMA DA SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

O tema resíduos sólidos se torna muito evidente em todo o mundo e no território nacional brasileiro, principalmente com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), criada para o desenvolvimento e crescimento do país, com possibilidades ainda maiores de evoluir nas questões sociais, ambientais e econômicas. (Ministério do Meio Ambiente (BRASIL 2020b).

Conforme Pichtel (2005), o resíduo sólido pode ser definido como um material sólido com valores econômicos negativos, tornando o descarte mais barato do que seu uso, sendo assim, entra em contradição com os parâmetros atuais que ressaltam o valor econômico dos resíduos. A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) define resíduos sólidos como:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010)

Os resíduos sólidos podem ser classificados como: residenciais, comerciais, institucionais, construção e demolição, serviços municipais, centrais de tratamento, industriais e agrícolas, conforme NBR 10.004. (ABNT, 2004)

Segundo dados publicados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019), a geração per capita foi,

em média, de 1 quilo de resíduo por dia no ano de 2018. Foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos no Brasil nesse mesmo ano no total, 72,7 milhões foram coletados, ou seja, do montante de resíduos produzidos, 6,3 milhões de toneladas não foram coletadas da forma correta, tendo alta capacidade de poluição ambiental e consequências negativas à saúde.

Entre os recursos utilizados para o crescimento econômico e evolução social está a logística reversa, que busca possibilitar a reutilização dos resíduos sólidos no processo produtivo, reduzindo o descarte de materiais para a disposição no solo. A reciclagem mostrase nesse processo como uma das prioridades, visto que tem como objetivo a transformação de resíduos em novas matérias-primas ou produtos. Muitos setores vêm implantando ações para organizar sistemas de logística reversa a fim de introduzi-los no processo produtivo como insumo. (ABRELPE, 2019)

Em seu panorama dos resíduos sólidos no Brasil, a ABRELPE (2019) estima com base na série histórica do país, serão produzidas pelo brasileiro em 2030 o total de 100 milhões de toneladas. O setor de reciclagem apresenta algumas complicações, principalmente na área de coleta seletiva, recuperação de materiais e disposição final dos resíduos coletados, devido à coleta seletiva ainda não estar presente em todos os bairros. Os indicadores de reciclagem evoluem de forma insuficiente e os lixões ainda se fazem presentes em todo o país. Entretanto os demais países seguem evoluindo em direção a um modelo mais inovador e sustentável sobre a gestão de resíduos, enquanto os índices apresentados pelo Brasil ficam abaixo da média de nações com o mesmo grau de desenvolvimento. Compreende-se que o assunto reciclagem não é considerado prioridade na agenda política e social do país.

2.1.1 O Vidro

O vidro comum é um material que não se degrada e não se desfaz, porém, por ser inerte, não é nocivo para o meio ambiente e normalmente é utilizado para embalagens (em sua maior parte possui um destino 100% sustentável por ser um material totalmente reciclável). Porém, existe um percentual grande de descarte incorreto que são armazenados em locais inapropriados e acabam se tornando agentes transmissores e proliferadores de doenças. Sendo assim é preciso encontrar meios viáveis, econômicos, sociais e sustentáveis, para mudar o cenário atual (LANDIM *et al.*, 2015)

O vidro, em geral é uma substância amorfa, inorgânica e fisicamente homogênea, obtida pelo resfriamento de uma massa em fusão que endurece pelo aumento contínuo de viscosidade até atingir a condição de rigidez (ROMANO, 1998).

A matéria prima mais importante para a produção do vidro é o carbonato de sódio, conhecido popularmente como barrilha. “A barrilha é um produto higroscópico, ou seja, absorve umidade lentamente quando exposta a atmosfera úmida, sendo responsável pela aglomeração do produto” (COELHO, 2009).

O vidro possui um dos recursos naturais mais preciosos, a areia, e é obtido a partir de uma reação de fusão entre o carbonato de sódio (Na_2CO_3), mais conhecido como barrilha ou soda, com o calcário (CaCO_3) e a sílica presente na areia (SiO_2), que são aquecidos a $1500\text{ }^\circ\text{C}$, essa é a mistura que se dá ao vidro que conhecemos. O vidro pode passar por esse processo infinitas vezes sem perda de qualidade ou pureza do produto.

Se mantiverem as atuais tendências de crescimento da população mundial, ocorrerá cada vez mais, industrialização, contaminação ambiental, produção de alimentos e esgotamento dos recursos naturais, o planeta alcançará os limites de seu crescimento no curso dos próximos cem anos. O resultado mais provável será um súbito e incontrolável declínio tanto da população como da capacidade industrial. (MEADOWS et al., 1973, p.40 apud ROMAN, 1996, p. 7).

O vidro é um produto que se destaca por suas propriedades físicas, contém alta conservação e transparência, possui resistência à água, solventes e alguns tipos de ácidos. Como aponta a ABIVIDRO (2020), o vidro decompõe-se após 5 mil anos, entretanto pode ser reutilizado muitas vezes. No Brasil, a reciclagem desse material mobiliza R\$ 120 milhões por ano.

Conforme o anuário estatístico publicado pelo Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2019), os cacos de vidros reciclados e triturados podem substituir uma parcela da 6 matéria-prima mineral virgem, essa substituição traz benefícios para o racionamento de energia, de matéria prima e de uso de água.

Segundo dados publicados pelo CEMPRE (2020) “Cerca de 47% das embalagens de vidro foram recicladas em 2011 no Brasil, somando 470 mil ton/ano. Desse total, 40% são oriundos da indústria de envase, 40% do mercado difuso, 10% do “canal frio” (bares, restaurantes, hotéis etc.) e 10% do refugo da indústria”.

2.1.2 Referências em reciclagem

Reciclagem é um termo utilizado para indicar o reaproveitamento e reutilização de um material no mesmo processo que por alguma razão foi descartado. O vidro pode ser reaproveitado para criar outros materiais, o processo se dá pelo seu derretimento ou sua moagem, dependendo da finalidade do seu uso, sendo necessário, muitas vezes, separá-los por cores.

Um exemplo de reutilização deste resíduo está na Austrália: o país já utiliza o vidro moído proveniente do lixo em concretos para construção (CRENTSIL; BROWN; TAYLOR, 2001). A Austrália é o país que mais utiliza vidro moído proveniente de reciclagem como agregado para produzir concreto. O material chega a ser usado em taxas de 10% a 20%, como substituto da areia, para a construção de vigas, pilares e lajes, além de elementos nãoestruturantes – neste caso, em taxas que podem substituir a areia em até 50%. (CIMENTO ITAMBÉ, 2015). Também foram apresentadas recomendações para o uso deste material em concretos no estado de Nova York (MEYER; XI; MATER, 1999).

Países como Alemanha e Suíça destacam-se no assunto reciclagem, pois seus cidadãos são responsáveis pelo descarte correto dos materiais reutilizáveis e não reutilizáveis. O vidro, por exemplo, deve ser descartado em caçambas de lixo utilizadas especialmente para o seu descarte sendo separados de acordo com sua cor. Segundo o CEMPRE (2020), o índice de reciclagem das embalagens de vidro no ano de 2010 na Alemanha foi de 87% e na Suíça de 95%

A Europa tem as taxas de reciclagem de vidro mais significativas do mundo devido aos esforços de seus continentes. Segundo a Federação Europeia de Vidro para Contêineres (FEVE, 2015), a taxa média de reciclagem da União Europeia atingiu a marca de 73% para embalagens de vidro em 2015: são mais de 25 bilhões de contêineres de vidro. Os países da União Europeia que se destacam no setor são: Suécia, Bélgica, Luxemburgo, Áustria e a Alemanha.

No Brasil, a reciclagem desse resíduo ainda é pouco utilizada, uma vez que o aterro é uma opção muito mais barata e a disponibilidade de matéria-prima para materiais de construção é abundante. Vale ressaltar que para a reutilização do vidro, fatores como impurezas, gastos com transportes proibitivos, cores diferentes que precisam ser separadas, entre outros precisam ser considerados.

2.1.3 Materiais alternativos na construção civil e incorporação do vidro na produção de concreto/argamassa cimenteira

Os materiais como pedra, galhos e terra eram muito utilizados na execução de obras de engenharia pelos homens em sua origem. Após a revolução industrial no século XVIII surgiram os materiais que hoje são vistos como produtos de construção convencionais. Devido ao amplo uso dos materiais convencionais, houve o esquecimento de novas buscas por materiais não convencionais (BARBOSA, 2005).

Menezes et al (2009) apresentam em seu estudo o uso do resíduo da serragem do granito e de resíduos da construção civil como materiais alternativos para a produção de argamassas. Os autores elaboraram composições de argamassas utilizando de forma parcial os resíduos em substituição à cal. Esses corpos de prova foram curados por 7, 14, 28 e 60 dias, posteriormente sendo determinada sua resistência à compressão simples. Os resultados mostraram que a troca do aglomerante por resíduos na elaboração de argamassas pode ser realizada em teores de até 50%. Os resíduos com atividade pozolânica geram melhorias na resistência à compressão simples das argamassas.

Galvão, Farias e Souza (2013) estudaram a produção de blocos cerâmicos com o resíduo de vidro moído como material alternativo. O pó de vidro foi analisado por granulometria a laser, fluorescência e difração de Raios X. Os resultados mostraram que o uso do vidro como parte da composição dos blocos cerâmicos produz blocos mais leves e com melhor resistência térmica. Os autores concluíram que o pó de vidro tem capacidade de ser reutilizado na construção de blocos cerâmicos por obter quantidade significativa de óxido de silício.

Sgobero e Alves (2015) qualificaram em sua pesquisa a adição de agregados finos de vidro reciclável ao asfalto como alternativa sustentável, utilizando o vidro como substituto da areia. Utilizaram como metodologia o ensaio Marshall (DNER-ME 043) bem como a norma para pavimentação de concreto asfáltico com asfalto polímero (DNER, 1999). A conclusão desse estudo mostrou que o uso de vidro no asfalto é de enorme utilidade por ser um composto inorgânico que é incapaz de ser decomposto ou queimado. As conclusões obtidas nesta pesquisa foram aprovadas por norma e comprovam a utilidade dessas partículas em substituição a areia.

2.1.4 A importância da reciclagem na renda dos trabalhadores que vivem dessa atividade

As atividades de reciclagem são feitas por associações, cooperativas e pessoas autônomas, formadas exclusivamente por pessoas físicas de baixa renda reconhecidas pelo poder público como catadores de materiais recicláveis. A importância da reciclagem e dos trabalhadores que atuam nessa área é de extrema relevância, pois são a base da cadeia hierárquica da economia e do meio ambiente. Conforme o Ministério do Meio Ambiente do Brasil os catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis desempenham papel fundamental na implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), com destaque para a gestão integrada dos resíduos sólidos. De modo geral, atuam nas atividades da coleta seletiva, triagem, classificação, processamento e comercialização dos resíduos reutilizáveis e recicláveis, contribuindo de forma significativa para a cadeia produtiva da reciclagem. (BRASIL, 2020a).

Há muitas pessoas que dependem desse ramo como forma de ganho e sustento, muitas famílias brasileiras se mantêm através da reciclagem. Com base em dados do movimento nacional dos catadores de materiais recicláveis, estima-se que existam cerca de 800 mil catadores e catadoras em atividade no país. A maior parte dos catadores são do gênero feminino, cerca de 70% da categoria. Os catadores são responsáveis pela coleta de 90% de tudo que é reciclado hoje no Brasil. Há diversas estimativas de que catadores variam entre 300 mil a 1 milhão de pessoas sobrevivendo da coleta de materiais recicláveis, segundo levantamento do Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis e Departamento de Economia da Universidade Federal da Bahia (MNCR, 2019).

Em 2019 catadores deram relatos ao Jornal Nacional sobre como é coletar, classificar o vidro e, principalmente, o custo e benefício deste resíduo. O Papelão é um material de rotatividade no mercado de reciclagem e os catadores vendem. O metal e o plástico são recicláveis, mas o vidro acaba sendo um problema. “É ruim porque pode quebrar, tem que ter um cuidado para não se cortar. Fora que é muito difícil até para repassar. É muito volume para pouco dinheiro”, diz a catadora Erismaura Pereira dos Santos.

Na cidade de São Paulo, por exemplo, os catadores recebem, em média, R\$ 0,18 pelo quilo do vidro. Já um quilo de papelão rende R\$ 0,58, de garrafas pet, R\$

2,80. E um quilo de latinhas de alumínio vale, em média, R\$ 5,30. O professor de economia ambiental Sabetai Calderoni, presidente do Instituto Brasil Ambiente, diz que transportar o vidro até as poucas indústrias que fazem a reciclagem, normalmente, não compensa. (G1, 2019).

Em Santa Catarina o cenário é ainda pior para os catadores, segundo dados da CEMPRE, (2020) o vidro é vendido a R\$ 0,08 quilograma. O papelão rende R\$ 0,41 as garrafas pet R\$ 2,10 e um quilo de latinhas de alumínio R\$ 4,20.

Apesar de ainda ser um material difícil para coletar, devido à compreensão e conscientização da própria população com esse tipo de resíduo, o vidro tem suas vantagens. Completando a matéria do Jornal conforme relatos de Calderoni, “A reciclagem do vidro, o aproveitamento do caco de vidro faz com que nós tenhamos economia de energia, tenhamos economia de água, tenhamos redução das emissões poluentes” (G1, 2019).

Todo processo de reciclagem, além de preservar o meio-ambiente, fornece um acréscimo econômico, pois gera muita mão de obra além de serviços de terceirizados. Para ajudar a classificar e dar uma destinação final ao resíduo gerado, a PNRS auxilia na redução de resíduos, disposição final para acompanhar o ciclo de vida dos produtos. A fim de evitar ainda mais o agravante de descarte e consumo incorreto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) Lei nº 12.305/2010 determina, em seu art. 1º, §1º: Estão sujeitas a 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 gerenciamento de resíduos sólidos. (BRASIL, 2010)

3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para compor este estudo foi utilizada a pesquisa bibliográfica e de campo. 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 pesquisa de campo no presente estudo se fez presente por meio da realização de conversas informais com proprietários de bares e restaurantes do município de Tubarão, a fim de levantar dados com relação à utilização e destinação

final das garrafas de vidro de cervejas utilizadas nos estabelecimentos comerciais visitados. Marconi e Lakatos (2015, v. 7, p.69) afirmam que a pesquisa de campo tem por objetivo “conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles”.

Após as conversas informais com os proprietários dos estabelecimentos, pode-se verificar a destinação de forma inadequada das garrafas de cerveja, porque não há no município, na região e no entorno, empresas que colem as garrafas e façam a reciclagem. Apesar de ser retornável, muitas empresas distribuidoras de bebidas não fazem a logística reversa, gerando um acúmulo de garrafas nos estabelecimentos, sendo, portanto, um problema, como relataram a maioria dos estabelecimentos. Com essas informações coletadas, prosseguiram-se os estudos experimentais com as garrafas cedidas pelos próprios estabelecimentos visitados. Com base nas pesquisas bibliográficas realizadas, foi possível afirmar que o resíduo de vidro vem sendo estudado e utilizado em vários experimentos como agregado do concreto, substituindo a areia quartzosa.

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 e Mecânica. Para a realização dos ensaios experimentais, como já mencionado, foram coletados resíduos de garrafa de vidro (RGV) em bares e restaurantes no Município de Tubarão – SC, que foram cedidas pelos proprietários de diversos estabelecimentos. No Quadro 01 a seguir, são demonstrados os materiais utilizados para o teste de experimento:

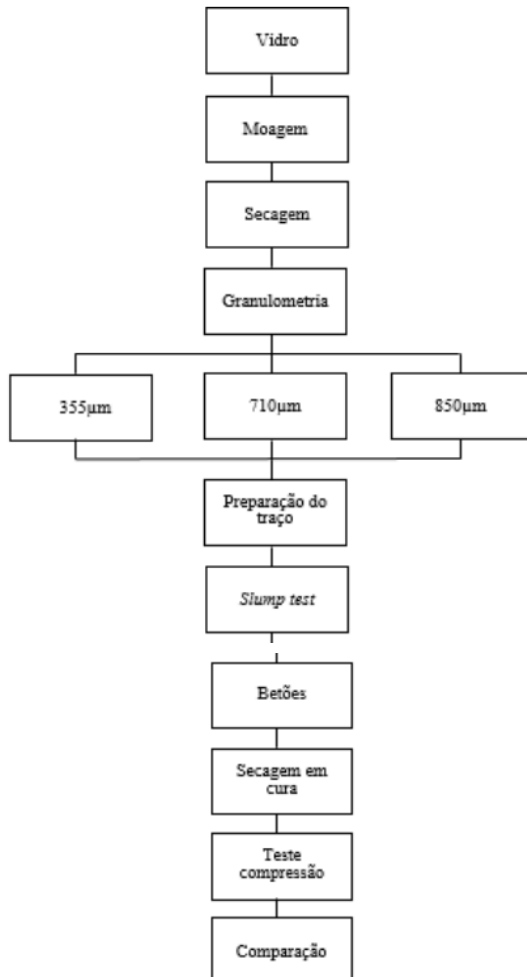
Quadro 1 – Materiais e equipamentos utilizados.

<p>Equipamentos: Triturador Balança eletrônica Estufa Bacias de alumínio Peneiras Granulométricas Paquímetro Trena métrica Prensa Hidráulica Caixa d'água 1000 L Moldes Cilíndricos PVC – 100mm de Diâmetro e 200mm de Altura Barra de Ferro Carrinho de mão Tronco de cone</p>	<p>Materiais: Garrafas de vidro Cimento Portland CII-F-32 Areia Brita nº 2 Água Óleo de Máquina</p>
---	--

Fonte: Do autor, 2020.

O fluxograma foi desenvolvido com o objetivo de representar esquematicamente o procedimento utilizado, compreendendo desde a classificação das garrafas de vidro até a comparação de resistência entre os materiais.

Figura 1 – Fluxograma.



Fonte: Do autor, 2020.

As garrafas coletadas são originadas de cerveja de 600ml com coloração marrom (âmbar). Inicialmente elas foram lavadas para retirar todo o tipo de resíduo da parte interior e exterior, além da remoção dos rótulos. Após a limpeza, as garrafas passaram pelo processo de moagem que foi realizado de forma mecanizada por uma máquina trituradora, conforme a Figura 2

Figura 2 - Triturador mecânico.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Figura 3 – Vidro Moído e Classificado



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Após triturar todo o resíduo de vidro, a areia que também foi utilizada posteriormente no procedimento foi levada com o vidro à estufa e aquecidos a uma temperatura de 130 °C por 48h para retirar a umidade que ainda restava. Em seguida, foi realizada a classificação conforme Figura 3, em peneira granulométrica com aberturas de 355µm, 710µm e 850µm, em que a granulometria do resíduo foi feita de acordo com a ABNT NBR NM 248 (ABNT, 2003), que prescreve o método para a determinação da composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos. Vale ressaltar que ao passar por classificação granulométrica do vidro, a areia passou pelo mesmo procedimento granulométrico nas peneiras já utilizadas anteriormente. A etapa seguinte foi separar todos os materiais, cimento, vidro, areia, brita e água e agregar na preparação do material em forma de betões, com substituição da areia parcial e integral pelo vidro nas porcentagens de 0%, 10%, 20%, 50% e 100%.

Ao realizar a preparação dos materiais, foi escolhido o traço do concreto que foi ajustado de acordo com as necessidades para garantir a qualidade e durabilidade da obra, o traço utilizado para essas amostras foram 1:2:3, ou seja: 1 de cimento, 2 de areia/vidro e 3 de brita. Após escolher o traço, foram realizados testes de abatimento para determinar a consistência do concreto pelo método de slump test, conforme a norma ABNT NBR NM 67 (ABNT, 1998). De acordo com Ripper (1995), os valores de abatimento para a consistência/trabalhabilidade do concreto para fundações e muros não armados devem ser considerados firmes, e seu valor de abatimento no mínimo 20mm e máximo 60mm, portanto é necessário ter cautela

quanto ao tipo de construção que o material será utilizado. A Figura 4 demonstra o Slump Test das amostras.

Figura 4 - *Slump Test*



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Figura 5 – Corpos de prova (PVC)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Após realizar o slump test, as amostras de concreto foram colocadas em moldes de policloreto de vinila (PVC) de formato cilíndrico com dimensões de 100 x 200mm, conforme demonstrado na Figura 5, os moldes receberam uma leve camada de óleo mineral no seu interior para lubrificação, facilitando assim a remoção do material, e os corpos de prova foram preenchidos com concreto onde foram realizados em 2 camadas, necessitando de 12 golpes cada camada com haste de ferro para adensamento do material. Cada amostra foi feita em duplicata e, ao finalizar o preenchimento com concreto, os corpos de prova ficaram secando em temperatura ambiente por 24 horas. Após a secagem os corpos de prova foram desmontados, identificados e levados para a cura em uma solução saturada de hidróxido de cálcio representados nas Figuras 6 e 7, na qual ficaram submersos em uma caixa d'água com aproximadamente 500 litros por 7 e 28 dias, onde ficaram bem protegidos de qualquer ação sobre o experimento. Todo procedimento foi realizado conforme a norma ABNT NBR 5738 (ABNT 2015).

Figura 6 - Identificação dos corpos



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

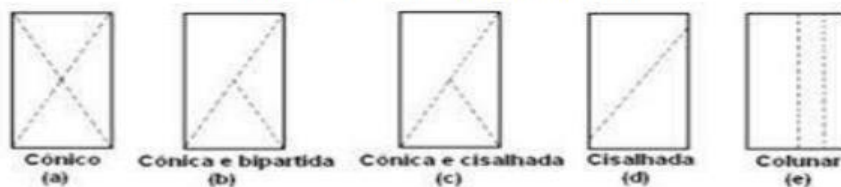
Figura 7 - Cura em solução de hidróxido



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Passados o tempo de cura de 7 e 28 dias, os corpos de prova foram para o teste de compressão, sendo que nesta etapa foi utilizada uma prensa hidráulica conforme padrão ABNT NBR 6156 — máquina de ensaio de tração e compressão — verificação (ABNT, 1983). Antes da realização do teste foram coletadas as medidas com um paquímetro de cada corpo. Os primeiros corpos analisados foram os de 7 dias, em que, após medição foi colocado sobre prato da prensa e posicionados na vertical, então foi aplicado uma carga de rompimento sobre o corpo de prova até sua resistência. Cada corpo de prova apresentou algum tipo de ruptura (Figura 8) de acordo com ABNT NBR 5739 — Ensaio de compressão e corpos de prova cilíndrico (ABNT, 1994). O mesmo procedimento foi realizado com as amostras após 28 dias.

Figura 8 – Tipos de ruptura do corpo de prova



Fonte: ABNT (1994).

4 RESULTADOS

A partir da bibliografia estudada e ao analisar a região de estudo é possível afirmar que ele traz efeitos negativos, poluindo o meio ambiente devido à falta de local adequado para seu descarte na região. Após se basear em pesquisas sobre a viabilidade técnica do mesmo ser incluso na produção de concreto convencional como meio alternativo para uma destinação apropriada do resíduo, foi relacionado um projeto experimental de resistência de compressão do concreto e Slump Test.

Os resultados obtidos para o Slump Test são observados na Tabela 1 a seguir, corroborando com os estudos de Ripper (1995):

Tabela 1 – Resultados da substituição de peso % de areia por vidro moído sobre o abatimento do concreto

Corpos de Prova (% de substituição)	Abatimento (<i>Slump</i>) cm
0%	4,50
10%	3,50
20%	2,00
50%	2,80
100%	3,20

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

A análise de resistência à compressão é fundamental para argamassas e concretos. Segundo Koller *et al.* (2007) “a resistência está diretamente relacionada com a durabilidade e a segurança, pois mede a capacidade de carga dos materiais”. Os testes caracterizam a resistência do concreto à compressão, ou seja, a tensão que o concreto tem capacidade de resistir a determinada ruptura.

A resistência à compressão deve ser obtida dividindo-se a carga da ruptura pela área da seção transversal do corpo-de-prova, devendo o resultado ser expresso com aproximação de 0,1 MPa (ABNT, NBR NM 5739, 1994). No Quadro 2 a seguir, são apresentados resistência à compressão (em MPa) de cada corpo de prova:

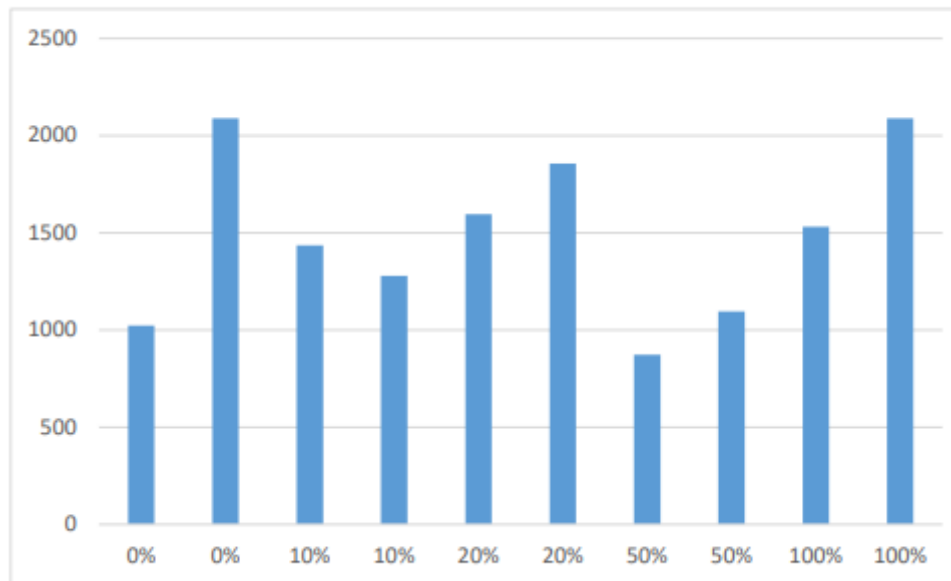
Quadro 2 – Caracterização dos corpos-de-prova nas diferentes proporções de resíduo

Tempo de cura	% de Substituição	Corpos de prova	(D) Diâmetro	(H) Altura	(A) Área	(Fr) Carga de Rompimento (kgf)	Resistência à compressão (MPa)
7 Dias	0%	1	10	20	78,5	1023	13,03
	0%	2	10	20	78,5	2089	26,60
	10%	3	10	20	78,5	1436	18,28
	10%	4	10	20	78,5	1279	16,28
	20%	5	10	20	78,5	1596	20,32
	20%	6	10	20	78,5	1856	23,63
	50%	7	10	20	78,5	873	11,12
	50%	8	10	20	78,5	1096	13,96
	100%	9	10	20	78,5	1531	19,49
	100%	10	10	20	78,5	2089	26,60

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Os testes realizados apresentam um comparativo ao longo do tempo de cura de 7 e 28 dias para as amostras duplicadas em relação a cada substituição e adição do agregado vidro moído. A primeira etapa do teste de resistência à compressão foi realizado com os corpos de prova após 7 dias de cura. Iniciou-se analisando a resistência com a amostra de referência, ou seja, 0% de substituição por vidro moído, em que a amostra rompeu com uma carga máxima de 2.089 kgf. No teste seguinte, com o acréscimo de 10% de resíduo de vidro moído, a amostra rompeu a 1.436 kgf, reduzindo aproximadamente 31% do valor de referência. Já o corpo de prova com 20% de resíduo de vidro moído mostrou-se mais resistente rompendo a 1.596 kgf, reduzindo 24% a resistência. A amostra com 50% de substituição, rompeu com uma carga máxima de 1096 kgf, ou seja, 48% menor que o valor de referência, e a amostra com 100% de substituição de resíduo de vidro moído rompeu com a mesma carga de 0% de substituição, ou seja, 2089 kgf, como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Carga de Rompimento (kgf)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Na segunda etapa do experimento realizou-se o teste após 28 dias de cura. A resistência de característica do concreto à compressão é apresentada na Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Caracterização dos corpos-de-prova nas diferentes proporções de resíduo

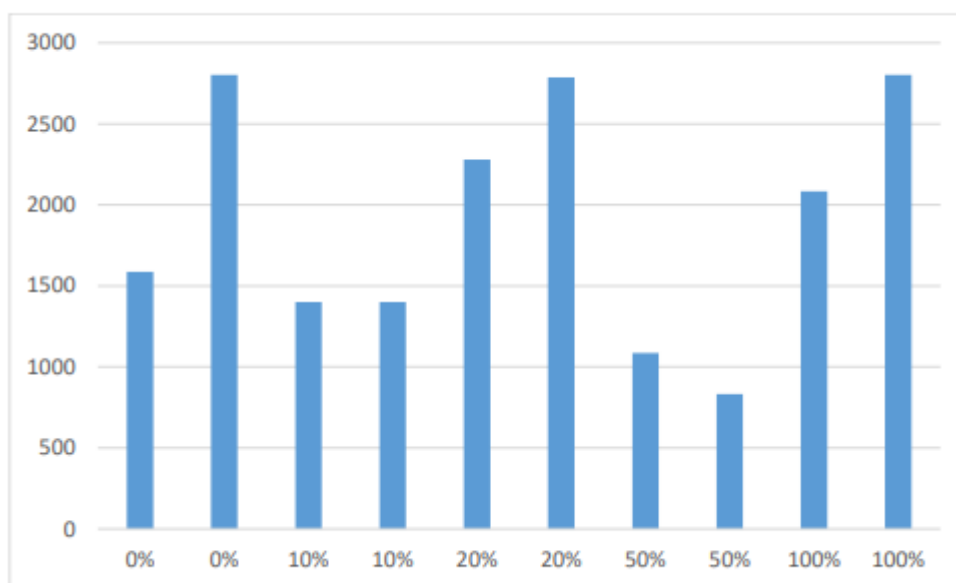
Tempo de Cura	% de Substituição	Corpos de prova	(D) Diâmetro	(H) Altura	(A) Área	(Fr) Carga de Rompimento (kgf)	Resistência à compressão (MPa)
28 Dias	0%	1	10	20	78,5	1586	20,19
	0%	2	10	20	78,5	2803	35,69
	10%	3	10	20	78,5	1400	17,83
	10%	4	10	20	78,5	1400	17,83
	20%	5	10	20	78,5	2280	29,03
	20%	6	10	20	78,5	2787	35,46
	50%	7	10	20	78,5	1085	13,81
	50%	8	10	20	78,5	833	10,61
	100%	9	10	20	78,5	2083	26,52
	100%	10	10	20	78,5	2803	35,69

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Após 28 dias, o corpo de prova de referência (0% de substituição) rompeu com uma carga máxima de 2.803 kgf, ou seja, 34% maior em relação ao teste de 7 dias. O

corpo de prova com 10% de resíduo de vidro moído rompeu com 1.400 kgf, reduzindo em 50% a sua resistência em relação ao valor de referência. As amostras com 20%, romperam com carga máxima de 2787 kgf, com praticamente a mesma carga do valor de referência. Já a amostra com 50% de substituição, rompeu com carga máxima de 1085 kgf, ou seja 62% menor que a amostra de referência. Destaca-se como maior resistência à compressão, a amostra com 100% de resíduo de vidro moído, rompendo com a mesma carga da amostra de referência, como mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2 – Resistência à compressão



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Após o teste de compressão é possível analisar a sua resistência de acordo com a sua ruptura em cada corpo de prova, analisando apenas a sua forma, de acordo com a ABNT NBR 5739. As Figuras 9, 10, 11 e 12 apresenta algumas formas de ruptura dos corpos de provas analisados.

Figura 9 – Ruptura do corpo de prova:
Ruptura Cônica (10%)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Figura 10 – Ruptura do corpo de prova:
Ruptura Cônica Cisalhada (20%)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Figura 11 – Ruptura do corpo de prova:
Ruptura Cisalhada (50%)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Figura 12 – Ruptura do corpo de prova:
Ruptura Colunar em forma de Cones (0%)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Segundo Polley et al. (1998), a diminuição da resistência à compressão do concreto com o aumento da massa de vidro adicionada pode ser associada à diferença na força de ligação entre a pasta (cimento mais água) e o agregado. As forças de ligação entre as partículas de vidro e a pasta são mais fracas se comparadas com a ligação da pasta com as partículas de agregados naturais. Logo, um aumento da massa de vidro no concreto aumenta a massa de agregado ligada mais fracamente à pasta

Os resultados demonstram que a adição de 20% de vidro moído sobre o peso da areia manteve a resistência média sobre a resistência do material de referência, e aumentou em 50% o valor da sua resistência após 28 dias de cura em relação ao seu valor após 7 dias. A partir daí, o aumento da porcentagem de vidro (de 50%) acarretou uma redução na tensão média de ruptura. A manutenção do valor da tensão média de ruptura registrada com a adição de 20% de vidro sobre a areia, pode ser relacionado diretamente com o efeito do preenchimento de vazios pelo aumento da quantidade de partículas no agregado já descrito anteriormente. Acima desta porcentagem, o aumento progressivo da massa adicionada poderia ter como efeito uma hidratação insuficiente dos sólidos acarretando o aumento dos vazios da massa, com a consequente redução da tensão média de ruptura dos corpos de prova, o que estaria corroborado pelos resultados mostrados no Quadro 2 e 3, e com os estudos realizados por López et al. (2005).

Com relação a substituição de 10% da areia por vidro moído, este resultado precisa ser melhor analisado e aprofundado em trabalhos futuros, realizando outros estudos e ensaios comparando os resultados com a amostra de referência e a literatura, já que os valores obtidos para a resistência à compressão foram menores quando comparados aos valores para 20% de substituição. Apesar disso, os resultados corroboram com o trabalho realizado por Cordeiro e Montel (2015).

A substituição total ou parcial dos agregados miúdos por vidro moído, quando se analisa apenas as resistências finais, apresentou-se satisfatória, sendo que, na maioria dos trabalhos, a substituição em torno de 20% mostrou-se mais eficaz. No trabalho de Oliveira, Gomes e Santos (2008), a substituição total dos agregados miúdos por vidro processado apresentou resistências finais substancialmente iguais ou superiores ao traço referência, justificando-se, assim, os ensaios com substituição total dos agregados por este material alternativo. No traço com 100% de substituição, a resistência obtida foi potencialmente igual a do concreto referência. Vale salientar que durante a concretagem manteve-se constante a relação água/cimento/brita para todos os traços, independentemente da porcentagem de substituição.

5 CONCLUSÃO

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

Portanto, é possível perceber que a reciclagem do vidro traz como benefício a produção de renda dessa atividade, desde a coleta até o transporte necessário para encaminhar os resíduos. Além desse grande benefício para as famílias que utilizam dessa renda, a reciclagem do vidro traz para a sociedade a diminuição da poluição ao meio ambiente, por meio da redução de utilização de recursos naturais, amenizando o descarte de resíduos.

Os resultados obtidos nessa pesquisa com relação ao teste de compressão referente ao ensaio com 7 dias de cura mostram-se satisfatórios quando comparados à amostra de referência (0%), exceto o corpo de prova que continha em sua composição 50% de resíduo de vidro moído, que apresentou baixa resistência: cerca de 48% menor que a amostra de referência. A amostra com 100% do material mostrou-se mais resistente com relação às demais peças com menor porcentagem de resíduo de vidro.

Os testes realizados com 28 dias de cura também se apresentaram satisfatórios. Os valores obtidos para 0% e 100% de substituição, mostraram os mesmos resultados, e a substituição por 100% apresentou o maior valor. As peças que possuem 20% do resíduo mostraram-se com melhor resistência comparando-as às peças de 10% e 50%.

Após analisar os testes de resistência à compressão e respeitar seu tempo de cura, os corpos de prova com 28 dias apresentam maior estabilidade e aumento nos resultados obtidos com relação à resistência à compressão. Pode-se observar um aumento de 34% de resistência na amostra de referência (0%), uma estabilidade nos resultados para 10% e 50% de substituição, e aumento de 50% na resistência para a amostra com 20% de substituição de vidro moído.

Os traços com substituição parcial ou integral do agregado miúdo, atendem ou superam a resistência do traço referência (0% de substituição), ou seja, na idade de 28 dias a resistência dos corpos de prova estudados são maiores ou potencialmente iguais aos traços que utilizam agregados naturais. Não há diferenças estatisticamente

relevantes em comparação ao traço referência no quesito de durabilidade do material analisado, para os traços de 20 e 100% de substituição. Espera-se que o agregado, por se tratar de material vítreo, seja quimicamente inerte ou pouco reativo, e que os elementos cimentícios apresentem baixos fatores de índice de vazios. A utilização do resíduo de vidro como agregado na produção do concreto deve ser vista como uma grande aliada na implantação de novas tecnologias mais sustentáveis devido às vantagens significativas que ele traz. Além de gerar mais empregos, a sua reciclagem traz benefícios ao meio ambiente, evitando o descarte em aterros e diminuindo o consumo de matéria prima e energia.

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 do resíduo em substituição da areia na produção de concretos tende a reduzir o custo do concreto, visto que, promove a redução da quantidade de areia a ser usada, bem como a diminuição dos impactos ambientais na extração desse material.

A incorporação dos resíduos vítreos 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. Ainda, este resíduo oferece riscos às pessoas, pois tais materiais possuem grande dureza e lâminas afiadas, o que pode gerar acidentes e, também, apresentam tempo elevado para se decompor naturalmente.

Logo, essa pesquisa demonstra a viabilidade técnica da substituição do agregado fino (areia) por vidro moído. Entende-se aqui também, que serão necessárias novas pesquisas para a avaliação de todo o potencial da utilização do vidro moído como material agregado ao concreto, dentre eles alguns testes sugeridos como: tração por compressão diametral, módulo de elasticidade, tração na flexão, índices de vazios, absorção de água, massa específica aparente 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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017/2018**. São Paulo: ABRELPE, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 10.004: resíduos sólidos classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248**: Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 5739**: concreto: ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

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. **NBR NM 6156**: máquina de ensaio de tração e compressão: verificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DO VIDRO. **Vidro**: o resíduo infinitamente reciclável. Disponível em: <https://abividro.org.br/2019/02/07/vidro-o-residuo-infinitamente-reciclavel/>. Acesso em: 21mar. 2020.

BARBOSA, Normando Perazzo. **Considerações sobre materiais de construção convencionais e não convencionais**. João Pessoa: Publicação do Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas do Centro de Tecnologia da UFPB, 2005.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 30 ago. 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário estatístico**: setor de transformação de não metálicos. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Brasília: SGM, 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Catadores de materiais recicláveis**. 2020a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadoresde-materiais-reciclaveis>. Acesso em: 25 abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2020b. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politicanacional-de-residuos-solidos>. Acesso em: 10 mai. 2020.

CEMPRE. **Compromisso Empresarial para Reciclagem**. Disponível em: <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/6/vidro>. Acesso em: 21 mar. 2020.

CEMPRE. **Serviços: preço do material reciclado**. Disponível em: <http://cempre.org.br/servico/mercado>. Acesso em: 18 ago. 2020

CIMENTO ITAMBÉ. **Uso de vidro moído como agregado limita o concreto**. 2015. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/vidro-moido-como-agregado/>B>. Acesso em: 04 abr. 2020.

COELHO, Ricardo Motta Pinto. **Reciclagem e desenvolvimento sustentável no Brasil**. Belo Horizonte: Recóleo, 2009.

CORDEIRO, R.S., MONTEL, A. L. B. Estudo da viabilidade para a produção de concretos com adição de resíduos de vidro em substituição ao agregado miúdo na cidade de PalmasTO. **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 2, n. esp., p. 104-123, 2015.

CRENTSIL, K. S., BROWN, T., TAYLOR, A. **Recycled glass as sand replacement in premix concrete**. [S.l.]: EcoRecycled Australia and CSIRO, 2001.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Pavimentação: concreto asfáltico com asfalto polímero**. DNER-ES, 1999.

EUROPEAN CONTAINER GLASS FEDERATION (FEVE). **Glass Recycling Hits 73% in the EU. 2015**. Disponível em: <http://feve.org/glass-recycling-hits-73-eu/>. Acesso em: 26 abr. 2020.

G1. **Jornal Nacional**. Projeto facilita coleta e reciclagem de vidro e gera empregos em São Paulo. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornalnacional/noticia/2019/07/12/projeto-facilita-coleta-e-reciclagem-de-vidro-e-gera-empregosem-sao-paulo.ghtml>. Acesso em: 25 abr. 2020.

GALVÃO, Álvaro César Pontes; FARIAS, Aline Cristina Mendes; SOUZA, Luiz Guilherme Meira. Viabilização de rejeitos de vidro para produção de tijolos cerâmicos. **Holos**, v.4, p. 59-69, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481548606006.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2020.

KOLLER, D.R.P. **et al**. Avaliação da resistência à compressão de argamassas produzidas com vidro moído. Disc. **Scientia: Ciências Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria, v. 8, n. 1, 2007.

LANDIM, Ana Paula Miguel *et al*. Sustentabilidade quanto as embalagens de alimento no Brasil. **Polímeros**. São Carlos, v. 26, n. spe, p. 82-92, 2016. Disponível

em: <https://www.scielo.br/pdf/po/2016nahead/0104-1428-po-0104-14281897.pdf>.
Acesso em: 11 maio 2020.

LÓPEZ, D. A. R., AZEVEDO, C. A. P., BARBOSA NETO, E. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino. **Cerâmica**, São Paulo, v. 51, n. 320, p. 318-324, out./dez. 2005.

MENEZES, R.R. *et al.* **Reciclagem de resíduos da construção civil para a produção de argamassas Cerâmica**, São Paulo, v. 55, n. 335, p. 263-270, set. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S036669132009000300005&lng=e n&nrm=iso. Acesso em: 26 abr. 2020.

MEYER, C.; XI, Y.; MATER, J. **Civil Eng.** ASCE, v. 11, n. 1, 1999.

MOVIMENTO NACIONAL DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLAVEIS. **Quantos Catadores existem em atividade no Brasil?** 2019. Disponível em: <http://www.mncr.org.br/sobre-o-mncr/duvidas-frequentes/quantos-catadores-existem-em-atividade-no-brasil>. Acesso em: 25 abr. 2020.

OLIVEIRA, L; GOMES, J; SANTOS, P. **Avaliação de Desempenho da Substituição da Areia Natural por Areia de Resíduos de Vidro em Betões Estruturais**. Encontro Nacional Betão Estrutural, Guimarães, 2008.

PERES, João Geraldo Molinari *et al.* Estudo da viabilidade da adição de resíduos de vidro moído na produção de argamassa cimentícia. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 10, n. 4, 2013.

PICHTEL, John. **Waste management practices: municipal, hazardous, and industrial**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2005.

POLLEY, C. *et al.* **Potencial para usar astevidro em concreto de cimento Portland**. J Materiais em Engenharia Civil, ASCE, p. 210-219, 1998.

RIPPER, Ernesto. **Como evitar erros na construção**. 3. ed. rev. São Paulo: Pini, 1995.

ROMAN, Carla Rose. A ciência econômica e o meio ambiente: uma discussão sobre crescimento e preservação ambiental. **Teor. Evid. Econ.**, Passo Fundo, v. 4, n. 7/8, p. 99- 109, maio/nov. 1996.

ROMANO, A.S. **Vidro**: iniciação científica (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 1998.

ROSÁRIO, Thaís Do; TORRESCASANA, Carlos Eduardo Nunes. **Tijolos de solocimento produzidos com resíduos de concreto**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2011.

SGOBERO, Jessica Bellanda; ALVES, Paulo Renato de Castro. **Análise do estudo com mistura de concreto asfáltico denso com resíduos de vidro**. IX EPCC – Encontro internacional de produção científica UniCesumar, 2015. Disponível em: http://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/handle/123456789/2850/Jessica_Bellanda_Sgobero.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 29 mar. 2020.