



**FACULDADE VÉRTIX TRIRRIENSE – UNIVÉRTIX
SOCIEDADE EDUCACIONAL GARDINGO LTDA. – SOEGAR**

TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA CIVIL 2021/02



COORDENAÇÃO DE CURSO:

PROF^a. Esp. RITA DE CÁSSIA TEIXEIRA ASSIS

PROFESSOR RESPONSÁVEL:

PROF. M.Sc. PEDRO GENUÍNIO DE SANTANA JÚNIOR

**TRÊS RIOS – RJ
2021**

SUMÁRIO

ANÁLISE E RECUPERAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO EM TRÊS RIOS - RJ.....	1
INCORPORAÇÃO IMOBILIÁRIA: ESTUDO DE CASO EM TRÊS RIOS/RJ.....	23
ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM TRÊS RIOS/RJ.....	42
AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL NO AUXÍLIO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA	59
PERDA AUDITIVA INDUZIDA PELO RUÍDO: O RUÍDO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E O RISCO DE SURDEZ OCUPACIONAL.....	79
IMPLANTAÇÃO DE CONCRETO PERMEÁVEL NA CIDADE DE TRÊS RIOS-RJ	101
ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS STEEL FRAME E WOOD FRAME	121
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO E PAVIMENTO FLEXÍVEL.....	143
TELHADO VERDE: UMA PROPOSTA SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL	157
CONTROLE DE ENCHENTES: DETENÇÃO DOS ESCOAMENTOS DO CÓRREGO PURYS- TRÊS RIOS- RJ	181
RESTAURAÇÃO DE PONTES	203
ESTRUTURAS METÁLICAS NO BRASIL: DESAFIOS E INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	219

ANÁLISE E RECUPERAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO EM TRÊS RIOS - RJ

ACADÊMICOS: Anaclara Molina de Sá e Gustavo Aguiar da Costa.

ORIENTADOR: Prof^a. Esp. Rita de Cássia Teixeira Assis

LINHA DE PESQUISA: Patologias na Construção.

RESUMO

A patologia é um termo comum na área da medicina, já que está relacionado a diversos tipos de doenças que ocorrem no corpo humano. Porém, é possível verificá-lo, também, na área da engenharia civil, ou seja, são doenças que estão presentes em diversas construções no mundo inteiro, denominadas como manifestações patológicas. Sendo assim, o presente trabalho está relacionado a um estudo realizado sobre as manifestações patológicas identificadas no Terminal Rodoviário Roberto Silveira, estrutura pública localizada na cidade de Três Rios/RJ, obtendo, assim, como foco, a análise e recuperação da estrutura. Para isso, a metodologia utilizada foi de revisão bibliográfica e estudo de caso, com a junção da pesquisa qualitativa e aplicada, cujos resultados foram avaliados por meio de identificação das patologias. A partir disso, foi possível gerar um diagnóstico para corrigir as falhas. Conclui-se, portanto, que é de grande importância a verificação e manutenção de obras, em geral, pois assim, ocorrerão melhorias nos serviços prestados, maior facilidade de manutenção, segurança, vida útil e valorização das construções de uso comum das pessoas.

PALAVRAS-CHAVE: Patologia; Construção Civil; Planos de Intervenção; Diagnóstico.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é considerada uma das locomotivas do crescimento, relacionado ao emprego e renda. Seu potencial torna-se exemplar quando é considerado o resultado do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil: no terceiro trimestre de 2019, com expansão de 0,6% em relação ao segundo trimestre, sinalizando um crescimento de 1,2% da economia em relação ao mesmo trimestre de 2018. Nesse contexto, esse segmento registrou o maior crescimento, ou seja, quando vai bem, a economia reage de forma rápida (CBIC, 2020).

No Brasil, a construção civil apresentou um grande crescimento nos últimos tempos, ocorrendo, assim, um grande aumento do número de obras em execução. Segundo Borges (2008), o país conviveu, em 2008, com uma enorme expansão no setor da construção civil, decorrente a diversos fatores, como: situação macroeconômica e grande liquidez mundial, que reunidos, criaram condições para o começo de um ciclo de desenvolvimento, que, desde 2006, esperou-se que fosse sustentável, no mínimo, alguns anos.

Conforme Malvestio e Figueiredo (2021), o setor da construção civil iniciou 2021 com expectativa de crescer 4% no ano, no entanto, com os desafios decorrentes da pandemia e o aumento contínuo dos custos dos materiais, esse número foi circunscrito para 2,5% no mês de março. Entretanto, a média do Índice do Nível de Atividade para esse setor, no segundo trimestre de 2021, é superior desde 2012.

Porém, a qualidade de diversas obras, principalmente as públicas, tem sido cada vez mais discutidas devido à questão de que já na entrega obtém-se uma baixa qualidade. De acordo com Nunes (2020), diversas construções participam de um pacote amplo, preocupante e de generalizado desleixo em relação à qualidade das obras públicas brasileiras. Isso ocorre, pois, mesmo tendo passado pelo crivo técnico, verificam-se problemas em diversas etapas da construção, como fase de concepção, execução ou de funcionamento, ocasionando, assim, manifestações patológicas, inclusive, com pouco tempo de entrega dessas edificações.

De acordo com Nazário e Zancan (2011), o termo patologia na construção civil é associado a estudos dos danos ocorridos em edificações, ou seja, resume-se ao estudo da identificação das causas e dos efeitos dos problemas encontrados em uma construção, elaborando seu diagnóstico e correção.

Como o Brasil é um país em desenvolvimento, muitas obras atingiram velocidades de execução grandes, mas poucas possuíram fiscalização durante as construções e depois de entregues. Inúmeras manifestações patológicas na construção civil podem ter origem em qualquer tipo de fase ou etapa envolvida no processo de construção de uma obra, podendo atribuir-se a um conjunto de fatores e não somente a uma falha de uma etapa isolada (SILVA e JANOV, 2019).

Desse modo, uma obra mal desenvolvida pode gerar prejuízos e impactos devido ao surgimento de patologias, ocorrendo problemas na estética e na estrutura. Sobre esse cenário, Capello *et al.* (2010) afirmam que o princípio dos problemas relacionados às patologias pode ocorrer: de projetos mal executados, da má qualidade dos materiais empregados, da falta de controle tecnológico, da falha na etapa de construção, da equipe sem preparação em geral e da falta de fiscalização e manutenção.

Além disso, uma obra mal executada pode interferir na qualidade de vida de seus usuários, alterando, assim, a sua própria saúde e o seu bem-estar, pois. Conforme Pelacani (2010), na atualidade e cada vez mais no futuro, é necessário tratar a questão da qualidade habitacional não como uma mera questão normalizadora e técnica, mas, sobretudo, como a busca ao atendimento à satisfação das necessidades sociais do bem-estar e da qualidade de vida do ser humano.

Dessa forma, questiona-se: Como é a qualidade e segurança de uma estrutura pública antiga, em que a população utiliza a qualquer momento, localizada no município de Três Rios/RJ?

Sendo assim, o estudo possui como objetivo identificar e analisar as manifestações patológicas no Terminal Rodoviário Roberto Silveira, mais conhecido como “Rodoviária Velha”, localizado no centro da cidade de Três Rios/RJ e propor medidas para sua recuperação

Acredita-se que este estudo possa contribuir na manutenção de obras públicas da cidade de Três Rios/RJ e no dia a dia da população, pois possui relevância na averiguação da qualidade dos processos construtivos e no desenvolvimento da habitabilidade e conservação das edificações.

Além de ser de grande importância para a área da Engenharia Civil, as patologias são algumas das principais ações que contribuem para a degradação das edificações, principalmente para as construções antigas. Sendo assim, a análise e recuperação das edificações é relevante pois há melhorias nos serviços prestados,

maior facilidade de manutenção, segurança, vida útil e valorização das construções de uso comum da população.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde o início da civilização, o ser humano tem se preocupado em construir estruturas adequadas às suas necessidades, sendo assim, com o passar dos anos, a civilização acumulou um acervo científico que permitiu o desenvolvimento da tecnologia da construção, englobando a concepção, o cálculo, a análise e o detalhamento das estruturas. No entanto, é possível notar que algumas estruturas acabam possuindo um desempenho insatisfatório, por ainda existirem limitações ao desenvolvimento científico e tecnológico e das inevitáveis falhas involuntárias, gerando assim, as patologias na Engenharia Civil (RIPPER e SOUZA, 1998).

O processo de realização de uma construção possui as fases de projeto, execução e utilização, sendo assim, se ocorrerem falhas em uma ou mais destas fases, podem acarretar defeitos que comprometem a segurança e durabilidade do empreendimento. A área que estuda esses defeitos, causas e correções é denominada de Patologia das Estruturas (OLIVARI, 2003).

As patologias estão presentes em maior ou menor intensidade, na maior parte das edificações, podendo variar o período de aparição e/ou a forma de manifestação (FERREIRA e LOBÃO, 2018). De acordo com Lichtenstein (1985), esses problemas podem se manifestar de maneira simples, com diagnóstico e reparo evidentes, ou de maneira complexa, exigindo assim, uma análise individualizada.

As causas de ocorrência dos fenômenos patológicos podem ser inúmeras, desde o envelhecimento natural, acidentes, irresponsabilidade de profissionais, utilização de materiais fora das especificações até a manutenção incorreta da estrutura — muitas vezes por razões econômicas — entre outras (RIPPER e SOUZA, 1998). “As formas patológicas encontradas com maior frequência são infiltrações, fissuras, corrosão da armadura, movimentações térmicas, descolamentos e outras” (FERREIRA e LOBÃO, 2018, p. 73).

Os fenômenos patológicos que aparecem em uma construção, são descobertos por meio de uma busca da origem do problema exposto, a partir da relação entre a causa e o efeito ocorrendo, assim, o melhor entendimento da manifestação gerada (ZUCHETTI, 2015).

Segundo Helene (2003) *apud* Ferreira e Lobão (2018), os problemas patológicos geralmente apresentam como origem um erro ou falha cometida em alguma das fases do projeto. Assim, as possíveis causas dessas falhas são: planejamento, projeto, fabricação das matérias primas, execução e utilização. Entretanto, das partes citadas anteriormente, algumas são mais contundentes quando se trata do surgimento de problemas patológicos, destacando-se as fases de execução, controle de materiais e uso.

As principais causas de patologias são as deficiências de projeto e de execução, qualidade ruim e/ou emprego inadequado dos materiais, uso impróprio da estrutura e manutenção inconveniente. Os problemas patológicos possuem suas origens motivadas por falhas que ocorrem, geralmente, em três etapas básicas da construção: concepção, execução e utilização (FERREIRA e LOBÃO, 2018).

Já Olivari (2003) afirma que as causas primordiais das patologias construtivas são: recalque das fundações; movimentação térmica; excesso de deformação das peças estruturais; sobrecargas ou acúmulo de tensões; retração do cimento; carbonatação; expansão de armadura (corrosão); reações químicas internas; defeitos construtivos.

De acordo com a Figura 1, pesquisas feitas na Europa mostraram que a origem das causas de patologias está principalmente relacionada ao projeto deficiente (falha de projeto). Segundo Caldeira (2020), um projeto de obras é o documento base do processo produtivo na construção civil, pois nele são tomadas as decisões de empreendimento. Com importância significativa para a execução da obra, também permite que os técnicos prevejam problemas e antecipem soluções.

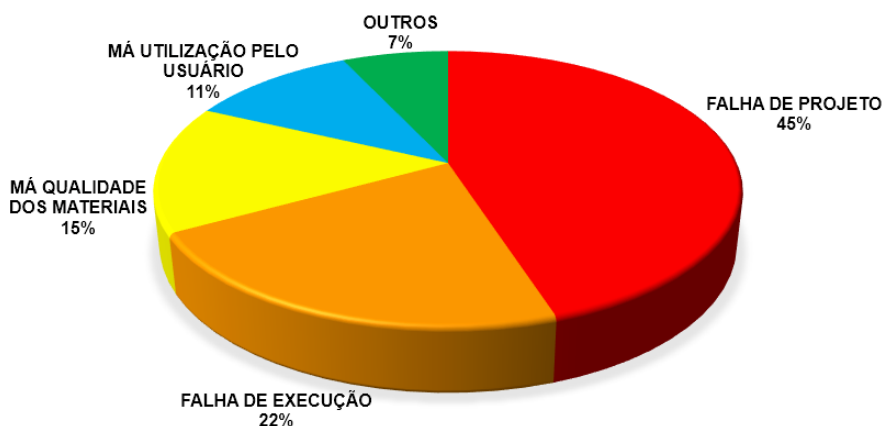


Figura 1 – Causas de Patologias.

Fonte: Adaptada de CONSTRUFACILRJ, 2013.

Os serviços realizados na fase do projeto são relevantes e, quando não são verificados antes da fase de execução, podem chegar a ter irregularidades e falhas durante o andamento das atividades. Dessa forma, são descobertos na efetiva realização da obra, ocorrendo esses prejuízos na maior parte das construtoras (CORREIA *et al.*, 2017).

Dessa forma, as patologias da Engenharia Civil podem se manifestar por diversas razões, conseqüentemente trazendo prejuízos para as edificações e as empresas, como perdas financeiras e estética insatisfatória. De acordo com Rosa; Araújo e Oliveira (2017), é de grande importância a instalação de um plano de manutenção, de uso e operação apropriados para certificar um desempenho maior da edificação e de todos os seus componentes, melhorando, assim, sua vida útil, segurança e requisitos de seus desfrutadores.

Para evitar o agravamento das patologias e, conseqüentemente, os prejuízos nas construções, deve ser realizada sua manutenção. De acordo com a NBR 5.674, o “sistema de manutenção é o conjunto de procedimentos organizados para gerenciar os serviços de manutenção” (ABNT, 2012, p.2). Esses serviços são definidos como as intervenções que são realizadas nas edificações e/ou seus sistemas, elementos ou componentes (ABNT, 2012, p.2).

A figura 2 mostra um fluxograma definindo o conceito de manutenção estrutural. No caso da edificação estudada, a manutenção corretiva é a mais indicada.



Figura 2 – Diferença entre a Manutenção Preventiva e Corretiva.
Fonte: GROM, 2010.

A manutenção estratégica será toda a manutenção que seja planejada, incluindo a programação das eventuais intervenções corretivas e emergenciais. Já a manutenção preventiva é aquela que é executada a partir das informações fornecidas por inspeções levadas a efeito em intervalos regulares de tempo, a partir de critérios

pré-estabelecidos de ruína ou degradação, visando, assim, a uma maior vida útil da estrutura (RIPPER e SOUZA, 1998).

“A manutenção esporádica entende-se como sendo a que nasce da necessidade de uma determinada atividade de correção ou de reforço e não está centrada em nenhum plano de ações predeterminado” (GONÇALVES, 2015, p.57).

Não se pode acarretar o surgimento de todos os problemas patológicos à falta de manutenção ou de condutas adequadas pelos usuários. O surgimento de problemas patológicos se dá por uma combinação de erros em todas as fases de concepção da edificação, da eficiência da estrutura, dos métodos construtivos e das condições de agressividade do meio. Todavia há, também, uma parcela de culpa dos usuários pela falta de manutenção à edificação (CBIC, 2013).

Uma construção que atinge sua vida útil projetada é resultante da união de decisões e procedimentos adotados nas fases preliminares do projeto, levados em conta desde o planejamento inicial, garantindo, assim, à estrutura e aos materiais um desempenho satisfatório na duração da construção. Esses parâmetros são os que definem um adequado sistema de qualidade e produção e a durabilidade do edifício (RIPPER e SOUZA, 1998).

Sendo assim, patologias das construções é a área da engenharia civil que, segundo Cremonini (1988), analisa o desempenho insatisfatório de elementos que compõem uma edificação, desempenho este que, atualmente, é estabelecido por normas técnicas.

De acordo com CBIC (2013), a NBR 15.575, publicada em 2013, é a norma que rege sobre o assunto de desempenho das estruturas, estabelecendo, assim, os parâmetros que avaliam o comportamento das construções que, conseqüentemente, constituem a evolução da cadeia da construção civil, ou seja, um avanço para esse setor.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho refere-se a um estudo desenvolvido em duas etapas: revisão bibliográfica e estudo de caso. No que diz respeito à abordagem do problema e a natureza de estudo, relaciona-se a uma pesquisa qualitativa e aplicada.

Como afirma Rodrigues (2007), a pesquisa qualitativa refere-se a uma pesquisa descritiva cujos dados que são adquiridos e analisados indutivamente, sendo que as

informações obtidas não devem ser quantificáveis. Além disso a interpretação dos fenômenos e a concessão dos significados, no processo dessa pesquisa, são de caráter básico.

Segundo Fleury e Werlang (2017, p.11 e 12):

A pesquisa aplicada concentra-se em torno dos problemas presentes nas atividades das instituições, organizações, grupos ou atores sociais. [...] Assim, a pesquisa aplicada pode ser definida como conjunto de atividades nas quais conhecimentos previamente adquiridos são utilizados para coletar, selecionar e processar fatos e dados, a fim de se obter e confirmar resultados, e gerar impacto.

A primeira etapa consiste no procedimento de revisão bibliográfica, visando a consolidar o conhecimento a respeito das manifestações patológicas das construções. Por meio desse tipo de revisão, foi possível levantar conteúdos teóricos para referenciar o estudo realizado nesta pesquisa. Assim os descritores utilizados foram: manifestações patológicas; patologias na construção civil; manutenção, prejuízo e tipos de patologias.

Dessa forma, utilizaram-se conteúdos expostos na Internet, em livros e normas técnicas, sendo diferentes bases para esse estudo, como: documentos do Google Acadêmico, periódicos com artigos científicos, documentos da Câmara Brasileira da Indústria da Construção, algumas NBR's relacionadas à construção civil e trabalhos de conclusão de curso pertinentes à atual pesquisa, além de informações de empresas.

De acordo Prodanov e Freitas (2013), na etapa de revisão bibliográfica, é realizada a análise das obras científicas mais atuais que tratam do tema estudado ou que possam fornecer embasamento teórico e metodológico para o andamento da pesquisa, com isso há um desenvolvimento do caráter interpretativo que atribui aos dados obtidos.

Já a segunda etapa, trata-se sobre o estudo de caso da construção, ou seja, está relacionada à obtenção do relatório fotográfico para a análise e a investigação das presentes manifestações patológicas.

Dessa forma, para a execução da pesquisa, foi analisada uma edificação pública, localizada na cidade de Três Rios/RJ, que apresenta manifestações patológicas. O Terminal Rodoviário Roberto Silveira é uma construção pública, datada no final da década de 60, utilizada como objeto de estudo para a realização dessa pesquisa.

O estudo de caso é um tipo de pesquisa qualitativa e/ou quantitativa, que consiste em reunir e investigar informações sobre um ou mais objetos, como, por exemplo, um determinado indivíduo ou uma comunidade, a fim de estudar diversos aspectos de sua vivência, a partir do assunto do estudo executado (PRODANOV e FREITAS, 2013).

A partir do relatório fotográfico da edificação e com base na fundamentação teórica, foi possível analisar e identificar as presentes manifestações patológicas e propor soluções viáveis para a revitalização do local, citados nos resultados e discussões.

O atual estudo foi realizado no período de isolamento social. Portanto, medidas contra a transmissão do vírus da COVID-19 foram realizadas para a execução do relatório fotográfico, como: higienização das mãos, utilização de máscaras e distanciamento social.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da pesquisa bibliográfica e do estudo de caso, os autores puderam verificar o estado de conservação do Terminal Rodoviário Roberto Silveira, conforme mostrado nas figuras a seguir.




Figura 3A e 3B – Vistas panorâmicas do Terminal Rodoviário Roberto Silveira, Três Rios/RJ.
Fonte: Os autores, 2021.

Neste tópico, serão detalhadas as patologias encontradas na edificação, com um detalhamento relacionado a duas etapas. A primeira etapa é referente a um quadro especificando, individualmente, a manifestação, identificação e manutenção corretiva da patologia. Já a segunda etapa, é pertinente ao esclarecimento da manutenção preventiva dessas manifestações patológicas.

Dessa forma, foi possível gerar um diagnóstico com correção das falhas associadas ao exterior da construção, devido à impossibilidade de verificar com mais detalhes o interior da estrutura.

Tabela 1 – Primeiro tipo de patologia caracterizada

<p>MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA</p>	
<p>IDENTIFICAÇÃO</p>	<p>Infiltração em estágio inicial presente na parte exterior representada na figura A. Infiltração em estágio mais avançado na parte interior representada na figura B. Pode ser verificada através das manchas, umidade e deslocamentos da pintura na construção.</p>
<p>MANUTENÇÃO CORRETIVA</p>	<p>Parte externa:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Realocação e substituição de telhas; > Alteração dos componentes de fixação do telhado (ex.: parafusos); > Limpeza de calhas; > Impermeabilização do telhado (utilização de mantas). <p>Parte interna:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Realização de uma raspagem para limpeza do teto; > Aplicar massa corrida e lixar a mesma; > Utilizar tinta acrílica para pintura do teto.

Fonte: Os autores, 2021.

Algumas propostas de manutenção preventiva para infiltrações:

- > Realização de inspeções periódicas para o acompanhamento correto da estrutura;
- > Verificação regular de vazamentos nos telhados e nas janelas;
- > Utilização de tintas específicas que combatem a infiltração, como: tintas impermeabilizantes e tintas com materiais de silicone e acrílico;
- > Aplicação adequada de manta líquida/acrílica na laje.

Tabela 2 – Segundo tipo de patologia caracterizada

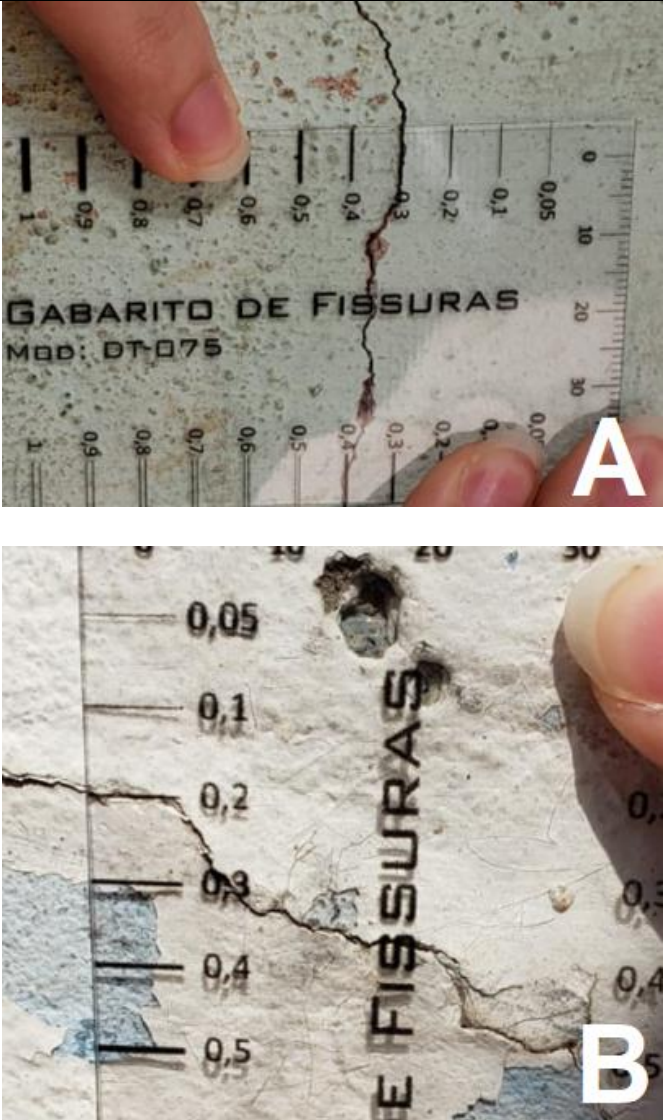
<p>MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA</p>	
<p>IDENTIFICAÇÃO</p>	<p>Corrosão da armadura existente na parte exterior da edificação representada na figura A (estágio moderado) e na figura B (estágio avançado), que está associada aos danos ocorridos pela falta de cobrimento adequado.</p>
<p>MANUTENÇÃO CORRETIVA</p>	<ul style="list-style-type: none"> > Demarcação de contorno do reparo; > Retirada do material deteriorado e verificação da necessidade de reforço; > Limpeza da área afetada; > Elaboração de uma camada de aderência; > Realização de um revestimento da armadura; > Restauração e proteção da superfície do concreto.

Fonte: Os autores, 2021.

Algumas propostas de manutenção preventiva para a corrosão de armadura:

- > Realização de inspeções periódicas para o acompanhamento correto da estrutura;
- > Instalação de uma rede protetora perante a laje para evitar que pedaços da estrutura desabe e cause acidentes;
- > Recuperação da estrutura, periodicamente, com a aplicação de resina protetora;
- > Execução de testes com martelo para a detecção de locais ocios antes mesmo da ocorrência de destacamento.

Tabela 3 – Terceiro tipo de patologia caracterizada

<p>MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA</p>	
	<p>Fissuras evidentes no exterior da construção verificadas nas figuras acima, que, caso não sejam tratadas, podem se agravar e tornar-se trincas ou, no pior dos casos, rachaduras. A figura A representa uma fissura de 0,3 mm e a figura B de</p>

IDENTIFICAÇÃO	0,2 mm, correspondendo a aberturas finas e alongadas. As fissuras são consideradas até 1 mm, caso ultrapasse esse valor, são classificadas como trincas.
MANUTENÇÃO CORRETIVA	<ul style="list-style-type: none"> > Reforço da armadura estrutural (localizada na escada); > Modificar o revestimento utilizando argamassa ou massa acrílica; > Aplicação de duas demãos de pintura elástica com tinta acrílica de alta aderência.

Fonte: Os autores, 2021.

Algumas propostas de manutenção preventiva para a fissura:

- > Realização de inspeções periódicas para o acompanhamento correto da estrutura;
- > Utilização de argamassa colante tipo ACII e tintas específicas para área externa da estrutura.

Tabela 4 – Quarto tipo de patologia caracterizada

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	
	
	Ferrugem no estágio moderado representada na figura A. Corrosão no estágio mais perigoso para a saúde humana representada na figura B. Manifestações patológicas

IDENTIFICAÇÃO	explícitas nas escadas localizadas no exterior da edificação. Essa patologia indica que houve contato direto do metal desprotegido com a umidade presente no ambiente. Sendo que a ordem de estágio do mais leve para o mais avançado é: Oxidação > Ferrugem > Corrosão.
MANUTENÇÃO CORRETIVA	<p style="text-align: center;">Figura A</p> <p>1ª) Execução do lixamento e jateamento. Essa opção gera bastante sujeira no ambiente, além de exigir um esforço físico maior.</p> <p>2ª) Utilização de produtos químicos. Essa forma é mais prática, rápida e econômica.</p> <p style="text-align: center;">Figura B</p> <p>Por estar num estágio mais avançado, relacionado à corrosão, a manutenção mais segura e adequada seria a remoção de toda a estrutura e a sua substituição.</p>


Fonte: Os autores, 2021.

Algumas propostas de manutenção preventiva para a ferrugem e corrosão do corrimão da escada:

- > Realização de inspeções periódicas para o acompanhamento correto da estrutura;
- > Aplicação de aço galvanizado, aço inox ou alumínio de melhor qualidade no corrimão;
- > Execução contínua de limpeza com produtos adequados, como: água e sabão ou detergente suave e/ou produtos de limpeza para inox (spray);
- > Utilização de resina epóxi na estrutura metálica para evitar a corrosão.

Tabela 5 – Quinto tipo de patologia caracterizada

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	
-------------------------	--

	
IDENTIFICAÇÃO	<p>Destacamento, apresentado nas figuras A e B, no exterior da construção. Geralmente, ocorre quando uma peça se solta da base do assentamento que, nesse caso, foi da parede. Isso pode acontecer por falta de aderência, por exemplo: no revestimento, no chapisco, no emboço, na argamassa ou na cerâmica.</p>
MANUTENÇÃO CORRETIVA	<ul style="list-style-type: none"> > Remover as peças comprometidas; > Retirada de impurezas e outros elementos na superfície danificada; > Analisar o estado da argamassa (teste bate-choco); > Caso esteja oca, o emboço precisa ser removido e refeito nos locais prejudicados; > Por último, realizar a colocação de novas peças verificando o espaço da junta correto, estando secas e sem resíduos presentes na superfície.

Fonte: Os autores, 2021.

Algumas propostas de manutenção preventiva para o destacamento da parede:

- > Realização de inspeções periódicas para o acompanhamento correto da estrutura;
- > Execução correta do assentamento do revestimento e do preenchimento do verso das placas;
- > Especificação correta de argamassa colante ou na sua mistura, com a dosagem precisa de água;
- > Averiguação do emboço: evitar baixa resistência superficial e retirar material pulverulento, antes da aplicação das placas.


Tabela 6 – Sexto tipo de patologia caracterizada

<p>MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA</p>	
<p>IDENTIFICAÇÃO</p>	<p>Destacamento do revestimento do pilar externo, apresentado na figura acima, no exterior da construção. Geralmente, ocorre quando uma peça se solta da base do assentamento, que nesse caso foi no pilar. Isso pode acontecer por falta de aderência, por exemplo: no revestimento, no chapisco, no emboço, na argamassa ou na cerâmica.</p>
<p>MANUTENÇÃO CORRETIVA</p>	<ul style="list-style-type: none"> > Remover as peças comprometidas; > Retirada de impurezas e outros elementos na superfície danificada; > Analisar o estado da argamassa (teste bate-choco); > Aplicação de um material flexível (tela metálica leve) no pilar; > Realizar a colocação de uma nova argamassa; > Após isso, o pilar deve ser chapiscado para a colocação de uma nova peça cerâmica; > Por último, realizar a colocação de novas peças verificando o espaço da junta correto, estando secas e sem resíduos presentes na superfície.

Fonte: Os autores, 2021.

- Algumas propostas de manutenção preventiva para o destacamento do pilar:
- > Realização de inspeções periódicas para o acompanhamento correto da estrutura;
 - > Execução correta do assentamento do revestimento;
 - > Especificação correta de argamassa colante ou na sua mistura, com a dosagem precisa de água;
 - > Averiguação do emboço: evitar baixa resistência superficial e retirar material pulverulento, antes da aplicação das placas.

Tabela 7 – Sétimo tipo de patologia caracterizada

<p>MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA</p>	
<p>IDENTIFICAÇÃO</p>	<p>Segregação do concreto, mais conhecido como bicheira ou ninho, presente na escada representada na figura acima, ocasionando, assim, o deslocamento do piso cerâmico. Essa segregação acontece quando há falhas no processo de concretagem, ou seja, no preenchimento das formas, gerando espaços vazios na estrutura. Isso pode acontecer por realizar erroneamente etapas importantes na concretagem, como: lançamento e vibração do concreto.</p>
<p>MANUTENÇÃO CORRETIVA</p>	<p>Quando a falha de concretagem não possui a exposição de armaduras, é possível realizar somente o reparo aplicando argamassa de cimento e areia fina, juntamente com o aditivo adesivo sintético. No caso da imagem acima, por possuir grandes espaços vazios, é preciso ter uma maior atenção, e com isso é recomendado:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Verificar com mais detalhes se há armaduras expostas e/ou a segregação do concreto em toda a área dessa escada; > Retirada de impurezas e outros elementos na superfície danificada; > Utilizar adesivo à base de epóxi para solidificar o concreto atual; > Por último, realizar a colocação de novos pisos verificando o espaço da junta correto, estando secas e sem resíduos presentes na superfície.

Fonte: Os autores, 2021.

Propostas de manutenção preventiva para o deslocamento do piso:

- > Realização de inspeções periódicas para o acompanhamento correto da estrutura;
- > Execução de impermeabilizante antes da aplicação do piso para evitar que a umidade desloque a peça;
- > Utilização de junta adequada de assentamento no patamar da escada;

- > Especificação correta de argamassa colante ou na sua mistura, com a dosagem precisa de água;
- > Averiguação do emboço: evitar baixa resistência superficial e retirar material pulverulento, antes da aplicação das placas.

A segregação do concreto está mais ligada à parte de execução da obra, sendo necessário haver uma concretagem correta, principalmente, nas etapas de lançamento e adensamento. Isso ocorre porque o concreto precisa ter uma boa trabalhabilidade, caso contrário, não consegue preencher os espaços das peças e, com isso, surgem os espaços vazios.

A relevância da manutenção para a preservação e melhor desempenho da construção é evidente, devido ao fato de ser difícil manter um bom desempenho do edifício acima do limite cabível, sem que existam intervenções de manutenção regularmente. A garantia de uma melhor vida útil, por exemplo, somente poderá ser obtida por meio de uma manutenção apropriada (VILLANUEVA, 2015).



Figura 4 – Parte do revestimento desprendido no exterior do Terminal Rodoviário Roberto Silveira. Fonte: Os autores, 2021.

Um breve exemplo disso, está relacionado na figura 4. Por falta de manutenção, tanto preventiva como corretiva, ocorreu o desprendimento de uma parte do revestimento no exterior da edificação estudada. Essa peça de revestimento solta é de grande ameaça para as pessoas que trafegam ao redor dessa parte da estrutura, visto que pode se desprender e cair.

Sendo assim, a manutenção das edificações é de grande importância para a segurança de quem as utiliza, uma vez que as patologias podem surgir em qualquer

uma das etapas do processo da construção civil, especialmente na fase de uso. Por isso, é significativa a manutenção da edificação, não somente quando se identifica algum tipo de manifestação patológica, mas também ao longo do tempo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As construções na área da engenharia civil vêm evoluindo e crescendo ao passar dos anos, com isso as manifestações patológicas têm se agravado consideravelmente, comprometendo a segurança das pessoas e a vida útil das edificações. À vista disso, é importante realizar manutenções na construção, justamente para evitar a diminuição de sua vida útil e melhorar a qualidade estética e funcional da estrutura.

Por meio do estudo realizado, pode-se observar a falta de manutenção preventiva no exterior da construção analisada, o que desencadeou diversas patologias construtivas. Com isso, nesse caso, é necessária a realização da recuperação da estrutura, por meio da manutenção corretiva dessas patologias.

Dessa forma, o diagnóstico efetuado constatou que — mesmo possuindo algumas patologias mais graves, como: corrosão da armadura estrutural — o caso não é severo, ou seja, de demolição. Isso se deve ao fato de que a maior parte das manifestações patológicas podem ser resolvidas com manutenções sugeridas nos resultados deste trabalho.

Conclui-se que é preciso prezar pela qualidade e segurança da construção, seja ela pública ou privada. Portanto, é necessário que aconteçam, frequentemente, fiscalizações nas obras, antes e depois da conclusão. Além disso, é indispensável a utilização de bons materiais e de mão de obra qualificada para evitar essas anomalias.

Ademais, fica claro, pelo estudo executado, que é preciso que ocorram mais acompanhamentos das construtoras, desde a fase do projeto até a sua utilização, para verificar, corretamente, o comportamento estrutural das construções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674 – Manutenção de edificações: Requisitos para o Sistema de Gestão de Manutenção**. Rio de Janeiro, p. 25, 2012.

BORGES, C. A. M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil.** Orientador: Fernando Henrique Sabbatini. 2008. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CALDEIRA, J. **Descubra tudo sobre o projeto de obras de Construção Civil.** Bahia, 21 jan. 2020. Empresa IUSNATURA. Disponível em: <<https://iusnatura.com.br/projeto-obras-construcao-civil/>>. Acesso em: 21.ago.2021.

CAPELLO, A. *et al.* **Patologia das fundações.** Orientadora: Prof.^a Maria Alice Amado Gouveia Venturini. 2010. 115 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Anhanguera de Jundiá, São Paulo, 2010.

CBIC. **Construção civil é a locomotiva do crescimento, com emprego e renda.** Brasília, 28 jan. 2020. Disponível em: <<https://cbic.org.br/construcao-civil-e-a-locomotiva-do-crescimento-com-emprego-e-renda/>>. Acesso em: 07.mar.2021.

CBIC. **DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.** 2^a ed. Brasília: Cipolla Comunicação, 2013.

CONSTRUFACILRJ. **PATOLOGIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL: Principais Causas.** Rio de Janeiro, 25 jan. 2013. Disponível em: <<https://construfacilrj.com.br/patologia-da-construcao-civil-principais-causas/>>. Acesso em: 29.mar.2021.

CORREIA, F. S. M. *et al.* ANÁLISE DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS CONSTRUTIVOS DECORRENTES DE FALHAS DE PROJETO: Estudo de caso em Maceió – AL. **Grupo Tiradentes – Interfaces Científicas**, Alagoas, v. 4, n. 2, p. 57-72, nov. 2017.

CREMONINI, R. A. **INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UNIDADES ESCOLARES DA REGIÃO DE PORTO ALEGRE: Recomendações para projeto, execução e manutenção.** Orientador: Prof. Syllas Grazia. 1988. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

FERREIRA, J. B.; LOBÃO, V. W. N. Manifestações patológicas na construção civil. **Grupo Tiradentes – Interfaces Científicas**, Aracaju, v. 5, n. 1, p. 71-80, out. 2018.

FLEURY, M. T. L.; WERLANG, S. R. C. PESQUISA APLICADA: Conceitos e abordagens. **Fundação Getúlio Vargas**, Rio de Janeiro, p. 6, nov. 2016-2017.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações.** Orientador: Jorge dos Santos. 2015. 174 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

GROM, M. **Como transformar manutenção em fonte de receita.** São Paulo, 30 jun. 2010. Disponível em:

<<http://www.revistadoparafuso.com.br/v1/modelo/noticia.php?id=306>>. Acesso em: 08.out.2021.

LICHTENSTEIN, N. B. **PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES: Procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. Orientador: Francisco Romeu Landi. 1985. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

MALVESTIO, A.; FIGUEIREDO, A. **Construção prevê maior crescimento para o setor desde 2013 e diz que avanço poderia ser ainda maior**. Brasília, 26 jul. 2021. Disponível em: <<https://cbic.org.br/construcao-preve-maior-crescimento-para-o-setor-desde-2013-e-diz-que-avanco-poderia-ser-ainda-maior/>>. Acesso em: 21.ago.2021.

NAZÁRIO, D.; ZANCAN, E. C. **MANIFESTAÇÕES DAS PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS NAS EDIFICAÇÕES PÚBLICAS DA REDE MUNICIPAL E CRICIÚMA: Inspeção dos sete postos de saúde**. UNESC, Santa Catarina, p. 16, jul. 2011.

NUNES, A. **A má qualidade das obras públicas**. São Paulo, 31 jul. 2020. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/blog/augusto-nunes/8216-a-ma-qualidade-das-obras-publicas-8217-editorial-do-globo/>>. Acesso em: 21.ago.2021.

OLIVARI, G. **Patologia em edificações**. Orientador: Prof. Eng. Fernando José Relvas. 2003. 95 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003.

PELACANI, V. L. **Responsabilidade na construção civil**. 7ª ed. Curitiba: CREA – PR, 2010.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **METODOLOGIA DO TRABALHO CIENTÍFICO: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª ed. Rio Grande do Sul: Feevale, 2013.

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1998.

RODRIGUES, W. C. **Metodologia Científica**. Paracambi, 26 ago. 2007. Registros de aula. Disponível em: <http://pesquisaemeducacaoufrgs.pbworks.com/w/file/64878127/Willian%20Costa%20Rodrigues_metodologia_cientifica.pdf>. Acesso em: 15.mai.2021.

ROSA, C. A. C.; ARAÚJO, G. L.; OLIVEIRA, J. D. **Análise das manifestações patológicas no Condomínio Recreio das Laranjeiras Serra – ES**. MULTIVIX, Espírito Santo, p. 1-16, nov. 2017.

SILVA A. P.; JONOV C. M. P. **CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL: Área de sustentabilidade e gestão do ambiente construído**. UFMG. Minas Gerais, 21 ago. 2019. Registros de aula. Disponível em:

<<https://demc.ufmg.br/adriano/Patologia%20das%20Construcoes.pdf>>. Acesso em: 07.mar.2021.

VILLANUEVA, M. M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação.** Orientador: Elaine Garrido Vazquez. 2015. 173 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

ZUCHETTI, P. A. B. **PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: Investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari/RS.** Orientador: Prof. M. Sc. João Batista Gravina. 2015. 128 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC), Centro Universitário UNIVATES, 2015.

INCORPORAÇÃO IMOBILIÁRIA: ESTUDO DE CASO EM TRÊS RIOS/RJ**ACADÊMICOS:** Júlio César Rabelo Vargas e Pedro Henrique De Melo Piccoli.**ORIENTADOR:** Prof. *Esp.* Rita de Cássia Teixeira Assis.**LINHA DE PESQUISA:** Gestão e economia da Construção.**RESUMO**

A criação de uma lei que regulamenta a construção de imóveis na planta permitiu que a construção civil desse um novo passo rumo à modernidade. Nesse sentido, desde 1964, a incorporação imobiliária desponta como opção de empreendimento viável em cidades de pequeno a médio porte, como é o caso de Três Rios/RJ. Sob esta perspectiva, o presente estudo busca apresentar a incorporação imobiliária e demonstrar suas vantagens e desvantagens no cenário atual. Para tanto, o estudo utiliza dados de áreas como direito urbanístico, geografia e engenharia, bem como divide-se em duas seções temáticas. A primeira delas aborda a cidade de Três Rios e seu desenvolvimento socioeconômico; a segunda, dividida em duas subseções, discute o tema da incorporação imobiliária como elemento de urbanização e a burocracia trirriense, juntamente com a lentidão que esta causa para execução dos procedimentos de trabalho. Houve também a aplicação de um questionário com dez questões, cujo propósito é a compreensão deste modelo de empreendimento, a partir de um incorporador local. A análise dos dados obtidos revelou que a incorporação imobiliária é um tipo de negócio lucrativo, embora conte com percalços na forma de burocracia municipal e, até mesmo, falta de preparo dos corretores de imóveis na fase de comercialização.

PALAVRAS-CHAVE: Investimento imobiliário; Construção civil; Desenvolvimento urbano.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a construção civil é um dos setores mais relevantes da economia e representa uma grande empregadora em escala global. Embora apresente deficiências em relação às estratégias e à gestão, apresentou forte desenvolvimento nos últimos dez anos (MAIA e IAROZINSKI NETO, 2016).

Segundo Hoyler (2014), em cada cidade, um conjunto de processos interativos ocorre no ambiente urbano, conectando imóveis, pessoas e atividades socioeconômicas. Três Rios ocupa uma posição privilegiada no estado do Rio de Janeiro. A cidade funciona como ponto estratégico na medida em que possui uma base industrial, implicando numa movimentação intensa de trabalhadores vindos de municípios vizinhos, como Comendador Levy Gasparian e Paraíba do Sul. O município também se localiza na divisa com o estado de Minas Gerais.

Localizada a 104 km do Rio de Janeiro, Três Rios se tornou um verdadeiro polo industrial que tem transformado a paisagem e o modo de vida de seus moradores. Há diversas obras em andamento, tal fato é guiado por incentivos fiscais e atrativos empresariais que o governo municipal passou a distribuir desde fevereiro de 2009. Fatores como este demonstram que há a possibilidade de aquecimento do setor imobiliário, uma vez que o aumento dos custos com transporte tem tornado cada vez mais inviável o deslocamento.

Conseqüentemente, a massa de trabalhadores buscando a redução de gastos com transportes encontra como solução a mudança para a cidade em que trabalha. Segundo Silva (2012), o mercado financeiro e imobiliário mostra-se como um caminho para a solução referente à captação de recursos para o setor, promovendo uma especulação mais voraz e o aumento na produção de edifícios gerando um conseqüente adensamento dos espaços urbanos.

Portanto, com a ocorrência do aquecimento do setor imobiliário, tem-se a valorização dos lotes residenciais e implica na diminuição de terrenos disponíveis para construção.

A incorporação imobiliária não se limita à compra do terreno, construção e comercialização, ela envolve também o financiamento, sendo assim, o mercado imobiliário funciona como um ramo particular da circulação do capital a juros (LOPES, 2016).

Uma das principais motivações para a condução desta pesquisa é o entendimento do mercado imobiliário do município de Três Rios, que atualmente se

encontra em fase de expansão devido aos recentes avanços econômicos, alavancados pelas atividades industriais e comerciais.

Villaça (1998, p.74) expõe o poder que o território urbano dispõe, ao apresentar valores diferenciados: “cada terreno particular permite maior ou menor valorização pelo acesso que sua localização propicia aos efeitos úteis de aglomeração”. Por esta razão, é necessário repensar formas de trabalho para que as construtoras possam utilizar adequadamente o espaço urbano viabilizando que mais moradias sejam construídas, sendo vital para o futuro da cidade, bem como a segurança dos moradores que buscam melhores condições de habitação.

Considera-se, então, que a utilização de métodos capazes de um maior aproveitamento de espaço, como é o caso da incorporação imobiliária, ampliam as possibilidades de trabalho para as construtoras, gerando novos postos de trabalho e aquecendo ainda mais a economia da cidade.

A partir das noções supracitadas, o presente estudo busca investigar como ocorre a incorporação imobiliária, por meio de um estudo de caso em Três Rios, no estado do Rio de Janeiro, destacando seus potenciais benefícios e os desafios enfrentados durante o processo.

Trabalhos como este são relevantes porque colocam em evidência assuntos pouco discutidos por profissionais da área da construção civil. Pretende-se com esse estudo contribuir para o desenvolvimento do parque habitável de Três Rios, beneficiando a comunidade local, com planejamento urbano eficaz e programas imobiliários viáveis.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Três Rios: História, parâmetros geográficos e sociais de desenvolvimento urbano.

Antecedente a sua emancipação e reconhecimento oficial enquanto município, o até então distrito sul-paraibano, despontava em termos de possibilidade real de desenvolvimento urbano. A partir de critérios históricos, entende-se que este processo ocorreu de forma mais acelerada por conta de fatores populacionais, ou seja, um maior contingente de eleitores que, conseqüentemente, geram mais receita para a localidade. Neste sentido, emerge a reivindicação do processo emancipatório que culminou na fundação de Três Rios (TRÊS RIOS, 2021)

Assim, Três Rios apresentou um nível de urbanização diferenciado em relação a outros da mesma região, o que quer dizer que seu padrão de expansão das áreas urbanizadas ocorreu “prematuramente” e isso gera as complexidades no meio imobiliário moderno, como a falta de terrenos disponíveis para a construção. Tais adversidades muito se aproximam do processo de formação das cidades brasileiras, especialmente na primeira metade do século XX, quando a industrialização provocou um aumento no fluxo de pessoas sem que houvesse a estrutura adequada para recebê-las (BURMANN; CENCI, 2017).

Partindo para um cenário mais atual, é preciso que se compreenda que, conforme explicitado anteriormente, Três Rios é uma cidade estratégica para o Estado do Rio de Janeiro. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), o município conta com uma área territorial aproximada de 322,843 km², bem como um quantitativo populacional de cerca de 80 mil pessoas.

Movida pelo impulso industrial dos primeiros anos do século XXI, mais especificamente voltado para as cidades do interior cujos terrenos eram mais baratos, a cidade experimentou a geração de empregos e, conseqüentemente, o aquecimento do setor comercial adjacente (MATOS; FERREIRA, 2016).

Mais especificamente, estudos apontam que incentivos fiscais promovidos pelo governo estadual trouxeram, de fato, crescimento econômico para a região como um todo. Houve aumento expressivo do PIB, bem como das taxas populacionais num período de quase uma década. Entretanto a melhora dos índices sociais não acompanhou o fluxo monetário gerado pela expansão do parque industrial a longo prazo. Isso quer dizer que a maior parte dos trabalhos se constitui-se como pouco especializado, portanto, sem maior distribuição de renda (BAYLÃO, 2013).

Por fim, ainda é preciso salientar que, embora as diversas isenções fiscais atuem como chamariz para diversos setores da economia, isso não significa que os recursos serão distribuídos de maneira uniforme. Na maior parte dos casos, formam-se núcleos econômicos, como o estabelecimento de parques industriais ou comerciais, cujos entornos tornam-se pontos de interesse para os residentes. Neste sentido, há um processo de hierarquização de regiões que se transformam em zonas geradoras de emprego e atraem os movimentos pendulares e a migração dos trabalhadores (STAMM, 2005). Isso também implica no entendimento da questão imobiliária como um elemento intimamente ligado à utilização do espaço urbano, portanto muito afetada pelo encarecimento e escassez de terrenos disponíveis.

Sob essa perspectiva, surge a necessidade de modernizar o setor, garantindo que municípios do porte de Três Rios sejam capazes de comportar o volume de pessoas que chegam, ao mesmo tempo em que se oferece uma opção viável de negócio.

2.2 Incorporação Imobiliária: aspectos gerais e burocracia.

2.2.1 Dinâmica entre urbanização e industrialização do interior

Sabe-se que o processo de urbanização brasileiro foi marcado por inúmeras ineficiências. Mais especificamente, há cidades cujo crescimento aconteceu de modo desordenado e isso resultou em problemas de ordem estrutural e social, na forma de mau gerenciamento do perímetro urbano e, por consequência, na precarização das moradias (UGEDA JÚNIOR, 2014).

Além disso, o desenvolvimento não se deu de forma homogênea, visto que os primeiros grandes projetos de urbanização atingiram as metrópoles nacionais e, com o passar do tempo, foram adequados a cidades de médio e pequeno porte (KREBS, 2002).

Sob a perspectiva apresentada acima, compreende-se que a expansão das cidades — especialmente durante os períodos de nacional-desenvolvimentismo de Vargas e Kubitschek — alinhou-se a um projeto centrado no crescimento econômico nacional. Consequentemente, foi criada uma mentalidade de separação entre os avanços da urbanidade e a tradição rural, o que culminou na valorização da primeira sobre a segunda (LOHN, 2007).

A aceleração desse processo trouxe consigo novas formas de contrato, como visto pela criação da Lei 4.591/64, que estabelece o funcionamento de condomínios e incorporadoras, sancionada em dezembro de 1964 (BRASIL, 1964). Em termos gerais, ampliaram-se as possibilidades de aproveitamento do território disponível e, com isso, houve também aumento da lucratividade. Nesse sentido a diferença entre modelos tradicionais e o de incorporação é a seguinte:

A construção imobiliária, por sua vez, predomina no mercado de construção de edifícios residenciais, com a realização de empreendimentos sob responsabilidade de uma incorporadora, que irá realizar operações de construção por contrato com subempreiteiros e construtoras, além de efetuar a comercialização do imóvel. Vale ressaltar que as empresas incorporadoras, responsáveis pela articulação dos agentes e pelos recursos necessários para a construção do projeto – como a identificação de terras disponíveis, a definição dos moldes do empreendimento, a contratação de projetos e de construtoras, além da posterior

venda do imóvel –, são remuneradas pelo lucro imobiliário. As empresas construtoras, por sua vez, são remuneradas pelo lucro produtivo, que está diretamente relacionado às condições contratuais acordadas com o incorporador. (MONTEIRO; COSTA; ROCHA, 2010, p. 359-360).

De qualquer modo, é preciso salientar que os modelos contratuais de construção urbana dependem de aprovações legais, considerando que são constituídos por inúmeras fases de trabalho que vão desde a apresentação de um pré-projeto até a entrega das edificações. Batista e Lira (2019) apontam que toda a construção no perímetro urbano obedece à legislação local que se apresenta na forma do Plano Diretor, leis ambientais e, em alguns casos, leis orgânicas que regulam pontos específicos de uso do espaço, sejam elas antigas ou recentes.

Outro ponto a ser discutido é que o desenvolvimento do Estatuto das cidades em 2001 foi responsável por estabelecer um parâmetro mínimo para que as urbes funcionem enquanto locais de interesse social (QUINTO JR., 2003).

As cidades do interior, mesmo que influenciadas pelas metrópoles, em especial as que passaram por uma onda de industrialização recente, como é o caso de Três Rios, desenvolvem-se num ritmo próprio e com características independentes. A incorporação imobiliária surge como consequência deste crescimento socioeconômico, uma vez que permite a transferência de capital de forma mais eficiente por meio do mapeamento da cidade em áreas de interesse (RUFINO, 2013).

Limonad (2005) aponta que, além dos fatores citados anteriormente, as especializações de atividades econômicas municipais, ou seja, a formação de polos industriais, de serviços ou agricultura, nota-se que a terra do interior passa a ser alvo de valorização e, conseqüentemente, transforma-se em ponto de interesse do mercado imobiliário e do Estado.

Por fim, antes de encerrar este capítulo, é preciso estabelecer que a incorporação imobiliária, mesmo sendo uma prática contratual antiga, encontra utilidade em tempos mais modernos. Isso acontece, pois, as flutuações do mercado e as mudanças nas dinâmicas internas de industrialização e índices socioeconômicos se ligam à própria estrutura estatal que permite a entrada de novo capital na cidade.

2.2.2 Legislação trirriense, a burocracia e a lucratividade da incorporação imobiliária

Como mencionado no capítulo anterior, a industrialização acelera o processo urbanizatório e isso gera diversas transformações socioeconômicas na região. Ainda

assim, é preciso salientar que tal fenômeno só é possível, pois investimentos do mercado imobiliário existem como acordos entre o setor privado e o Estado. De acordo com Hoyler (2019), tal associação funciona a partir de duas camadas. A primeira delas é justamente a dicotomia entre a movimentação monetária dos incorporadores e proprietários e a criação de leis sobre o uso do solo urbano. A segunda camada versa sobre as regulações municipais que surgem após a aprovação dos projetos.

A aplicação dessas leis oferece parâmetros de trabalho que, em tese, buscam conciliar os interesses privados com a diminuição de impactos negativos à comunidade e ao meio ambiente. Nesse sentido, a cidade de Três Rios também possui elementos de regulação imobiliária de modo a garantir a viabilidade dos projetos e, simultaneamente, a segurança dos moradores das futuras edificações e seus entornos, conforme explicitado pelo Art. 2º do Código de Obras de Três Rios (Lei n. 3.990 de 27 de dezembro de 2013).

Ainda existem outros recursos de regulação municipal a serem considerados, tais como o Plano Diretor da Cidade e, evidentemente, a Lei de Uso e Parcelamento do Solo (Lei 4.648 de 30 de dezembro de 2019). O primeiro trata do funcionamento da cidade enquanto unidade autônoma e suas regiões de interesse social; já o segundo representa a parte burocrática do trabalho na medida em que lida com os documentos iniciais e a apresentação de pré-projetos que cumprem os requisitos para construção das edificações.

Nesse sentido, todo movimento do setor imobiliário na cidade é cercado por uma série de questões técnicas, em especial a noção dos impactos sobre a comunidade, como expresso pelo Arts. 47 a 52 do Plano Diretor (TRÊS RIOS, 2021) que determina a elaboração de um “Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança (EIV)”. Tal estudo é necessário para o melhor entendimento de como a obra será integrada à comunidade e, para tanto, se vale de um relatório apresentado ao poder público municipal, o “Relatório de Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança” (REIV).

Além disso, de acordo com o Código Ambiental (Lei 3.053 de 14 de novembro de 2007) é igualmente necessária a apresentação de um “Estudo Prévio de Impacto Ambiental” (EIA), bem como um “Relatório de Estudo Prévio de Impacto Ambiental” (RIMA). A análise desses dados seria a responsável por demonstrar os pontos positivos da construção no local escolhido e diminuir possíveis problemas encontrados.

De fato, como mencionado em parágrafos anteriores, existe uma dicotomia entre Estado e Interesses Privados. O uso da terra vai além da construção em si, visto que a parte burocrática é um elemento consumidor de tempo e recursos. Logo, o investimento das incorporadoras se torna mais viável na medida em que seja possível menores encargos locais (HOYLER, 2014). Como o foco deste trabalho é a cidade de Três Rios, é interessante que seja feita uma análise dos contratos à luz das leis citadas acima.

De acordo com o já referido Código de Obras, mais especificamente os arts. 20, 21 e 22, a construção de edificações na cidade de Três Rios depende não somente de aprovação municipal, mas também de um processo de licenciamento que pode ser requerido de forma posterior ou simultânea as ditas autorizações legais (Lei n. 3.990 de 27 de dezembro de 2013). Após a primeira bateria de exigências documentais, é preciso que se inicie a análise do projeto em sua forma mais prática.

Novamente surge a necessidade de consultar leis municipais e, conforme exposto pela Lei de Uso e Parcelamento do Solo, há certos encargos sob a responsabilidade das incorporadoras/construtoras. Em primeiro lugar, como expresso nos primeiros artigos da Lei de Uso e Parcelamento do Solo, é preciso que seja elaborado um Estudo de Viabilidade que deve ser apresentado aos órgãos reguladores locais para o início da obra. Em segundo lugar, há uma série de novas burocracias a serem seguidas, o que inclui a apresentação de novos documentos, como plantas e outras licenças de trabalho que permitem a alteração do terreno e de edifícios já construídos no lugar (TRÊS RIOS, 2019).

Uma vez que os assuntos relacionados ao início das obras foram citados, seria interessante promover uma análise sobre um dos pontos mais importantes do trabalho com incorporação imobiliária: o loteamento e suas implicações jurídicas. Ainda com base na Lei de Uso e Parcelamento do Solo, tem-se que a criação de lotes é permitida sob algumas condições básicas.

É necessária a apresentação de mais um projeto, dessa vez referente à estrutura dos lotes, o que inclui plantas, planilhas de impactos ambientais e mais autorizações da prefeitura, conforme descrito pelo art. 141. Também é preciso considerar a questão do investimento na obra e isso pode ocorrer mesmo que nem todos os lotes estejam prontos para entrega. Tal procedimento, conhecido lote caucionado, é permitido na medida em que sejam atendidas as seguintes condições, basicamente: a) o oferecimento de ao menos 50% (cinquenta por cento) do valor total

do empreendimento à prefeitura que fornecerá uma espécie de garantia; b) disponibilização de, ao menos 25% dos lotes para uso, conforme os artigos. 142 e 143 (TRÊS RIOS, 2019).

Evidentemente, é um processo oneroso e que exige uma alta carga de investimentos. As incorporadoras precisam lidar não somente com os gastos relacionados à construção das edificações, mas também com toda a parte administrativa. Mesmo assim, conforme discutido por Souza Filho (2012), a incorporação imobiliária ainda é uma opção viável justamente porque oferece segurança jurídica a todos os envolvidos. Sousa (2006) oferece um ponto complementar ao defender o funcionamento das incorporadoras a partir da lógica do mercado imobiliário, em especial considerando as dinâmicas socioeconômicas nas

[...]áreas das cidades onde há uma relativa escassez do solo urbano a valorização dos imóveis tende a crescer. A tendência inclusive [...] é que essa valorização imobiliária seja maior que as dívidas decorrentes das operações de crédito dos imóveis. A oferta desses imóveis tem seu principal fundamento na lógica da incorporação imobiliária, que promove altos custos sociais, à medida que eleva os preços desses imóveis. (SOUSA, 2006, p. 159).

A mesma autora aponta que a chegada das incorporadoras assumiu papel de destaque ao permitir que mais pessoas tivessem acesso ao crédito imobiliário. Isso quer dizer que a Incorporação Imobiliária, apesar dos inúmeros procedimentos e gastos iniciais, é uma forma rentável de trabalho (SOUSA, 2006).

Além disso, mantém a possibilidade de controle dos recursos, permitindo que exista uma unidade de métodos e serviços que oferecerão melhores resultados para os clientes. A próxima seção tratará dessas questões pelo viés prático, ou seja, a análise do questionário proposto ao empreendedor do ramo de incorporação imobiliária.

3. METODOLOGIA

Antes de iniciar a coleta e análise de informações, foi necessário compreender como avaliar uma questão tão específica quanto a incorporação imobiliária no município de Três Rios, sem haver comprometimento na qualidade do trabalho proposto. Para tanto, a modalidade de pesquisa mais adequada foi o Estudo de Caso, visto que é preciso um olhar aprofundado sobre uma problemática ainda não abordada a partir de dados teóricos e empíricos (VENTURA, 2007).

Desse modo, convém compreender que o presente estudo é de tipo exploratório, cuja captação de dados será pautada em valores qualitativos. A obtenção de tais dados será feita a partir de fontes acadêmicas multidisciplinares, em especial as áreas da Engenharia Civil, Geografia e Direito Urbanístico, neste caso para a análise da legislação vigente sobre as questões de ordem imobiliária.

Assim, a Fundamentação Teórica foi dividida em unidades temáticas breves, ou seja, duas seções distintas em que uma delas apresenta subseções. A primeira das seções é mais voltada para a compreensão de Três Rios, como cidade localizada na história e no espaço. Desse modo serão apresentados dados que apresentam o município e ainda indicadores sociais e geográficos atuais. A segunda seção, dividida em duas subseções, trata inicialmente da Incorporação Imobiliária e sua expansão nas cidades do interior, considerando os processos de urbanização brasileira, e posteriormente, o impacto da legislação trirriense sobre a construção civil, além de analisar brevemente a incorporação imobiliária enquanto fonte de renda.

Além disso, para fins de maior embasamento técnico, foi aplicado um questionário a um dos empresários do ramo na região. A junção de conhecimento teórico e prático possibilita um entendimento maior do setor imobiliário no município de Três Rios, bem como questões sociais envolvidas no processo de urbanização e novas condições de moradia.

A utilização do questionário permite que se colem informações com base na experiência real de um empresário do ramo imobiliário e isso trará a perspectiva de um trirriense envolvido no setor e suas principais dificuldades com a incorporação imobiliária local. A coleta desses dados foi feita no dia 26 do mês de outubro do ano de 2021. Sobre o questionário em si, entende-se que, ao todo, haverá 10 (dez) questões, cerca de 8 (oito) de natureza discursiva e 2 (duas) objetivas, realizadas na forma de uma entrevista e digitalizadas para futura conferência.

A observação desses dados permite a obtenção de um panorama sobre o posicionamento municipal em relação à incorporação imobiliária a partir de uma visão interna. Assim, considerando o setor é afetado pelas flutuações do mercado e pelas condições de desenvolvimento social local, um estudo como este seria bastante viável para análises preliminares das condições que regulamentam a expansão urbana no interior brasileiro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como mencionado anteriormente, o presente estudo é, antes de tudo, a busca pela compreensão dos benefícios da Incorporação Imobiliária enquanto empreendimento. Nesse sentido foram utilizadas diversas fontes de conhecimento teórico, embora isso não seja o bastante para a construção da discussão proposta. Por esse motivo, a utilização de um questionário com perguntas majoritariamente discursivas demonstrou ser uma opção viável para a apresentação do assunto e contato com o entrevistado.

Em Três Rios, atualmente, existem 6 empresas de construção civil que, em alguma vez, já utilizaram da incorporação imobiliária, sendo elas: Concel, HWJ, B2b, Chartuni e Prefah. Como estudantes tivemos acesso apenas a uma empresa para realizar a entrevista.

A escolha do entrevistado foi estratégica para a construção desta seção, uma vez que ele não só atua no ramo de construção civil como também está envolvido no setor de Incorporação Imobiliária em cargo administrativo. Tais características lhe fornecem visão privilegiada sobre o assunto, especialmente sob a perspectiva de crescimento urbano em Três Rios.

Em seguida, há a transcrição do questionário e suas respostas com as devidas adequações ortográficas. Após o relato desse conteúdo, a análise dos dados é posteriormente apresentada.

1. Como é analisada a geração de renda e empregos para a cidade de Três Rios com o início de um novo projeto?

R.: A incorporação imobiliária é um dos maiores pilares do desenvolvimento econômico de uma cidade. Além dos empregos e vendas, existe um grande número de profissionais a serem contratados, impostos gerados, o que movimenta de forma significativa o fluxo financeiro local.

2. O que difere a incorporação imobiliária de outros modelos de construção no quesito cronológico e financeiro no empreendimento?

R.: De forma resumida e direta, incorporação imobiliária é a venda de imóveis na planta. Dessa forma é o melhor modelo para empreender, pois você utiliza recursos de terceiros para a realização do projeto.

3. Como o VGV (Valor Geral de Venda) influencia na eficiência de uma incorporação imobiliária?

R.: A eficiência é medida pelo lucro da incorporação. Dessa forma o incorporador pode ter um empreendimento com um VGV alto, porém uma margem de lucro pequena, não justificando o risco a correr no negócio. Por outro lado, pode existir

um empreendimento com VGV baixa, porém com baixa margem de lucro e menos risco.

4. Qual o aspecto mais importante para a viabilidade da incorporação imobiliária?

R.:

1. Localização do empreendimento;
2. Preço dos imóveis prontos no local;
3. Preço dos imóveis a serem construídos.

5. Como você avalia a viabilidade de permuta na incorporação imobiliária?

R.: No primeiro passo, analisa-se o valor de mercado do terreno, depois o VGV do empreendimento. Após isso, se o coeficiente de permuta deixar os preços das unidades a serem vendidas atrativos para o mercado e o proprietário, o negócio fará sucesso.

6. Há uma limitação de metragem para que a construção imobiliária seja viável em Três Rios?

R.: É preciso que sejam utilizados pelo menos 250 m² e 10 m de frente para casas e 360 m² com 15 m de frente para prédios.

7. O valor do imóvel é diretamente ligado à sua localização. Sendo assim, você vislumbra a possibilidade de futuros projetos nos bairros adjacentes ao centro de Três Rios?

R.: (X) Em partes

8. Quanto a localização influencia na incorporação imobiliária?

R.: (X) 76%

9. Classifique de 1 a 5 os aspectos apresentados abaixo que contribuem para a liquidez de um empreendimento, sendo 1 o mais importante e 5 o menos relevante.

R.: (4) LAZER; (5) CONFORTO; (1) LOCALIZAÇÃO; (3) SEGURANÇA; (2)

CUSTO.

10. Existem dificuldades para a realização da incorporação imobiliária em Três Rios?

R.: Sim, muitas. Todas relacionadas ao poder público, pois existe demora, burocracia para a aprovação de projetos e altos custos iniciais. Há ainda a questão comercial, pois o mercado dos corretores não está preparado para a venda de imóveis na planta.

Existe ainda algum comentário a ser feito sobre o assunto abordado?

R.: Viva a incorporação imobiliária, o xadrez dos imóveis.

Para a formação de uma base de conhecimento sólida, é importante que haja um equilíbrio entre conhecimento teórico e prático. Nesse sentido, a elaboração

do questionário acima e as respostas fornecidas pelo entrevistado ofereceram dados a respeito da incorporação imobiliária a partir de uma perspectiva localizada. Essa posição privilegiada garante o acesso ao funcionamento interno do empreendimento, bem como cria espaço para o debate e aprendizagem.

Como se sabe, a construção civil é uma área dinâmica e, portanto, se espalha por diversas frentes de ação. Nesse sentido, o entrevistado, ao responder a primeira questão, aponta que a incorporação imobiliária é fonte de transformação social na medida em que gera postos de trabalho e receita para o município. Essa afirmação é semelhante à de Silva *et al.* (2012) cujo posicionamento é de que a construção civil como um todo é um dos setores que mais propicia possibilidade de crescimento profissional e retorno financeiro, desde que os riscos sejam calculados de forma adequada.

O entrevistado também mencionou que a incorporação imobiliária é um modelo viável justamente porque os gastos com investimento, caso obtidos de terceiros, podem ser diminuídos. Em uma linha de pensamento complementar, Tutikian (2006) defende que uma das vantagens da incorporação imobiliária é esta capacidade de barateamento do custo inicial e, como consequência desejável, o oferecimento de moradias de qualidade com menos intermediação de entidades financeiras para a construção.

Ainda sob os aspectos de investimento em incorporação imobiliária, o entrevistado afirma que as questões relacionadas ao Valor Geral de Venda são relativas, visto que nem sempre o empreendimento com VGV maior é o mais rentável. Logo, sob essa perspectiva entende-se que predomina a lógica do lucro:

O que está em jogo entre incorporador e proprietário do terreno, portanto, é a repartição do sobre lucro, não a participação no conjunto do lucro interno da operação. A repartição do sobre lucro entre incorporador e proprietário do terreno será o resultado da relação social entre capital da incorporação e propriedade do solo. (HOYLER, 2015 p. 339)

Ou seja, como observado até o momento, o entrevistado buscou estabelecer a incorporação imobiliária cujas ações estratégicas visam à obtenção de lucro e pouco risco. Logo, a análise das respostas para as perguntas de número quatro, sete e oito, indica que o incorporador traça planos com base na localização dos imóveis e isso é reflexo do próprio modelo de empreendimento. Novamente citando Hoyler (2015), percebe-se que tal postura é resultado de fatores ligados à própria urbanização, uma vez que a terra, especialmente em cidades pequenas, é um bem de difícil aquisição.

Portanto, a escolha de locais mais valorizados implica na abertura de melhores negócios com clientes potenciais.

Continuando a discussão a respeito da rentabilidade de empreendimentos e lucro, o entrevistado apresenta seu ponto de vista sobre a viabilidade de permutas na resposta da quinta questão. Ele apontou a prevalência dos interesses do mercado sobre quaisquer impressões iniciais de compra e venda de imóveis. Isso quer dizer que o VGV, embora pareça um medidor definitivo, nesse caso, funciona em conjunto com o coeficiente da permuta. A utilização destes métodos visa a garantir a segurança jurídica de todos os envolvidos, uma vez que, quando se trata da negociação de bens futuros, toda cautela é necessária (SANTOS; MAIRINK; ALMEIDA, 2020).

Como demonstrado pelo presente estudo, a cidade de Três Rios conta com uma série de leis que regulam o uso do solo urbano, bem como os trabalhos de construção civil na cidade. Em decorrência desses fatores, compreende-se que existem limitações de possibilidades do trabalho a ser realizado. Uma delas — como explicitado pelo entrevistado na resposta para a sexta questão — é a marcação de uma metragem mínima para a execução das obras. Nesse caso, existem problemas de aproveitamento dos terrenos disponíveis para construção na cidade, visto que nem sempre o lucro obtido pelos que possuem o padrão mínimo compensariam o custo.

Embora os temas já tenham sido brevemente explorados em questões anteriores, é na nona que o entrevistado categoriza os pontos de importância para um empreendimento de incorporação imobiliária. Se as outras respostas indicam a localização como fator primordial para a escolha de áreas de construção, essa define claramente quais os pontos de interesse para o incorporador. Tal posicionamento é condizente com a estrutura de empreendimento proposta pela incorporação imobiliária. Nesse sentido, se o objetivo é a obtenção de lucro, o ideal é a escolha de um bom terreno para construção, pois essa é a base do trabalho do incorporador (CAMARGO, 2011). O controle de gastos é fundamental para qualquer empreendimento e os outros fatores citados, embora sejam importantes, não necessariamente se relacionam à construção em si, visto que podem ser alterados posteriormente por terceiros.

Para finalizar a análise das respostas do questionário, foi necessário compreender quais as dificuldades que um incorporador enfrenta na cidade de Três Rios. O entrevistado apresenta dois tipos de problemática: a) a excessiva burocracia que atrasa o andamento do trabalho; b) a falta de profissionais qualificados para a

comercialização dos imóveis. O primeiro caso foi abordado em uma das sessões e, considerando o custo das taxas iniciais, documentação e liberação dos lotes, percebe-se que construir é um processo oneroso e cheio de especificidades. Enquanto isso, o segundo caso, é resultado de medidas precipitadas e, a depender do local escolhido, falta de experiência com os processos de venda dos serviços ou mesmo gestão ineficiente dos projetos (MACHADO, 2014).

Após a análise de todas as respostas fornecidas pelo entrevistado, compreendeu-se que a incorporação imobiliária é, de fato, uma atividade rentável. Sua colaboração trouxe informações valiosas, em especial aquelas relacionadas à diferença entre os processos de construção vistos de forma teórica e sendo encarados a partir de um olhar técnico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil é um dos setores mais importantes da economia brasileira e, embora esteja sujeito às mais diversas flutuações do mercado, encontra espaço para crescimento. Isso acontece porque a urbanização, mesmo que tardia e mal distribuída, traz consigo a necessidade do progresso em diversas áreas, inclusive a habitacional.

Sob essa perspectiva, a incorporação imobiliária surge como empreendimento viável na medida em que torna possível a centralização do trabalho, projeto inicial até a comercialização, nas mãos de um mesmo grupo. Esse modelo de contratação de serviços é mais vantajoso, em cidades do interior, como é o caso de Três Rios, pois movimenta a economia local ao gerar diversos postos de emprego regularizados e receita para a prefeitura. Além disso, existe o fator de praticidade que permite a conclusão de obras de modo mais rápido e eficiente, visto que não há dispersão nos serviços.

Outro ponto a ser citado é que, apesar da burocracia e dificuldade em encontrar corretores que entendam o sistema de incorporação e suas implicações, a lucratividade dos empreendimentos tende a viabilizar a execução dos projetos. A chave é entender o funcionamento do município e buscar soluções para os impasses surgidos ao longo do percurso, visto que a terra é um bem social que pode ser utilizado para melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Assim, o presente estudo compreende a incorporação imobiliária como uma excelente opção de negócio para as cidades de pequeno a médio porte. De fato, como expresso pelo entrevistado ao final do questionário, este modelo de contratação é o

“xadrez dos imóveis” justamente porque exige um bom entendimento do jogo e o melhor posicionamento das peças para que o empreendimento funcione.

REFERÊNCIAS

BAYLÃO, André Luís da Silva. **O desenvolvimento econômico da microrregião de três rios no centro-sul fluminense no estado do Rio de Janeiro, no período de 2004 a 2010**. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Departamento de Gestão e Negócios, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2013. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/519>. Acesso em: 10 jul. 2021.

BRASIL. Lei nº 4.591/1964 de 16 de dezembro de 1964. Dispõe sobre o condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias. **Lei Ordinária**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4591.htm. Acesso em: 16 jul. 2021.

BRAVIN, Nilvam Jerônimo Ribeiro. O ESPAÇO URBANO: da construção e valorização a problemática habitacional. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, [S.L], v. 1, n. 2, p. 105-117, jul. 2009. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/Observatorium/article/view/44066>. Acesso em: 24 ago. 2021.

BURMANN, Tatiane; CENCI, Daniel. URBANIZAÇÃO E CIDADANIA: conflitos e contradições da cidade contemporânea. **Revista Direito UFMS**, Campo Grande, v. 3, n. 2, p. 85-102, jul. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/revdir/article/view/5006>. Acesso em: 10 maio 2021.

CAMARGO, Cristiane Bueno de. **RECONHECIMENTO DE FATORES QUE MOTIVAM A INTENSIFICAÇÃO DE ROTINAS PROATIVAS NO PROCESSO DE SELEÇÃO DE TERRENOS PARA INCORPORAÇÃO IMOBILIÁRIA**: estudos de caso. 2011. 242 f. Monografia (Especialização) - Curso de Real Estate - Economia Setorial e Mercados, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://poli-integra.poli.usp.br/monografias/?key=Camargo&ano=2011&curso=>. Acesso em: 29 out. 2021.

CUNHA LIMA ROSADO BATISTA, M.; BEZERRA E SILVA LIRA, ÚRSULA. A LEI DE INCORPORAÇÃO IMOBILIÁRIA E SUA APLICAÇÃO AOS LOTEAMENTOS. **Revista de Estudos Jurídicos do UNI-RN**, n. 2, p. 26, 30 jul. 2019. Disponível em: <http://revistas.unirn.edu.br/index.php/revistajuridica/article/view/591>. Acesso em: 15 set. 2021.

DALL'ASTA, Érica. **Crescimento populacional e sustentabilidade das cidades**: em busca de um modelo conceitual para o planejamento urbano. 2014. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/127911>. Acesso em: 24 ago. 2021.

HOYLER, Telma. **Qual o lugar das cidades no mercado imobiliário financeirizado?** Revisitando conceitos críticos a partir do caso brasileiro. **Oculum Ensaios**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 335-344, jul. 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=351743262010>. Acesso em: 28 out. 2021.

HOYLER, Telma. Incorporação imobiliária e intermediação de interesses em São Paulo. 2014. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Política), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8131/tde-30042015-191841/pt-br.php>. Acesso em: 25 set. 2021.

HOYLER, Telma. Regulando a incorporação imobiliária em São Paulo: burocracia, instrumentos e negociações. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 80-97, jan. 2019. 1 Este artigo é uma versão modificada do capítulo publicado no livro “As políticas do urbano em São Paulo” organizado por Eduardo Marques, lançado em 2018 pela editora Unesp. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeur/a/PrZKQVx8q5gBNB7MGxWNNGP#>. Acesso em: 18 set. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama: Três Rios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/tres-rios/panorama>. Acesso em: 02 maio 2021.

KREBS, Alzira Pereira. **Legislação urbana e (des)construção da urbanidade**: uma análise observacional dos efeitos das leis municipais na perspectiva de um técnico. 2002. 194 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/83739>. Acesso em: 10 jul. 2021.

LIMONAD, Ester. Entre a Urbanização e a Sub-Urbanização do Território. In: XI ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRAUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 11., 2005, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: Enanpur, 2005. p. 1-18. Disponível em: https://www.academia.edu/25386495/Entre_a_urbaniza%C3%A7%C3%A3o_e_sub_urbaniza%C3%A7%C3%A3o_do_territ%C3%B3rio?from=cover_page. Acesso em: 15 set. 2021.

MACHADO, Mariana Teles. **Análise do processo de incorporação imobiliária como agente facilitador do sistema de gestão de projetos de empreendimentos**. 2014. 90 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/VRNS-9TNQCK>. Acesso em: 29 out. 2021.

MATOS, Ralfo; FERREIRA, Rodrigo Nunes. MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE E BAIXA DENSIDADE DO SUDESTE BRASILEIRO: municípios de pequeno porte e baixa densidade do sudeste brasileiro. In: A GEOGRAFIA NA CONSTRUÇÃO DO FUTURO DESEJADO, 1., 2016, Porto. **Anais [...]**. [S.L.]: Cegot, 2016. p. 111-131. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Mateus-Abrita/publication/336999305_DESENVOLVIMENTO_E_INTEGRACAO_REGIONAL_DO_CENTROOESTE_BRASILEIRO_NO_PERIODO_DE_2011_A_20151/links/5db

ec60fa6fdcc2128fe0a6d/DESENVOLVIMENTO-E-INTEGRACAO-REGIONAL-DO-CENTROOESTE-BRASILEIRO-NO-PERODO-DE-2011-A-20151.pdf#page=112. Acesso em: 10 maio 2021.

MONTEIRO FILHA, Dulce Corrêa; COSTA, Ana Cristina Rodrigues da; ROCHA, Érico Rial Pinto da. **Perspectivas e desafios para inovar na construção civil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 31, p. 353-410, mar. 2010. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4522> Acesso em: 10 jul. 2021.

QUINTO JR, Luiz de Pinedo. Nova legislação urbana e os velhos fantasmas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 17, n. 47, p. 187-196, jan. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/DRdfTnpMQZFyJnWbzwRZmvt/?lang=pt#>. Acesso em: 16 jul. 2021.

RUFINO, Maria Beatriz Cruz. A incorporação da metrópole: algumas considerações sobre a produção imobiliária e a metropolização. In: FERREIRA, Alvaro; SILVA, Augusto César Pinheiro da; MARAFON, Glaucio José; RUA, João. **Metropolização do espaço: gestão territorial e relações urbano-rurais**. Rio de Janeiro: Editora Consequência, 2013. p. 133-151. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/10853/1/ICS_JFErao_Governanca_CLI.pdf. Acesso em: 15 set. 2021.

SANTOS, N.; MAIRINK, C.; ALMEIDA, G. Permuta de terreno e a segurança jurídica para as incorporações imobiliárias. **LIBERTAS: Revista de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 10, n. 1, p. 203-224, 28 jul. 2020.

SILVA, Roberto Carlos E. de Oliveira da *et al.* AS TRANSFORMAÇÕES DO MERCADO IMOBILIÁRIO BRASILEIRO NOS ANOS 2000: uma análise do ponto de vista legal e econômico. **Revista da Ciência da Administração**, [S.L], v. 6, n. 2, p. 45-65, ago. 2012. Disponível em: <http://fcap.poli.br/wp-content/uploads/2019/06/fcaped6.pdf>. Acesso em: 29 out. 2021.

SIMON, Gilberto. Polo Industrial de Três Rios: incentivos atraem 872 empresas à cidade fluminense! **Porto Imagem**, 2011. Disponível em: <https://portoimagem.wordpress.com/2011/11/24/polo-industrial-de-tres-rios-incentivos-atraem-872-empresas-a-cidade-fluminense/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

SOUZA, Aline Amaral de. O papel do crédito imobiliário na dinâmica do mercado habitacional brasileiro. São Paulo: **ABECIP**, 2006. Disponível em: http://periciajudicial.adm.br/pdfs/A_Fun%C3%A7%C3%A3o_Social_Tereza_C_Ferreira_Premio_abecip-2.pdf#page=110. Acesso em: 30 set. 2021.

SOUZA FILHO, Carlos Alberto Diogo de. **A Incorporação Imobiliária: teoria e prática no registro de imóveis**. 2012. 123 f. Monografia (Especialização) - Curso de Direito Imobiliário, Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/K215780.pdf. Acesso em: 30 set. 2021.

STAMM, Cristiano. **O fenômeno dos movimentos pendulares dos trabalhadores intermunicipais entre cidades de porte médio: o caso de cascavel e Toledo (PR)**. 2005. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Regional e do

Agronegócio, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2005. Disponível em: <http://tede.unioeste.br:8080/tede/handle/tede/2234>. Acesso em: 10 jul. 2021.

TRÊS RIOS. Prefeitura Municipal de Três Rios. Plano Diretor Urbano e Rural de Três Rios. Disponível em: <https://tresrios.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/L3906-13-Plano-Diretor-Urbano-e-Rural-PDU.pdf> Acesso em: 25 set. 2021.

TRÊS RIOS. Lei nº 3.053 de 14 de novembro de 2007. Dispõe sobre o Código de Meio Ambiente e dá outras providências. **Lei Ordinária**. Disponível em: https://tresrios.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/codigo_de_meio_ambiente_-_lei_3053-2007-1.pdf. Acesso em: 25 set. 2021.

TRÊS RIOS. Lei nº 3.990 de 27 de dezembro de 2013. Dispõe sobre o Código de Obras do Município de Três Rios, e adota outras providências. **Lei Ordinária**. Disponível em: <https://tresrios.rj.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/Lei-3990-Co%CC%81digo-de-Obras.pdf> . Acesso em: 17 set. 2021.

TRÊS RIOS. PREFEITURA DE TRÊS RIOS. **Nossa História**. 2021. Texto elaborado por Ezilma Maria Teixeira. Disponível em: <https://tresrios.rj.gov.br/index.php/nossa-cidade/>. Acesso em: 10 maio 2021.

TUTIKIAN, Cláudia Fonseca. **A INCORPORAÇÃO IMOBILIÁRIA NA EFETIVAÇÃO DO DIREITO FUNDAMENTAL À MORADIA**. 2006. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direito, Universidade Luterana do Brasil, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/teste/arqs/cp054075.pdf>. Acesso em: 29 out. 2021.

UGEDA JÚNIOR, José Carlos. PLANEJAMENTO DA PAISAGEM E PLANEJAMENTO URBANO: reflexões sobre a urbanização brasileira. **Revista Mato-Grossense de Geografia**, Cuiabá, v. 17, n. 1, p. 101-116, jan. 2014. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geografia/article/view/764>. Acesso em: 10 jul. 2021.

VENTURA, Magda Maria. O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa. Revista da SOCERJ, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 383-386, set. 2007. Disponível em: http://sociedades.cardiol.br/socerj/revista/2007_05/a2007_v20_n05_art10.pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

VIVA DECORA. **O que é Espaço Urbano?** Tudo que você precisa saber! Viva Decora Pro, 2021. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/curiosidades/espaco-urbano/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

ANÁLISE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM TRÊS RIOS/RJ

ACADÊMICOS: Kariny Ferreira Moreira e Lorena De Oliveira Rempto Babo.

ORIENTADOR: Prof^a. Esp. Rita de Cássia Teixeira Assis

LINHA DE PESQUISA: Saneamento e Meio Ambiente.

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo analisar como as construtoras da cidade de Três Rios/RJ fazem a gestão de seus resíduos sólidos, a fim de verificar se sua destinação está correta e se conseguem aproveitá-los. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e exploratória, com coleta de dados em empresas da cidade. Pela coleta de dados feita nas construtoras da cidade, pôde-se perceber que o gerenciamento de resíduos não está sendo feito de forma correta e efetiva por nenhuma das empresas analisadas, mesmo com a maioria acreditando dispor de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos. Percebe-se que as empresas contratam terceirizadas e não procuram averiguar a destinação de seus resíduos. Uma solução eficaz seria o aumento de fiscalização referente aos resíduos gerados nas construtoras e a conscientização das empresas e de toda população sobre o quanto os resíduos gerados pela construção civil afetam o meio ambiente.

PALAVRAS CHAVE: Resíduos Sólidos; Gerenciamento; Construtoras; Meio Ambiente.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil tem uma parcela significativa no PIB (Produto Interno Bruto) nacional e, por isso, o Brasil foi visto como um “canteiro de obras” pelas mídias, por conta do seu desenvolvimento rápido, crescente e por empregar muitas pessoas. Porém o aumento de construções acarretou muitos entulhos e resíduos no Brasil (SCHWENGBER, 2015).

De acordo com Vargas (2018), a exploração dos recursos naturais e o crescimento na produção de resíduos decorrentes da construção civil estão relacionados ao desenvolvimento das cidades e ao crescimento populacional.

Esses resíduos oriundos da construção civil são chamados resíduos da construção civil (RCC). O gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil precisa estar de acordo com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos e com a Constituição Federal de 1988 (Lei Federal, 12.305/2010), de acordo com Schwengber (2015).

Os resíduos da construção civil devem ser regidos pelas normas estabelecidas de acordo com os órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) de acordo com o Decreto regulamentador nº 7.404/2010 e devem seguir a Resolução Conama nº 307/2002, que estabelece orientações, critérios e métodos para gerir os resíduos na construção civil, orientando ações necessárias para minimizar impactos ambientais.

Buscando atender à responsabilidade com o meio ambiente e sustentabilidade, algumas empresas se preocupam com a separação dos resíduos, a fim de reduzi-los e utilizá-los de maneira racional, além de diminuir os custos da construção (JUNIOR, 2019).

A indústria da construção precisa se adaptar a uma nova realidade de mercado, os materiais descartados necessitam ser reutilizados. A reutilização desses materiais nas obras precisa ser acompanhada de projetos sustentáveis. Os agregados são utilizados, frequentemente, na construção civil, resultando em um grande desperdício. Seu reaproveitamento ainda não atende às expectativas de um futuro próximo, mesmo sendo um recurso finito. Para colaborar com o entendimento do reaproveitamento e da função que cada material tem para determinada aplicação, é necessário conhecer suas propriedades e características (SILVA *et al.*, 2020).

Quanto à problemática da pesquisa, muito tem se falado de questões relacionadas à sustentabilidade e proteção do meio ambiente. A construção civil causa

diversos danos quando seus resíduos são descartados de forma incorreta, por isso é necessário que se tenha uma boa gestão, podendo verificar quais materiais podem ser reaproveitados e quais podem ser reciclados. Por isso é imprescindível realizar a gestão dos RCC.

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo analisar como as construtoras da cidade de Três Rios/RJ fazem a gestão de seus resíduos sólidos, a fim de verificar se a destinação de seus resíduos está correta e se conseguem aproveitá-los.

Trabalhos como este são importantes para apresentar propostas do gerenciamento correto dos resíduos sólidos provenientes da construção civil, visando a diminuir os danos ambientais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Gerenciamento de Resíduos sólidos da construção civil

Abreu (2016), em sua tese, constatou que, para elaborar um eficaz plano de gerenciamento integrado de resíduos da construção civil – PGRCC, é necessário ter uma equipe multidisciplinar, sendo fundamental a colaboração de profissionais da área de engenharia com grande sabedoria em gestão ambiental e obras.

De acordo com Matos *et al.* (2019), os agentes geradores de resíduos são responsáveis por sua gestão, devendo assegurar que estes materiais sejam armazenados, quantificados, transportados e encaminhados para locais onde possam ser depositados ou aproveitados corretamente. O setor da construção civil é uma das atividades econômicas que causam impactos diretos no meio ambiente em diversos aspectos. Considerando a carência atual do setor da construção por novas tecnologias de gestão e sua importância econômica e social, ações que melhorem o gerenciamento terão grande importância para alcançar o desenvolvimento sustentável.

Palamin (2016) conclui que os principais motivos a serem relacionados aos RCC é a inexistência de conhecimento da população local, pequenas cidades, quanto às corretas providências que precisam ser tomadas. Geralmente, o descarte desses materiais é feito de maneira imprópria, até mesmo em áreas de proteção ambiental e estradas. Além da falta de monitoramento específico nas áreas clandestinas.

O hábito de acomodar incorretamente os resíduos da construção civil traz diversos impactos desfavoráveis, como gerar o crescimento de vetores de doenças,

afetar a infraestrutura da cidade, fechar os sistemas de drenagem e interferir no trânsito de veículos e pessoas (KLEIN e DIAS, 2017).

O crescimento incontrolado de substâncias químicas, especialmente de resíduos sólidos, afirma a noção que a sociedade está em “risco”, já que se está à frente de um problema global, que cruza as fronteiras dos países. Essas substâncias persistem no tempo e representam um risco de autodestruição para a humanidade, pois acarretam danos irreversíveis para o meio ambiente e a saúde humana (ARAÚJO, 2018).

De acordo com Silva *et al.* (2015), existe uma inter-relação entre a gestão de resíduos, saúde e o meio ambiente. Portanto, pode-se dizer que a gestão de resíduos sólidos se encaixa nas atividades de saneamento básico. Dessa forma, ações de gerenciamento de resíduos da construção civil necessitam ser inter-relacionadas para colaborar com a melhoria da qualidade ambiental proporcionada à população.

De acordo com Silva e Pertel (2020), em determinados casos, a fiscalização em construtoras de pequeno e médio porte não é eficiente e a falta de informações causa danos a todos (sociedade e meio ambiente). É de suma importância existir um profissional responsável capacitado para gerenciar os resíduos nas construções e é importante o estímulo ao treinamento das equipes de obra.

Carvalho *et al.* (2019) afirmam que quando a legislação ambiental nacional, estadual e municipal quanto aos resíduos sólidos é efetiva, minimiza os impactos causados. Todavia, isso deve ocorrer de forma significativa, tendo o apoio de políticas públicas coerentes. O papel da população também se espelha no gerenciamento por meio do controle e fiscalização das normas ambientais.

Com a implantação de equipamentos para reciclagem, os resíduos sólidos gerados pelas obras podem ser reciclados e reutilizados no próprio canteiro de obra. Além de reduzir os custos, ajudam a minimizar impactos ambientais ocasionados pela construção civil e preservam os recursos naturais que são esgotáveis e finitos. Por isso visualiza-se um futuro em que isso poderá se tornar obrigatório (SILVA *et al.*, 2017).

Mesmo com diferentes dados sobre o percentual de reaproveitamento dos resíduos da construção e demolição (RCD), a sociedade busca cada vez mais, reduzir a geração e reaproveitar esses resíduos. Isso se observa pelas legislações e pelo uso em diversas aplicabilidades, principalmente na indústria da construção civil, na forma de agregados reciclados, a fim de retornar estes materiais à cadeia da construção.

Agregados reciclados apresentam um custo de produção inferior ao dos agregados naturais e, além disso, promovem um “ganho ambiental”, já que, ao invés de extrair matéria prima, vai dar um destino a esse tipo de resíduo (BRASILEIRO *et al.*, 2015).

A resolução CONAMA nº. 307 de 2002 estabelece critérios, instruções e procedimentos a serem implantados durante a execução das obras, a fim de reduzir os impactos ambientais causados pelos resíduos da construção civil. Esses critérios podem e devem ser empregados em qualquer tipo de construção que produza resíduos (CONAMA, 2002).

2.2 Classificação dos Resíduos da construção civil (RCC)

Segundo a Resolução CONAMA nº.307/2002, os Resíduos da construção podem ser classificados de acordo com classes.

I) Tipo de RCC- Classe A:

Definição: São resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.

Exemplos: resíduos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; resíduos de componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; resíduos oriundos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Destinações: Reutilização ou reciclagem na forma de agregados, ou encaminhados às áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

II) Tipo de RCC-Classe B:

Definição: São os resíduos recicláveis para outras destinações.

Exemplos: Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

Destinações: Reutilização/reciclagem ou encaminhamento às áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

III) Tipo de RCC- Classe C:

Definição: São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou

aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/ recuperação.

Exemplos: produtos oriundos do gesso.

Destinações: Armazenamento, transporte e destinação final conforme normas técnicas específicas.

IV) Tipo de RCC-Classe D:

Definição: São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção.

Exemplos: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Destinações: Armazenamento, transporte, reutilização e destinação final conforme normas técnicas específicas.

2.3 Normatização

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou, em 2004, diversas normas relacionadas aos resíduos da construção civil, pois a geração desses resíduos tornou-se uma preocupação tanto aos impactos ambientais gerados quanto à relação de sua destinação. As normas são:

ABNT, NBR 15112; 2004 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Área de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Essa norma estabelece os requisitos exigidos para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos.

ABNT, NBR 15113; 2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Essa norma determina condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos da construção civil classe A e de resíduos inertes.

ABNT, NBR 15114; 2004 – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Essa norma estipula os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A.

ABNT, NBR 15115; 2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.

Essa norma determina os parâmetros 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, NBR 15116; 2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Essa norma determina os requisitos necessários para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil.

Além dos assuntos tratados pela norma, em que geralmente é tratado de transbordo e triagem, aterros dos resíduos da construção civil, áreas de reciclagem e o uso de agregados reciclados na execução de camadas de pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural, encontram-se, conforme citado anteriormente a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, diretrizes, parâmetros e procedimentos para gerir os resíduos da construção civil.

2.4 PBQP-h (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat) e a gestão de resíduos sólidos.

Segundo o site do Ministério do Desenvolvimento Regional, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) é um dispositivo do Governo federal para a execução dos compromissos acordados pelo Brasil quando da assinatura da Carta de Istambul. Tem como meta organizar o setor da construção civil em torno de dois assuntos principais: melhoria da qualidade habitacional e modernização produtiva. Para alcançar esses objetivos, depende de vários fatores, como: avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras, melhoria da qualidade de materiais, formação e requalificação de mão-de-obra, normalização técnica, capacitação de laboratórios, avaliação de tecnologias inovadoras, informação ao consumidor e promoção da comunicação entre os setores envolvidos. Com isso, espera-se o aumento da concorrência no setor, melhoria da qualidade de serviços e produtos, diminuição de gastos e a aperfeiçoamento do uso dos recursos públicos.

Conforme o Regimento Geral do Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SIAC) atualizado pela Portaria nº 577, de 30 de março de 2021, os objetivos da qualidade que as construtoras devem estabelecer devem inserir propostas de sustentabilidade nos canteiros de obras, considerando, no mínimo, conservação de água, eficiência energética e redução da

geração de resíduos. O item 6.2.2 do Regimento mostra que, para conseguir reduzir a geração dos resíduos, a construtora deve determinar: o que será feito; quais recursos serão requeridos; quem será responsável; quando o objetivo será considerado alcançado (metas) e como os resultados serão avaliados. O indicador de geração de resíduos na finalização da obra se dá pelo volume total de resíduos descartados (excluído solo e demolição de edificações pré-existentes) por m² de área construída – medido de modo acumulado ao final da obra, em m³ de resíduos descartados por m² de área construída.

3. METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma pesquisa bibliográfica e exploratória, com coleta de dados em empresas da cidade de Três Rios. A cidade em estudo está localizada no centro-sul fluminense e fica a, aproximadamente, 125 km do Rio de Janeiro, com uma população de aproximadamente 82.142 habitantes, e área territorial de 322,843 km², segundo o IBGE (2020).

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), em um sentido amplo, pesquisar é buscar uma informação desconhecida e que necessita ser compreendida. Verificar documentos, investigar livros e revistas, fazer indagações para obter respostas são formas de pesquisa. Esse sentido amplo de pesquisa se compara ao conceito de pesquisa como abordagem de investigação científica cujo objetivo é comprovar hipótese com ajuda de processos científicos.

Pesquisas exploratórias são produzidas com objetivo de possibilitar a visão geral, de tipo aproximativo, sobre determinado fato. Esse tipo de pesquisa é elaborado especialmente quando o tema selecionado é pouco investigado e torna-se difícil criar hipóteses precisas e operacionalizáveis sobre ele. Embora este tipo de pesquisa seja bastante flexível, em grande parte dos casos assume a forma de pesquisa bibliográfica (GIL, 2002).

Para cumprir os objetivos propostos no presente trabalho, foram adotadas quatro etapas principais, sendo:

Primeira etapa: pesquisa biográfica para entender melhor sobre o tema e, assim, poder elaborar um questionário para ser empregado nas empresas. Para a primeira etapa, foram consultados diversos artigos encontrados em plataformas como *Google* acadêmico, *Scielo*, revistas e livros.

Segunda etapa: elaboração do questionário e busca dos *e-mails* de construtoras da cidade. O questionário continha nove questões e foi elaborado e respondido pela ferramenta *Google Forms*, visando a facilitar a resposta das empresas. As questões abordadas no questionário foram desenvolvidas a partir dos pontos mais importantes encontrados na primeira etapa, objetivando investigar se as empresas pesquisadas fazem a gestão de seus resíduos.

Terceira etapa: aplicação do questionário nas empresas. O questionário desenvolvido, foi enviado às construtoras via *e-mail*.

Quarta etapa - Análise dos dados obtidos no questionário, com desenvolvimento de gráficos com os resultados obtidos.

4.Resultados

Por meio dos questionários aplicados nas empresas, foi possível obter dados referentes ao gerenciamento dos resíduos sólidos no setor da construção civil na região de Três Rios. O questionário foi enviado para 35 empresas, porém somente 14 responderam-no.

Os dados obtidos estão apresentados a seguir.

A questão 1 (A empresa dispõe de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos?), o resultado obtido está apresentado na figura 1.

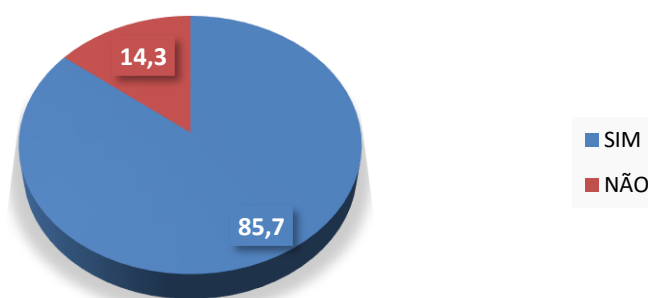


Figura 1 - Plano de gerenciamento de Resíduos Sólidos
Fonte: Autores (2021).

Observando o gráfico, percebe-se que 85,7%, ou seja, 12 empresas responderam que realizam um plano de gerenciamento dos resíduos. Ao fazer a análise, pode-se perceber que essa é uma porcentagem considerável, porém não

satisfatória, considerando a importância de se ter um Plano de gerenciamento nas empresas.

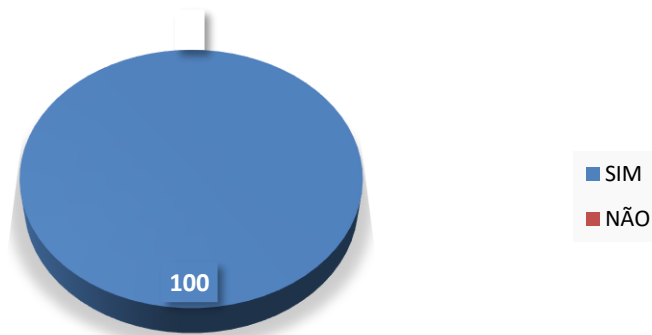


Figura 2- Local de descarte, é de acordo com a norma?
Fonte: Autores(2021).

A Figura 2, mostra o gráfico referente às respostas obtidas pela pergunta acima. Todas as empresas que contribuíram com o questionário consideram que fazem o descarte correto desses resíduos. Porém, ao obter as respostas das perguntas seguintes, observa-se que elas não têm certeza se realmente o descarte é feito em local apropriado.

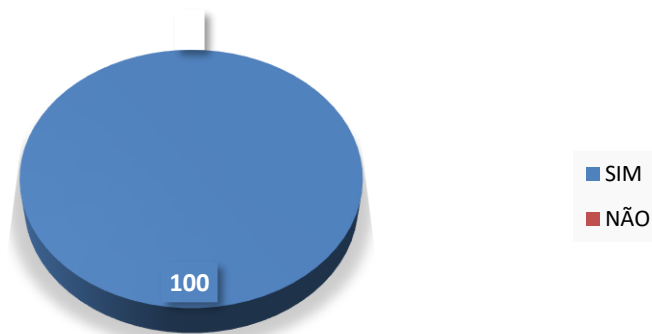


Figura 3- Contratação de terceirizados para a remoção dos entulhos?
Fonte: Autores(2021).

Por meio do gráfico obtido, podemos notar que 100% das empresas contratam uma empresa terceirizada para a remoção dos entulhos. O que muitas pessoas não

sabem é que mesmo contratando esse serviço, sua responsabilidade sobre seus entulhos permanece. As empresas são responsáveis pelos resíduos gerados até o destino final.

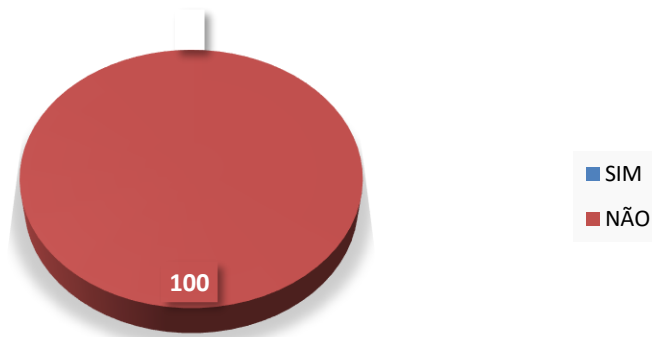


Figura 4- Futuro dos descartes desses resíduos pela terceirizada.
Fonte: Autores(2021).

Podemos perceber, na figura 4, que as empresas não sabem em que local as terceirizadas descartam os resíduos sólidos. Isso é muito preocupante, pois esse desconhecimento é sinal de que o gerenciamento feito nas empresas não está sendo feito de forma correta e não atende a requisitos necessários para contribuir com o meio ambiente.

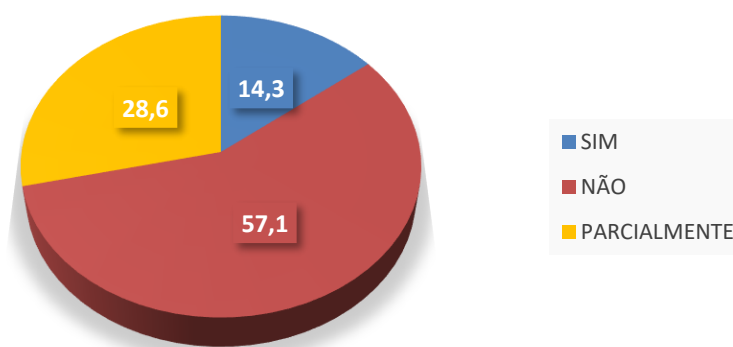


Figura 5- Reaproveitamento ou reciclagem dos resíduos oriundos da demolição.
Fonte: Autores (2021).

A figura 5 traz a representação do gráfico obtido a partir das respostas sobre a questão "A empresa faz algum tipo de reaproveitamento ou reciclagem dos resíduos

oriundos da demolição?”. A resposta obtida é que oito entre as quatorze empresas não fazem nenhum tipo de reaproveitamento.

Silva *et al.* (2017) afirmam que, com a implantação de equipamentos para reciclagem, os resíduos sólidos gerados pelas obras podem ser reciclados e reutilizados no próprio canteiro de obra. Além de reduzir os custos, isso ajuda a minimizar impactos ambientais ocasionados pela construção civil e preserva os recursos naturais que são esgotáveis e finitos.

Pelo gráfico pode-se verificar que isso não ocorre na maioria das empresas, pois somente quatro dessas responderam que reaproveitam ou reciclam seus resíduos. Mesmo sendo uma possibilidade para contribuir com o meio ambiente, essa prática evitaria que todo entulho fosse descartado e ajudaria a reduzir algum custo da empresa, pois poderiam estar aproveitando algum material e evitando comprá-lo novamente.

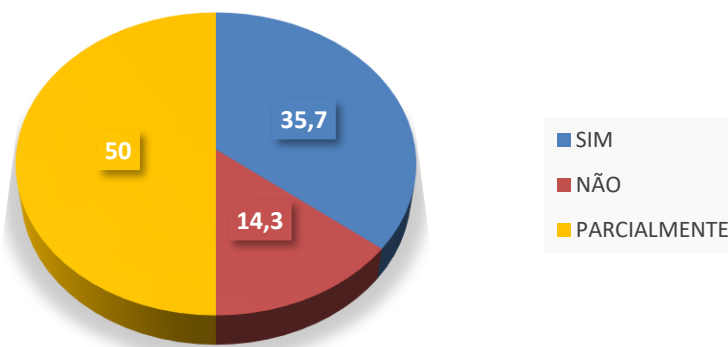


Figura 6- Conscientização dos trabalhadores sobre o dever de se fazer a separação dos resíduos para uma destinação correta.

Fonte: Autores (2021).

Pelo resultado exposto na figura 6, nem todas as empresas conscientizam seus trabalhadores sobre o dever de fazer a separação dos resíduos para uma destinação correta. Essa conscientização poderia ser feita com reuniões ou disposição de um mural com instruções de separação, entre outras formas. Essa conscientização é uma etapa muito importante do plano de gerenciamento.

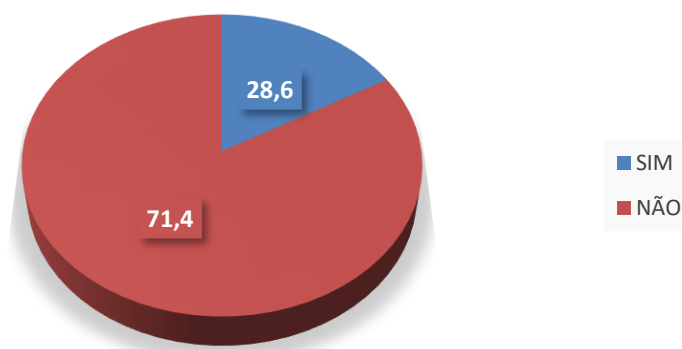


Figura 7- Assessoria especializada para as questões ambientais.

Fonte: Autores (2021).

Ao observar o gráfico contido na figura 7, é possível notar que a maioria das empresas em estudo não possuem uma assessoria especializada voltada para questões ambientais. Somente 4 empresas possuem essa assessoria, para conseguir gerenciar corretamente sempre se preocupando com o meio ambiente.

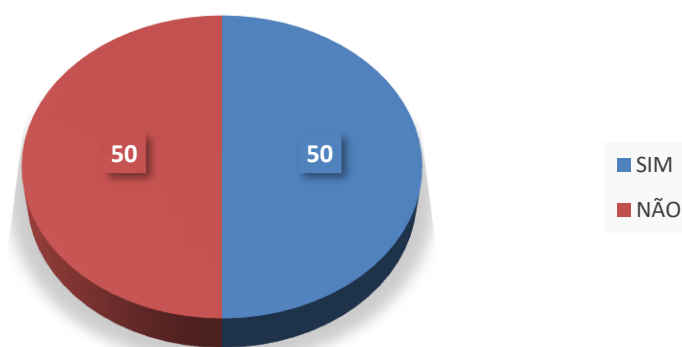


Figura 8- Fiscalização pela Prefeitura com relação aos resíduos sólidos.

Fonte: Autores (2021).

Na figura 8, por meio do gráfico obtido pelas respostas da questão “A empresa já teve algum empreendimento, fiscalizado pela Prefeitura com relação aos resíduos sólidos?”, percebe-se que somente 50% das empresas já tiveram uma obra fiscalizada pela prefeitura. Em relação a seus resíduos sólidos, esse percentual é baixo, pois o impacto ambiental causado pelos resíduos da construção civil é expressivo. Se a fiscalização nas empresas fosse mais rigorosa e corriqueira, as empresas se empenhariam mais em seguir um plano de gerenciamento aperfeiçoado.

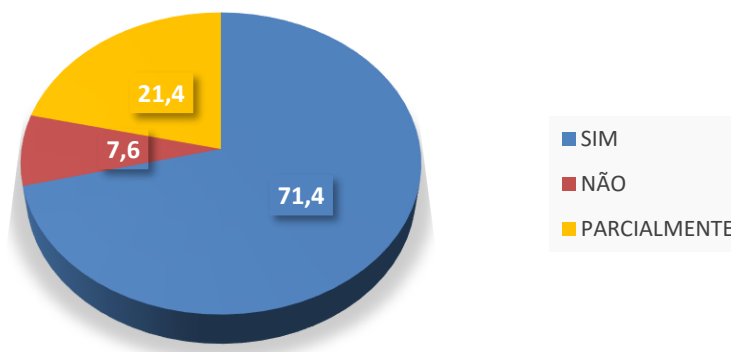


Figura 9- Conhecimento sobre as classes de resíduos definidas pela resolução CONAMA nº 307.

Fonte: Autores (2021).

Observando a figura acima, percebe-se o gráfico formado pelas respostas referentes à questão “A empresa tem conhecimento sobre as classes de resíduos definidas pela resolução CONAMA nº 307?”. Somente 71,4% das empresas, ou seja 10 de 14 empresas, conhecem a CONAMA nº 307, 3 empresas conhecem parcialmente e somente 1 não tem esse conhecimento, mesmo sendo somente 1 empresa que não tem esse conhecimento. Esses dados são preocupantes, pois todas as empresas devem conhecer essa resolução para possuir um correto plano de gerenciamento de resíduos.

A partir da análise de todos os gráficos acima, pode-se perceber que o gerenciamento de resíduos não está sendo feito de forma correta e efetiva por nenhuma das empresas analisadas. Mesmo contratando uma empresa terceirizada, elas deveriam saber sobre a destinação de seus resíduos. Uma solução eficaz seria o aumento de fiscalização referente aos resíduos gerados nas construtoras e a conscientização das empresas e de toda população.

Por conta de todos esses fatores acima, observa-se a importância de mais estudos sobre o tema. Portanto, considerando esse cenário, foi realizada esta pesquisa em empresas de Três Rios para analisar a existência de uma gestão de resíduos eficaz.

Nesse contexto, a atuação do engenheiro civil é fundamental para liderar este processo, pois no conjunto de todo seu conhecimento aplicado, sem sombra de dúvidas, evitará imputações de caráter administrativo (junto ao CREA), penal e cível.

Assim sendo, ratifica-se que o profissional engenheiro civil pode contribuir e alavancar para minimização de danos que venham impactar ao meio ambiente. Dessa forma, contribuindo para inserção definitiva da construção civil no quadro mundial de

responsabilidade ambiental mais sustentável, para obtenção de um planeta atual que assegure as gerações vindouras condições para perpetuar a espécie humana.

5. Conclusão

Neste presente estudo, foi possível observar a importância da construção civil na geração do PIB nacional, o desenvolvimento crescente no setor e um grande campo de empregos. Porém, mesmo com todos os benefícios, a construção civil é uma grande geradora de entulhos e de resíduos sólidos. Estes resíduos causam impacto direto ao meio ambiente, à população e à saúde, sendo necessária a intervenção com atividades de saneamento básico.

Com isso, percebe-se a importância do gerenciamento de resíduos sólidos e a busca por alternativas para reutilizar ou reduzir a geração destes. É possível visualizar que a indústria da construção precisa se adaptar, adequar e compreender que os materiais gerados precisam de uma atenção especial. É imprescindível que as empresas tenham conhecimento do quanto à gestão de resíduos é importante e necessária para contribuir com a sustentabilidade e proteção do meio ambiente.

Foi possível perceber que a população também necessita de conhecimento a respeito do tema, pois grande parte das pessoas não têm informação acerca deste assunto e não sabem a importância do descarte correto destes materiais. Infelizmente, ainda é comum ver resíduos sólidos oriundos da construção sendo descartados em locais inapropriados, podendo gerar diversos danos para o meio ambiente e para a saúde da população.

Sendo assim, visando a reduzir estes impactos, o presente trabalho discorreu sobre o gerenciamento dos resíduos e demonstrou que, para ocorrer um eficaz e eficiente plano de gerenciamento, é necessária uma equipe multidisciplinar, mesclando a engenharia com gestão ambiental sustentável.

Referências

ABREU, J.N.A. Bases **para a gestão de resíduos da construção civil no município de Belo Horizonte**. Florianópolis, SC - Brasil Julho, 2016.

ARAÚJO, B. C. G. **Degradação do meio ambiente e gerenciamento de resíduos sólidos**. 2018. 51 f. TCC (Especialização em Gestão e Perícia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Biociências, Cuiabá, 2018.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Cerâmica vol. 61 n. 358 São Paulo Abril/junho 2015.

CARVALHO, D.S.;GARCIA. T. V.L.; SILVA. V. V.;LIMA, J. P. S. S. **Resíduos Sólidos No Brasil: Uma Conexão Com A Relação Homem/Natureza, Sustentabilidade E Educação Ambiental**. 2019.

DA SILVA, C. F. L.; PERTEL, M. **Gestão de Resíduos Sólidos na Construção Civil: Proposta de um Plano de Gerenciamento para reforma**. Boletim do Gerenciamento, [S.l.], v. 14, n. 14, p. 40-48, maio de 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

IBGE- Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. Disponível em:<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/tres-rios.html> .Acesso em: abril de 2021.

Instituto Estrada Real. Uma estrada seu destino. Disponível em: <http://www.institutoestradaareal.com.br/cidades/tres-rios/161>. Acesso em: abril de 2021.

JUNIOR, R. M B. **A Importância do Gerenciamento de Risco em Resíduos Sólidos na Construção Civil**. Boletim do Gerenciamento, [S.l.], v. 6, n. 6, p. 31-41, abr. 2019.

KLEIN, F. B; DIAS, S. L. F. G. **A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 40, 2017.

MATOS, J. P. C.; ALENCAR, T. C. S. B.D.; **Gerenciamento de Resíduos Sólidos e a Aplicação da Logística Reversa no Segmento da Construção Civil**. Id on-line Rev. Mult. Psic. vol.13, n.43, p. 784-807. 2019.

MEIRINHOS, M.; OSÓRIO, A. **O estudo de caso como estratégia de investigação em educação**. EDUSER: Revista de educação, Vol.2, 2010.

Ministério do Desenvolvimento Regional. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. Disponível em:http://pbqph.mdr.gov.br/pbqp_apresentacao.php. Acesso em: agosto de 2021.

PALAMIN,C. M. **Subsídios para elaboração de um plano de gestão e gerenciamento de resíduos da construção civil em cidades de pequeno porte**. São Carlos-SP, 2016.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico (recurso eletrônico): métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2.ed. Novo Hamburgo: Feevale 2013.

Resolução CONAMA N 307/2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307> Acesso em: agosto de 2021.

SCHWENGBER, E. R. **Resíduos da construção civil**. UFRGS Lume repositório digital, Porto Alegre, 2015.

SILVA, J. L. O. S.; CARVALHO, E. N.; NOGUEIRA, B. S.; LIMA, A. L. R. S. R.; MATOS, F. R.; LEAL, D. O.; VARJÃO, F. L. M.; ANDRADE, M. R. **Prática sustentável nos canteiros de obra brasileiros: uma discussão sobre a reutilização de resíduos oriundos da construção civil**. Brazilian Journals of Business. Curitiba, v. 2, n. 3, p. 2841-2846, jul. /set. 2020.

SILVA, R. B.; RODRIGUES, E. C. C.; ZAU, F. G. TRINDADE, G. P. **Panorama do projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil (PGRCC) – estudo de caso na construção do centro administrativo do distrito federal (CADF)**. In: IV SINVEP Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. Anais do IV SINGEP – São Paulo – SP – Brasil –2015.

SILVA, W. C.S.; SANTOS, G. O.; ARAÚJO, W. E. L. **Resíduos sólidos da construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico**. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental. V. 6, n. 2 (2017).

VARGAS, C. **Análise da gestão de resíduos da construção civil no Estado do Paraná e município de Cascavel - PR**. Toledo-PR 2018.

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL NO AUXÍLIO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA

ACADÊMICO: Diego Silva Fleck.

ORIENTADOR: Prof. M.Sc. Pedro Genuíno de Santana Júnior.

LINHA DE PESQUISA: Qualidade de vida e Segurança no Trabalho.

RESUMO

Com a evolução da computação, muitas foram as facilidades geradas, principalmente na forma e velocidade que recebemos informação. Hoje, temos, na palma de nossas mãos, utilizando um *smartphone* ou *tablet*, todos os tipos de aplicativos que possamos imaginar. Não necessariamente precisamos usar os dedos para que esses aplicativos façam nossas vontades, podemos simplesmente utilizar o comando por voz. E é claro que isso traz benefícios para todos, principalmente para pessoas que possuam algum tipo de deficiência, principalmente motora, que com a junção de alguns pequenos equipamentos e uso dos comandos de voz, aplicam a domótica e solucionam dificuldades cotidianas de maneira muito simples.

PALAVRAS-CHAVE: Domótica, Acessibilidade, Pessoas com Deficiência, Automação, Comando de Voz.

1. INTRODUÇÃO

Assistentes de voz como a *Alexa*, existente no *Echo Dot* da Amazon são dispositivos que recebem comando de voz (HAAD, 2017) com o intuito de trazer mais facilidade, comodidade e agilidade tanto nos processos mais difíceis e complicados, como nos mais básicos e corriqueiros. E como esses assistentes de voz podem ampliar o seu “poder” na comodidade do dia a dia? A resposta é simples, a união da Engenharia Civil com Domótica. “O termo automação residencial vem da união das palavras *domus* (que significa casa em Latim) e *tica* (de automático, palavra em grego, 'que funciona por si mesmo')” (CIEC 2012).

Para um melhor entendimento, a Revista Saúde Pública, em fevereiro de 2000, p. 98 definiu o que é deficiência:

perda ou anormalidade de estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica, temporária ou permanente. Incluem-se nessas a ocorrência de uma anomalia, defeito ou perda de um membro, órgão, tecido ou qualquer outra estrutura do corpo, inclusive das funções mentais. Representa a exteriorização de um estado patológico, refletindo um distúrbio orgânico, uma perturbação no órgão.

Coisas simples de serem feitas em casa como varrer o seu quarto, acender e apagar uma luz e abrir uma porta ou portão podem parecer comuns e sem nenhuma dificuldade ou problema. Mas, e para um cadeirante ou alguém com qualquer deficiência motora? Para essas pessoas, são atividades não tão simples. E por que não facilitar esses e outros afazeres? Qualquer pessoa com o auxílio de um smartphone ou um assistente pessoal por meio de comando de voz pode acender ou apagar uma lâmpada, ligar e configurar o ar-condicionado, iniciar a rotina pré-programada de um robô aspirador e, até mesmo, iniciar o aquecimento de algum alimento no micro-ondas (SGARBI E TONIDANDEL, 2008).

E com esse conceito de Sgarbi e Tonidandel (2008), é extremamente necessário voltar os olhares para as pessoas com deficiências físicas e gerar soluções para auxiliá-las em tarefas simples do dia a dia, mas que causam complicações para elas e torná-las mais fáceis e descomplicadas.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um dimensionamento simples e básico de automação residencial para pessoas com qualquer tipo de deficiência, para engenheiros civis ou qualquer indivíduo com interesse em aplicá-lo.

Trabalhos como este são importantes para que deficientes físicos tenham acesso a opções de automação residencial em um único documento, para melhor lhes auxiliar da maneira que achar necessário.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Deficiências

No Brasil, temos o Decreto Federal 5.296/2004 que classifica as deficiências em: física, auditiva, visual, intelectual e múltipla.

Esse decreto ainda define cada tipo dessas deficiências de maneira mais elaborada. Por exemplo, a deficiência física, que está definida como: “alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física [...] (D.F. 5296/2014).

Define também: (D.F. 5296/2014).

- a deficiência auditiva: perda bilateral, parcial ou total, de quarenta e um decibéis (dB) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz e 3.000Hz;
- deficiência visual: cegueira, na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60°; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores;
- deficiência mental: funcionamento intelectual significativamente inferior à média, com manifestação antes dos dezoito anos e limitações associadas a duas ou mais áreas de habilidades adaptativas [...].

Segundo pesquisa realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no censo demográfico de 2010, quase 46 milhões de pessoas no Brasil possuem algum tipo de deficiência. Dessas, aproximadamente 4 milhões estão no estado do Rio de Janeiro (IBGE 2010).

Segundo Oliveira e Gewehr, em uma pesquisa publicada na Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco (2020), cadeirantes atletas do time de basquetebol do Município de Macapá/AP costumam ter dificuldades para abrir portas ou janelas. Cerca de 75% responderam que passam por dificuldades todos os dias. Eles também relataram que encontravam dificuldades para realizar atividades corriqueiras como o simples fato de acender e apagar uma lâmpada.

2.2. Sustentabilidade

Quando a palavra sustentabilidade ainda não era compreendida por boa parte da população mundial, o sociólogo britânico John Elkington em seu livro *Cannibals with Forks* (1997) criou o conceito do *Triple Bottom Line*, que em uma tradução livre significa o Tripé da Sustentabilidade.

Esse tripé consiste no que se resumiu posteriormente nos 3Ps: People (pessoas), Planet (planeta) e Profit (lucro) (ELKINGTON, 1997).

Na indústria da construção civil, somente na década de 1990 o conceito de "sustentabilidade" passa a ser incorporado em suas ações e preocupações, mesmo sendo considerada uma indústria que exerce forte impacto ambiental. (TECHIO et al., s/d).

“Na construção civil, a perspectiva de integração e conservação do tripé sustentável (econômica, social e ambiental) permanece central.” (TECHIO et al., s/d).

E dentro do âmbito social desse tripé, uma parte muito importante e que cada dia é mais focada na engenharia civil é a acessibilidade.

Exemplo disso é a Ementa da NBR 9050:2015 de 03 de agosto de 2020 que revisa alguns itens da norma vigente.

A NBR 9050:2021 define acessibilidade como:

possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privado de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida.

A domótica, junto com a acessibilidade, busca dar acesso a qualquer pessoa em qualquer ambiente, facilitando a deambulação, localização e comunicação. Um bom exemplo são os sistemas que permitem executar qualquer tipo de ação com um simples comando de voz (CIEC 2012).

2.3. Automação Residencial

A Construção Civil deve melhorar os projetos para que fiquem mais flexíveis a mudanças e customização de acordo com as necessidades específicas de cada cliente/usuário, para atender ao máximo possível de pessoas. (SAVA E FARIAS 2020)

Dentre as melhorias que podemos citar nos projetos, para atendimento das pessoas, sejam elas com ou sem deficiência, está a automação residencial, que pode ser feita com a ajuda de interruptores "inteligentes", de telas *touchscreen*, utilizando aplicativos interativos em smartphones e tablets. Indo mais além, há os comandos de voz, utilizando os *smart speakers* (assistentes de voz, em tradução livre) (Revista Home Theater e Casa Digital 2019).

Para Cezar (2020, p. 20), é possível fazer um sistema de automação residencial utilizando de várias combinações diferentes de dispositivos domóticos.

Estes dispositivos podem ser divididos em quatro grupos principais:

Controlador: é o principal componente da aplicação. É responsável por receber informações e acionar dispositivos.

Sensores: os que detectam quaisquer mudanças no ambiente, como movimento e temperatura e convertem em informações passíveis de manipulação pelo sistema de automação.

Atuadores: dispositivos que recebem o comando e transformam em ação ou movimento.

Interfaces: dispositivos aos quais se interage diretamente.

Ele completa dizendo que ter uma casa automatizada poderá, no futuro, se tornar algo de necessidade vital a qualquer pessoa (CEZAR, 2020).

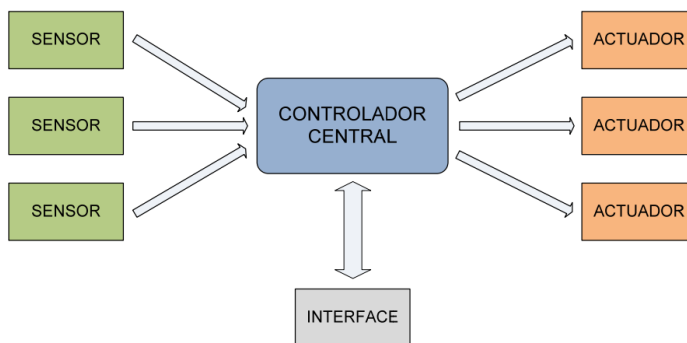


Figura 1: Combinação de dispositivos: arquitetura centralizada.

Fonte: FERREIRA (2008)

2.4. Domótica para pessoas com deficiência

De acordo com Matte, problemas de acessibilidade para pessoas com deficiência crescem de maneira assustadora, devido a questões estruturais e culturais (MATTE, 2019).

Ela ressalta também que muitas casas de pessoas com deficiência não estão devidamente estruturadas para que essas pessoas possam viver tranquilamente, sem a necessidade direta de outras pessoas para auxiliá-las em tarefas como ligar e desligar equipamentos e lâmpadas. Assim, por meio de soluções simples de automação, isso pode ser feito diretamente da cadeira de rodas ou da cama do usuário. (MATTE, 2019).

Com o avanço da tecnologia proporcionando maior facilidade, segurança e conforto, é possível pensar, que também promova métodos para facilitar e simplificar

o acesso às coisas cotidianas, principalmente para pessoas portadores de necessidades especiais. (ROSSO, 2016).

Essa é uma ideia que pode beneficiar uma inúmera quantidade de pessoas no mundo inteiro, proporcionando avanços e melhorias na qualidade de vida, mais especialmente em relação a portadores de necessidades especiais, indivíduos que necessitam de auxílio especial [...] uma automação [...] proporcionando ao portador uma parcial ou total independência, dependendo de suas condições físicas (ROSSO, 2016, p. 39)

Aliando a tecnologia da automação residências à acessibilidade, as pessoas com deficiência podem, com o simples toque na tela de dispositivos moveis, [...] controlar a iluminação por meio da utilização de um smartphone para a função, com mecanismos adaptados a sensores [...] (MATTE 2019).

2.4.1. Pessoas com mobilidade reduzida

A mobilidade reduzida é muito ligada aos idosos e, para Domingues e Filho (2019, p.18493), “a domótica, a cada dia, se torna primordial para a inclusão dessas pessoas com mobilidade reduzida.”

Eles ainda ressaltam a vantagem da Domótica para as pessoas com mobilidade reduzida como “promoção da vida independente, permitindo que os mesmos possam continuar morando em suas casas, com auxílio de tecnologias que tragam conforto e ajudam na realização de tarefas, proporcionando um sentimento de poder e autoestima” (DOMINGUES E FILHO, 2019 p. 18483)

3. METODOLOGIA

De acordo com Marconi e Lakatos (2017) a pesquisa bibliográfica é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados ao tema.

Se um pesquisador deseja explicar o que iniciou as causas de determinado acontecimento, utilizando de registro e análise dos acontecimentos observados, ele utiliza a pesquisa explicativa (PRODANOV E FREITAS, 2013 p. 53),

Já a pesquisa experimental, ainda conforme os autores, ocorre “quando determinamos um objeto de estudo, selecionamos as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definimos as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto” (*Idem*, p. 57).

Este trabalho foi executado em duas etapas. Na primeira etapa, foi feita uma pesquisa bibliográfica, em que foram consultados artigos científicos pesquisados entre 01 de março e 31 de outubro de 2021, utilizando as plataformas de pesquisa Google Acadêmico e Scielo, como também acervos digitais de Universidades brasileira e estrangeiras, NBRs, em revistas digitais e em livros como o de John Elkington – *Cannibals with Forks*. Dados utilizados no trabalho foram retirados de sites como o do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Como segunda etapa, ocorreu uma pesquisa explicativa, experimental e orçamentária, implantando, em uma residência, em 08 de setembro de 2021, equipamentos com comandos de voz, para o acionamento de lâmpadas, com o objetivo de atestar a facilidade e utilização desse tipo de tecnologia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização desta pesquisa experimental foram utilizados alguns equipamentos de fácil acesso e de fácil instalação como:

- *Echo Dot* 3ª geração.
- Sonoff Mini R2.
- Roteador TPLink.
- Smartphone Samsung A50.

ECHO DOT

De acordo com a Amazon, empresa fabricante do *Echo Dot*, a definição desse equipamento é:

[...] smart speaker [...] controlado por voz com a *Alexa*, ele é perfeito para qualquer ambiente. Você pode pedir músicas, notícias, informações e muito mais. Além de ligar para amigos e familiares e controlar dispositivos compatíveis de casa inteligente com sua voz (AMAZON, 2021).

A utilização do *Echo Dot* 3ª geração: Smart Speaker com *Alexa* foi necessária pois este é um dos dispositivos que recebe o comando de voz e faz a conexão por meio de uma rede wi-fi com os outros equipamentos. Sendo necessária a instalação do aplicativo *Amazon Alexa* para configuração.

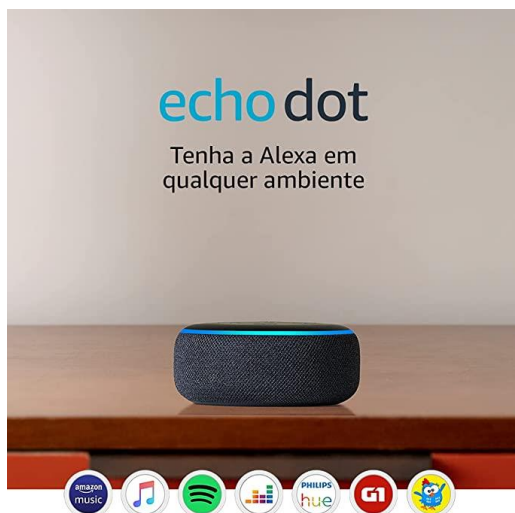


Figura 2: *Echo Dot 3ª* geração.
Fonte: Amazon.com.br

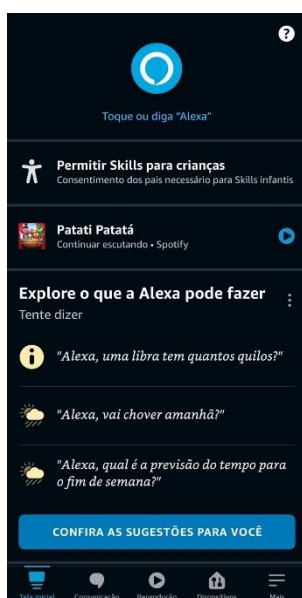


Figura 3: Aplicativo Amazon Alexa .
Fonte: acervo próprio 2021

SONOFF WI-FI SMART SWITCH MINIR2

Esse equipamento, nada mais é do que um interruptor inteligente que, utilizando a rede Wi-Fi , fará a lâmpada ligar e desligar.

Ele fica instalado junto ao interruptor de luz e devido ao seu pequeno tamanho, 42,6 x 42,6 x 20mm, podendo ser acomodado dentro da caixa de passagem junto do interruptor já existente, ou seja, facilitando a instalação sem a necessidade de qualquer tipo de obra.

Importante esclarecer que, caso aconteça algum problema na rede Wi-Fi, o interruptor físico, já existente, continuará a funcionar normalmente.



Figura 4: Sonoff Wi-Fi Smart Switch MINIR2.
Fonte: Sonoff.tech

A configuração é feita pelo aplicativo próprio da empresa fabricante, o *eWeLink* é facilmente encontrado na Apple Store e na Play Store. Por meio dele é feita a comunicação entre o smartphone e o MINIR2, permitindo utilizar as funções de liga/desliga através de toque na tela e a comunicação com o *Echo Dot* para utilizar as funções com comando de voz.

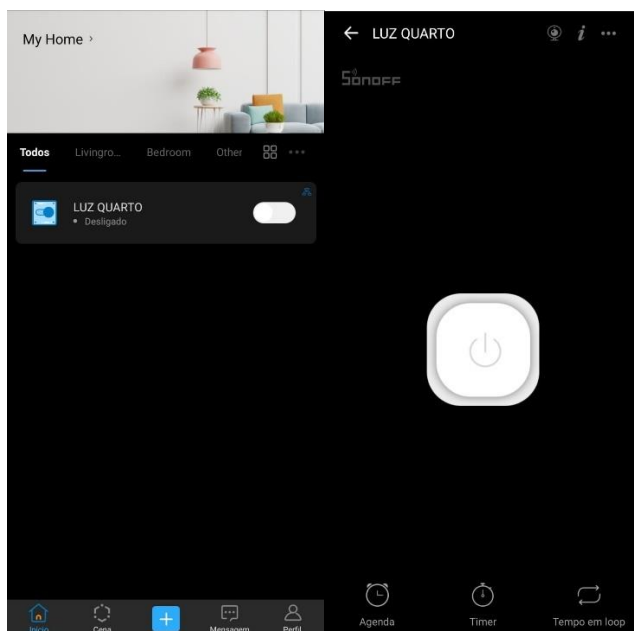


Figura 5: Aplicativo eWeLink.
Fonte: acervo próprio

A interação com *Echo Dot* fica por conta de um dos Skills da *Alexa*. Logo surge pergunta: O que são Skills da *Alexa*? Skills estão para dispositivos Amazon *Alexa* tal qual aplicativos estão para smartphones (BERTOZZO e BREZINSKI 2021).



Figura 6: Skill *Alexa* eWeLink.
Fonte: acervo próprio

Dentro da biblioteca da *Alexa* é possível encontrar o skill eWeLink Smart Home que faz essa comunicação.

ROTEADOR

O roteador utilizando foi o Archer C5 W Roteador Wireless Gigabit Dual Band AC1200 da tp-link. Ele possui Wi-Fi de banda dupla super-rápida, velocidade Wi-Fi de até 1.2Gbps, 2.4 GHz de 300Mbps, 5GHz de 867Mbps (tp-link 2021).



Figura 7: Roteador tp-link Archer C5 W.
Fonte: tp-link.com

SMARTPHONE

Para a utilizar os aplicativos acima citados, não é preciso utilizar os aparelhos mais modernos encontrados no mercado atualmente. Qualquer aparelho com de pelo menos cinco anos de lançamento funcionará perfeitamente, contanto que possua os sistemas operacionais Android ou IOs, de preferência com as atualizações mais recentes.



Figura 8: Samsung A50.

Fonte: Samsung.com

No caso desse experimento, foi utilizando o smartphone Samsung modelo A50 (SM-A505GT), com a versão onze do sistema operacional Android. Na tabela de custos de instalação de um sistema simples de automação foi indicado um outro smartphone, o Smartphone Samsung Galaxy A12, por se tratar de um aparelho de preço acessível e que atenderá muito bem ao usuário da residência automatizada; já que o Samsung A50 não está disponível (no dia da pesquisa) para aquisição de aparelho novo.



Figura 9: Samsung A12.
Fonte: Samsung.com

EXPERIMENTO

Este experimento foi realizado em uma residência, localizada na rua Professor Moreira, número 92, Vila Isabel, na cidade de Três Rios no Rio de Janeiro.

Ele teve início em 08 de agosto de 2021 e os envolvidos nos testes fomos eu, Diego Silva Fleck e minha esposa Queila Patrícia da Rocha Eurides, ambos não possuindo nenhuma deficiência medicamente diagnosticada.

A residência em que foi realizado este experimento é uma casa de 153,94 m² com 2 quartos, sendo um suíte, 1 banheiro, sala, copa, cozinha e varanda. Como mostra a figura abaixo.

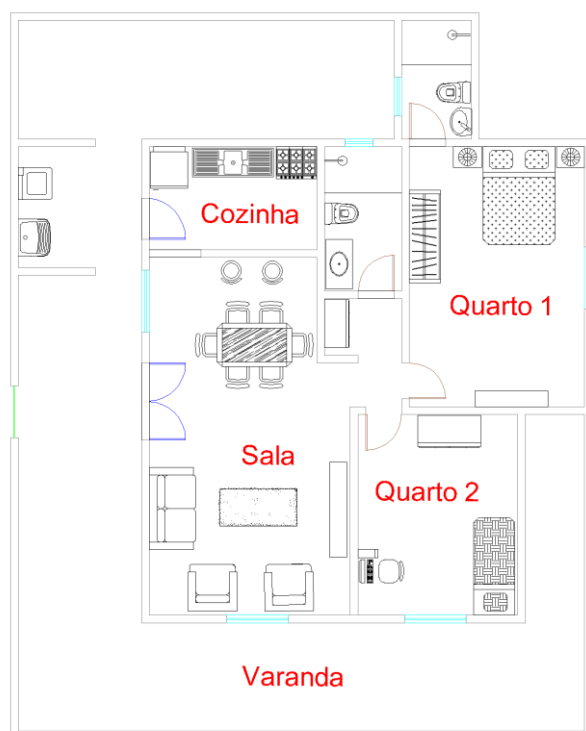


Figura 10: Planta baixa

A princípio, o experimento foi feito em um cômodo da casa, no quarto 1.

Uma pesquisa orçamentária foi feita para levantar os custos de uma automação residencial básica. Levando em consideração somente a instalação nos interruptores de lâmpadas. Como pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1: Tabela de custos automação iluminação.

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	PREÇO UNIT	PREÇO PARCIAL	DATA DA PESQUISA	Fonte
<i>Echo Dot</i> (3ª Geração): Smart Speaker com <i>Alexa</i> - Cor Preta	1	R\$ 293,55	R\$ 293,55	30/10/2021	Amazon.com.br
Sonoff MINIR2	10	R\$ 44,10	R\$ 441,00	30/10/2021	Shoppe.com.br
TP-Link Archer C50 V3, Roteador Wireless	1	R\$ 220,00	R\$ 220,00	30/10/2021	Amazon.com.br
Smartphone Samsung Galaxy A12, Branco	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	30/10/2021	Amazon.com.br
Mão de obra	1	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00	30/10/2021	Própria
TOTAL			R\$ 3.154,55		

Fonte: Elaborado pelo autor.

O smartphone sugerido, na tabela 1, não é o mesmo utilizado no experimento, já que ele não é mais encontrado para venda em estado novo. O sugerido atenderá muito bem ao usuário e possui um preço acessível.

Para que o *Echo Dot* consiga atender a casa toda para receber comandos de voz, foi instalado no centro da casa, com captação dos microfones a uma distância de 6 metros em tom de voz normal (75 decibéis).

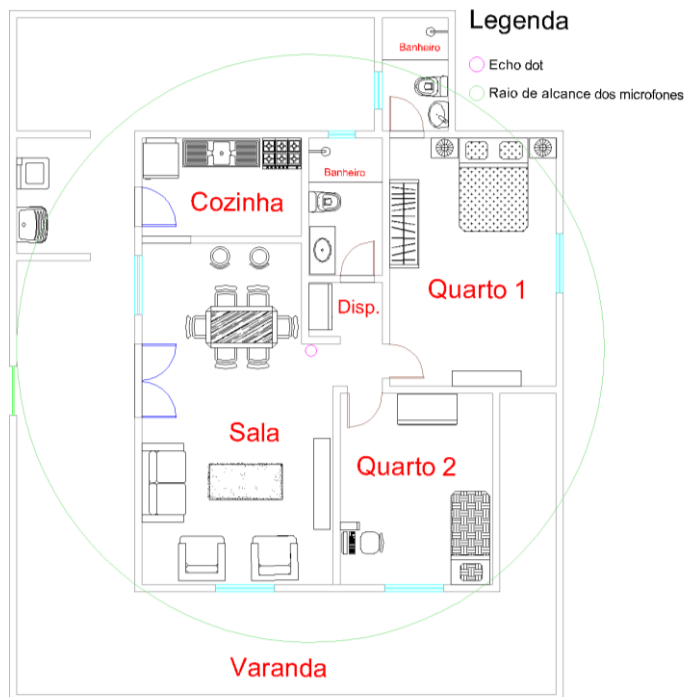


Figura 11: Planta baixa *Echo Dot* e raio dos microfones

Para a instalação do Sonoff MINIR2, é necessário que passe por dentro da caixa da passagem um circuito de fase, neutro e retorno da lâmpada. Caso não possua o circuito neutro (o que é bem comum em casas mais antigas), é necessário trazê-lo até o interruptor que será automatizado.

Na caixa do MINIR2 será encontrado um manual que mostra dois esquemas de instalação, uma para interruptores interligados (treeway) e outro para instalação de interruptores simples. Ambos de fácil compreensão. Nesse experimento o tipo de instalação utilizado foi o simples.

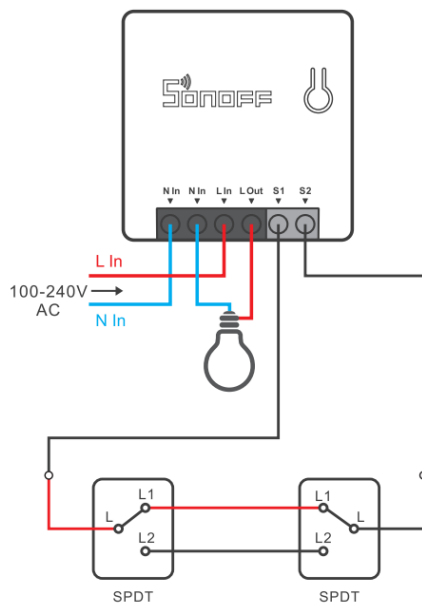


Figura 12: Croquis de instalação treeway.
Fonte: Sonnof.com 2021

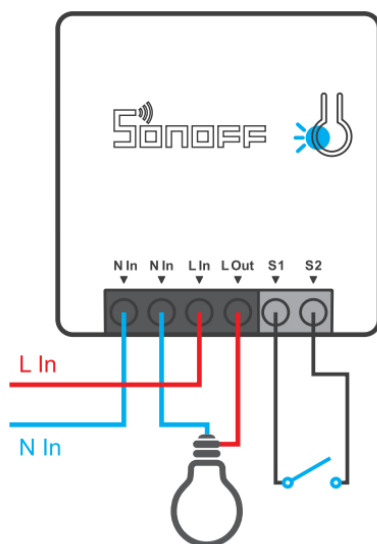


Figura 13: Croquis de instalação simples.
Fonte: Sonnof.com 2021

No processo de instalação foram utilizados um alicate de bico, uma chave philips, uma chave de fenda e fita isolante.

É possível que todo o procedimento, para instalar o MINIR2 seja feito com os disjuntores ligados, mas é recomendado que desligue em um primeiro momento.

Primeiramente foram retirados o interruptor da caixa de passagem e retirados seus os cabos, em seguida localizou-se o circuito elétrico neutro, puxando uma extensão, que foi ligada no N In.

Seguindo as instruções da figura x, foi ligado o cabo de fase no conector L In. Dessa forma, caso o disjuntor esteja ligado o Sonoff MINIR2 já acenderá um LED azul.

Para a instalação da lâmpada, basta ligar no cabo fase que vem do receptáculo no conector L Out e o cabo de retorno no segundo N In (da esquerda para a direita).

Para o interruptor, somente é necessário que um cabo que conecte S1 e S2, conforme o croqui da figura 14.



Figura 14: Instalação Sonoff MINIR2



Figura 15: Instalação Sonoff MINIR2

Após a instalação, foi baixado o aplicativo eWeLink na loja de aplicativos do smartphone e feito o pareamento do MINIR2 com a rede WIFI da residência.

A respeito do roteador, trata-se de um equipamento *plug and play*, ou seja, basta ligá-lo à tomada e aguardar a inicialização. Para maior segurança, é recomendado que sejam configuradas as senhas de segurança na rede WIFI.

É possível utilizar outros modelos e marcas de roteador. O modelo e marca citadas no item 4.2 foram escolhidos devido à qualidade do produto e ao longo alcance do sinal WIFI emitido.

A instalação do *Echo Dot* foi muito simples, bastou ligá-lo à energia elétrica e fazer a conexão com aplicativo da *Alexa*, que também baixado pela loja de aplicativos do smartphone.



Figura 16: Instalação Echo Dot.
Fonte: amazon.com

Dentro do aplicativo da *Alexa*, foi necessário baixar a *Skill e Welink Smart Home* para que tudo fosse interligado e assim pudesse acender e apagar a luz do quarto 1 com comando de voz.

O aplicativo *Alexa* proporciona que sejam criadas rotinas que farão que a automação funcione de maneira automática, ou se preferir, criar várias ações que sejam realizadas com um simples comando de voz, como: “*Alexa*, Bom Dia”. E com a configuração correta, a luz do quarto se acende, o ventilador desliga, a cortina se abre, sua música começa a tocar e várias outras ações, dependendo dos equipamentos instalados. Dessa forma, facilitando muito a vida de pessoas sem e com deficiências.

É possível também verificar se foi esquecida alguma luz ou eletroeletrônico ligado, já que esse sistema permite que se saiba, mesmo longe da sua casa, tudo que está em funcionamento do sistema de automação e, como consequência, alcança-se economia no gasto de energia elétrica.

CONCLUSÃO

Este trabalho discutiu a importância da domótica na vida de pessoas com algum tipo de deficiência física e a utilização desta tecnologia no desenvolvimento de ambientes mais acessíveis.

Neste contexto a engenharia civil desempenha um papel fundamental pois, sendo a automação residencial o mais novo tipo de acessibilidade, é necessário que novos projetos residências sejam feitos já pensando na possibilidade de serem automatizados.

A falta de mão de obra especializada e os preços elevados dessa tecnologia, que ainda é nova, acabam dificultando a disseminação das facilidades que a automação residencial proporciona. Embora no experimento tenham sido utilizados equipamentos mais básicos, o levantamento orçamentário deixou claro que ainda se trata de uma tecnologia elitista.

Com este estudo, concluiu-se que a domótica, além de proporcionar maior conforto e comodidade para deficientes físicos, proporciona também inclusão social, maior qualidade de vida e independência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amazon, 2021. Disponível em: <<https://www.amazon.com.br/>>. Acesso em: 26 out. 2021.

Shopee, 2021. Disponível em: <<https://shopee.com.br/>>. Acesso em: 30 out. 2021.

tp-link, 2021. Disponível em: <<https://www.tp-link.com/br/>>. Acesso em: 10 nov. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, p. 2. 2021.

BERTOZZO, B. H.; BREZINSKI, T. **Repositório Institucional UFSC**, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/228239>>. Acesso em: 31 out. 2021.

BONJOCH, E. Internet das Coisas já permite a comunicação entre TV, smartphone e os eletrodomésticos da casa. **Home Theater & Casa Digital**, p. 28, ago. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004**. Regulamenta as Leis nos 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>. Acesso em: 25 mar. 2021.

CEZAR, E. R. D. S. A Domótica Criando Conforto e Segurança. **Revista Ubiquidade**, v. 3, n. 2, p. 20, julho 2020. ISSN 2236-9031.

CÓRDOBA, C. D. I. E. D. **Ciec**, 2012. Disponível em: <<https://www.ciec.com.ar/images/archivos/Domotica-CIEC.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

DOMINGUES, R. G.; PINA FILHO, A. C. A importância da domótica para a sustentabilidade das cidades. **BRAZILIAN JOURNALS**, 2019. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/download/3698/3502>>. Acesso em: 17 dez. 2021.

ELKINGTON, J. **Cannaibals with Forks**. Primeira. ed. Oxford: Capstone, 1997.

FARIA, H. A. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: UMA PROPOSTA SIMPLES E DE. **PUC Goiás**, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1629/1/AUTOMA%c3%87%c3%83O%20RESIDENCIAL%20UMA%20PROPOSTA%20SIMPLES%20E%20ODE%20BAIXO%20CUSTO.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2021.

FERREIRA, J. A. O. Interface homem-máquina para domótica baseado em tecnologia WEB. **Paculdade de Engenharia da Universidade do Porto**, Porto - Portugal, 2008.

HAACK, W. Security Analysis of the Amazon Echo, 2017. Disponível em: <<https://courses.csail.mit.edu/6.857/2017/project/8.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

IBGE. **Censo**. Tabela 1.3.1 e Tabela 3.19.3.1. [S.l.]. 2010.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MATTE, I. C. ACESSIBILIDADE EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS. **Unijuí Universidade Regional**, 2019. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/6558>>. Acesso em: 24 out. 2021.

OLIVEIRA, A. M. D.; GEWEHR, D. A Pesquisa em Sala de Aula: Uma Visão Social para Acessibilidade por Meio da Domótica. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v. 09, p. 40 - 53, 2020. ISSN 2316-7297.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas de Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REVISTA de Saúde Pública. **SciELO Saúde Pública**, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.org/pdf/rsp/2000.v34n1/97-103/pt>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

ROSSO, Ítalo César Rodrigues; DA SILVA, Enilza Rosas; DA ROCHA, Cristofe Coelho Lopes. AUTOMATIZANDO ACESSIBILIDADE. Fórum de Integração Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica do IFRR-e-ISSN 2447-1208, v. 3, n. 3, 2016.

SAMSUNG. **Samsung**. Disponível em: <www.samsung.com/br>. Acesso em: 31 out. 2021.

SAVA, P. P.; FARIAS, B. M. D. **ENGENHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Epitaya, 2020.

SGARBI, J. A. Domótica Inteligente: Automação Residencial baseada. **Centro Universitário FEI**. Disponível em: <http://fei.edu.br/~flaviot/pub_arquivos/wtdia06.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2021.

TECHIO, E. M.; GONÇALVES, J. P.; COSTA, P. N. Representação Social da SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO. **Scielo**, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asoc/a/j97w5cn7MfFnRHcJPDDkDDd/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 13 nov. 2021.

PERDA AUDITIVA INDUZIDA PELO RUÍDO: O RUÍDO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E O RISCO DE SURDEZ OCUPACIONAL

ACADÊMICOS: Bernardo Medeiros e Eduardo Da Silva Gomes.

ORIENTADOR: Prof. *Esp.* Ueliton Ferreira do Nascimento.

LINHA DE PESQUISA: Qualidade de vida e Segurança no Trabalho.

RESUMO

O atual crescimento acelerado da tecnologia gera inúmeras vantagens socioeconômicas, porém dão origem a vários subprodutos ou efeitos nocivos à qualidade de vida como a perda auditiva induzida pelo ruído que atinge quase todas as atividades humanas. Trata-se de uma situação que põe em risco a segurança individual e coletiva, bem como influencia as atividades laborais, além dos ambientes de lazer e familiar. Um desses subprodutos da tecnologia é o ruído, cuja importância se caracteriza por estar presente em quase todas as atividades humanas e pelas características dos danos e incômodos que traz ao homem, podendo causar surdez ocupacional induzida pelo ruído. Com o efeito, são muitos os problemas de correntes do ruído, dificuldades na comunicação, no sono, o surgimento do stress, a falta de concentração no trabalho, desordens físicas, dificuldades mentais e/ou emocionais e a surdez progressiva. As consequências que vão além da vida profissional afetando a pessoal e socioeconômica.

PALAVRAS-CHAVE: Perda auditiva; Ruído; Empregado, Empregador; Auxílio-Doença; identificação; Tratativa; diminuição; Eliminação.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil possui variadas atividades que são de grande importância para o desenvolvimento econômico e social, isso se deve ao fato de ela influenciar na qualidade de vida da população e a infraestrutura econômica do país.

A grande demanda por insumos em seu processo construtivo tem contribuído para um forte relacionamento com outros setores industriais, além de absorver uma parcela bastante significativa da mão de obra com menor qualificação (MONTEIRO FILHA *et al.*, 2010).

Mediante tais características, segundo Monteiro Filha (2010), a cadeia da construção civil apresenta grande complexidade, já que movimenta um amplo conjunto de atividades, que têm impactos em outras cadeias produtivas. Além disso, o setor é bastante heterogêneo quando se trata sobre o tamanho das empresas e do seu nível tecnológico, pois existem muitas empresas pequenas, de baixa tecnologia e que ainda utilizam métodos de trabalho ainda bastante antiquados.

Outro aspecto que se destaca na indústria da construção civil são as diferentes formas de organização do trabalho com grande participação de autônomos, terceirização de serviços e subcontratação de tarefas. Por ser um setor que depende do trabalho físico e braçal, a maioria dos trabalhadores contratados tem menor nível de instrução, desempenhando atividades desgastantes e perigosas. Nesse contexto, vale ressaltar que nesse setor é bastante comum a ocorrência de acidentes no trabalho que resultam em lesões temporárias e permanentes, bem como ocorrências eventuais de óbito de trabalhadores, gerando inúmeras perdas de recursos humanos e financeiros no setor (MPS, 2014).

Normalmente, os acidentes de trabalho são associados a superiores negligentes, que não ofertam condições de trabalho seguras, e a empregados imprudentes. No entanto, estudos realizados indicam que as causas dos acidentes de trabalho, geralmente, não se referem a essa associação, mas devido às condições ambientais a que estão expostos os trabalhadores e ao seu aspecto psicológico, envolvendo fatores humanos, econômicos e sociais (MPS, 2014).

O SUS foi fundamental no processo de reestruturação da rede de serviços públicos, adequando, qualificando e atendendo às demandas de doenças e acidentes de trabalho (PEDROSO *et al.*, 2016).

De acordo com o anuário estatístico de acidentes de trabalho (AEAT), a indústria da construção civil é reconhecida em todo o mundo como uma das mais perigosas. De acordo com a OIT, a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) é a 3ª maior causa de afastamento por doença ocupacional. O ruído ocupacional é responsável pela perda auditiva incapacitante, sendo responsável por ela 16% das vezes (SILVA, 2020). Sendo que é a segunda mais comum, mesmo após muitos estudos, regulamentações e intervenções nos locais de trabalho para tentar preveni-la (LIE *et al.*, 2016). Segundo John (2014), a consciência sobre os riscos à exposição a ruídos potencialmente prejudiciais deve se tornar a motivação para se tomar medidas necessárias para reduzi-las, tanto nos locais de trabalho quanto durante as atividades de lazer.

Morata e Lemasters (1995) adotam o termo “perda auditiva ocupacional” por ser mais abrangente, considerando-o como o agente mais comum, não ignorando a existência de outros.

A exposição ao ruído se intensificou historicamente, após a revolução industrial, pela transformação do trabalho e sua organização no final do século XIX (RAMOS, 2017).

O crescimento da população, intensificou o número de veículos que, circulando nas ruas, tornou as cidades cada vez mais ruidosas (CONTO, 2018). Nas grandes cidades, mesmo durante o sono, muitas pessoas são expostas a uma atmosfera com a presença de ruído, ao qual elas parecem estar habituadas (RÉGIS *et al.*, 2014).

Com todos esses dados expostos, este artigo tem intenção de examinar e traçar considerações acerca da Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) na construção Civil. Pretende-se abordar seus fatores contribuintes e as medidas de identificação, análise, tratativa, diminuição e a eliminação do ruído por conta do empregador e empregado. Assim, realizar uma análise de como o ruído afeta os trabalhadores com o passar do tempo, além de fazer também um levantamento do quanto ele afeta as pessoas que estão expostas a ele direta e indiretamente. Essas discussões têm o intuito de proteger a integridade física e psicológica dos trabalhadores que exercem suas funções no ramo da construção civil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ruído é um som nocivo ao sistema auditivo que impacta, diretamente e indiretamente, outros sistemas do corpo humano (PIMENTA *et al.*, 2019). Segundo Pimenta (2019), em um contexto ocupacional, a exposição a uma média de 85dB (som de buzina de caminhão a 1 metro de distância), durante 8 horas por dia é um fator de risco para o desenvolvimento da Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional (PAIRO). Além dos efeitos nocivos causados à audição, ela também desenvolve problemas nos sistemas circulatório, endócrino, digestivo e neurológico, aumentando também o número de acidentes de trabalho, deteriorando a qualidade de vida do trabalhador (GONÇALVES, 2018). O impacto negativo causado pelos ruídos pode acabar causando problemas nas relações pessoais, no equilíbrio emocional e nas interações sociais ou ocupacionais do trabalhador (MURATA, 2017).

O Programa de Conservação Auditiva (PCA) consiste em um conjunto de atividades sistemáticas, intrasetoriais, dinâmicas e contínuas, que buscam evitar que ocorra o desencadeamento ou agravamento da PAIR minimizando os riscos à saúde do trabalhador, variando de acordo com as situações em que cada empresa se encontra (PIMENTA *et al.*, 2019). Para verificar a eficácia e eficiência do PCA, é recomendada pela Ordem de Serviço de número 608 (OS 608), em que se considerem as seguintes ações: monitorização da exposição a elevados níveis de pressão sonora; controles de engenharia e administrativos; monitorização audiométrica; indicação de equipamentos de proteção individual (EPI); educação e motivação; conservação de registros e avaliação da eficácia do programa (PIMENTA *et al.*, 2019).

Segundo as seções I Atualização Clínica Da Patologia Enfocada – Perda Auditiva Induzida Por Ruído Ocupacional (PAIR) e II Norma Técnica de Avaliação da Incapacidade Laborativa.

A PAIR é uma doença profissional que atinge milhares de pessoas, presente em diversos ramos de atividades. Sua caracterização clínica possui uma abordagem complexa, se considerarmos os seguintes fatores: a legislação anterior não considerava a PAIR como doença profissional, não estando relacionada no Anexo V do Decreto nº 83.080/79; o Decreto nº 611/92, que regulamentava a Lei nº 8.213/91, passou a considerar o ruído como agente causador de doença profissional, mas utilizou critérios inadequados para avaliar incapacidades e indenizações. Desta forma, em seu Anexo III somente contemplava, com o auxílio acidente, as perdas auditivas consequentes de acidentes típicos, considerando apenas as frequências de 500 a 2.000 Hz do audiograma. A PAIR possui várias classificações, mas nenhuma delas

consegue resolver todos os problemas de interpretação técnica e cientificamente fundamentada. Sendo mais complexa a aplicabilidade destes critérios, sob o aspecto da classificação dos graus de incapacidade laborativa.

A presente atualização da Norma Técnica sobre perda auditiva neurossensorial causada por exposição a níveis elevados de pressão sonora de origem ocupacional objetiva simplificar, adequar e uniformizar o trabalho do perito ao atual nível de conhecimento da entidade e dar à essa perda auditiva ocupacional a devida interpretação para fins de benefício por incapacidade. As denominações utilizadas para se referir à PAIR foram substituídas ao longo do tempo pela inadequação, pois, na maioria das vezes, não há ocorrência da surdez (sentido leigo) ou da perda da capacidade auditiva. Quando se instalam, representam estágios avançados da doença que se inicia por um quadro audiométrico diagnosticado como perda auditiva sensório-neural, por exposição a níveis elevados de pressão sonora relacionado ao trabalho, que pode, dentro dos limites convencionados, não representar diminuição da capacidade auditiva. Portanto, Perda Auditiva Neurossensorial, na maioria das vezes, não é sinônimo de diminuição de capacidade auditiva, o que pode ocorrer com a progressão ou agravamento do quadro. Lembramos que os benefícios por incapacidade são concedidos somente quando a patologia relacionada ao trabalho acarreta real incapacidade laborativa, ou redução da capacidade laborativa do segurado em relação à sua atividade profissional habitual. Ou seja, não basta o diagnóstico de uma doença. É matéria do Seguro Social (INSS) a repercussão da doença na capacidade de trabalho (incapacidade laborativa do segurado); e as condições do trabalho na saúde do trabalhador são matérias pertinentes à Segurança e Saúde no Trabalho (Ministério do Trabalho) e SUS, assim como o tratamento é assunto da Medicina Assistencial. A função básica da perícia médica é a avaliação da incapacidade laborativa e do nexo técnico decorrente da doença de base, para fins de concessão de benefícios por incapacidade. O diagnóstico da doença de base, tratamento e a prevenção, embora de interesse do INSS, cabem a outras entidades e serviços.

A avaliação do PCA deve ser realizada sistematicamente e periodicamente, avaliando a qualidade dos componentes do programa, os exames audiológicos e a opinião dos trabalhadores relacionada à eficácia do programa (PIMENTA *et al.*, 2019).

Programas eficazes de proteção de audição são dependentes de todos os conhecimentos sobre os fatores que influenciem no desenvolvimento de problemas

auditivos, fazendo necessário o desenvolvimento e aplicação de estratégias para promover o uso de proteção auditiva entre os trabalhadores (TINOCO, 2019).

Em 2017, foi publicada a segunda atualização da revisão da Cochrane relacionado à efetividade das intervenções realizadas para prevenir as perdas auditivas relacionadas ao trabalho (TIKKA, 2019). Nela, os autores identificaram que havia evidências de qualidade baixa ou moderada relacionadas às intervenções analisadas no estudo ou, até mesmo, a ausência de evidências sobre a real eficácia destas intervenções que possuem o objetivo de reduzir a exposição ao ruído e combater a perda auditiva ocupacional. A ausência de evidências conclusivas não comprova a falta de eficácia, apenas ressalta que novas pesquisas podem gerar um impacto muito importante nas pesquisas sem resultado satisfatório (TIKKA, 2019).

Na construção civil, durante as obras, os trabalhadores estão expostos a algumas atividades que podem colocar em risco seu psicológico ou, até mesmo, sua integridade física. Os ruídos, podem ser considerados um agente que prejudica a audição de quem trabalha de acordo com o tempo em que se é exposto e a distância em que ele está afetando negativamente os trabalhadores. Quanto mais tempo as pessoas ficam expostas a esses ruídos, maiores são as chances de elas sofrerem algum tipo de dano à sua audição, seja temporário ou permanente. As distâncias também mudam a gravidade dos danos causados, isso significa que a pessoa que está produzindo algum tipo de ruído sofrerá mais danos que a outra que está mais distante. Isso ocorre pelo fato de que o ruído produzido pelo maquinário fica bem maior quanto mais próximo o trabalhador está do equipamento produtor de ruído.

As consequências decorrentes da exposição ao ruído podem ser de dois tipos: efeitos na audição e efeitos gerais. No que diz respeito aos efeitos auditivos especificamente, o ruído pode ocasionar três efeitos distintos: o trauma acústico, exposição de forma súbita e intensa que lesa temporária ou definitivamente a audição; a alteração temporária da audição, uma diminuição auditiva reversível; e a PAIR, uma doença crônica caracterizada como uma perda auditiva, geralmente bilateral, irreversível e progressiva com o tempo de exposição ao ruído (VERÍSSIMO *et al.*, 2011).

A PAIR é o agravo mais frequente à saúde do trabalhador e se encontra presente nos diversos ramos de atividade, dentre eles: siderurgia, metalurgia, gráfica, construção civil, entre outros (VERÍSSIMO *et al.*, 2011). Nesses ramos, especificamente na construção civil, muitos equipamentos acabam produzindo sons

extremamente prejudiciais à audição dos trabalhadores, como, por exemplo, o som produzido pela máquina de serra circular ao cortar algum objeto, ruídos a que os trabalhadores estão expostos diariamente. Os níveis de pressão sonora das máquinas utilizadas pelos trabalhadores supracitados excedem os estipulados pela NR-15, Norma Regulamentadora da Portaria MTb n.º 3.214/1978, que estabelece os limites de exposição a ruído contínuo (VERÍSSIMO *et al.*, 2011).

No ouvido, a exposição ocupacional ao ruído intenso lesa as células ciliares do órgão de Corti, causando perda progressiva e irreversível da audição, doença conhecida como PAIR (DIAS *et al.*, 2005). A exposição ocupacional ao ruído se associa ao zumbido, também chamado de acúfeno ou tinnitus e pode ser definido como "uma ilusão auditiva, isto é, uma sensação sonora não relacionada a uma fonte externa de estimulação" (DIAS *et al.*, 2005).

Contudo o zumbido é uma condição que apenas quem o desenvolve sabe o quão alto está escutando, o que torna difícil sua mensuração. Segundo Dias (2005), trata-se de um sintoma que produz extremo desconforto, de difícil tratamento, podendo, de acordo com sua gravidade, excluir do convívio social e até levar ao suicídio aqueles acometidos.

A literatura especializada internacional aponta que trabalhadores expostos ao ruído ocupacional intenso apresentam risco aumentado de se acidentarem quando comparados a trabalhadores não expostos. Sendo assim, a implantação do PCA abrange esses trabalhadores, tendo em vista o objetivo de prevenção da exposição e do dano auditivo, diminui consideravelmente o risco de acidentes. Seu objetivo implementar ações para identificar e prevenir as perdas auditivas e até estabilizar as perdas já detectadas ou acentuadas em decorrência da exposição ao ruído ocupacional. O PCA é de extrema importância para ajudar na prevenção de doenças relacionadas a qualquer tipo de ruído prejudicial à saúde dos trabalhadores. Doenças que, no final, podem acabar causando acidentes, seja dentro da construção civil, ou de qualquer outro tipo de trabalho que o indivíduo fique exposto a possíveis causadores de problemas auditivos (DIAS *et al.*, 2006).

Com esses dados, pode-se concluir que o ruído causa muitos danos à saúde de uma pessoa. Quanto mais ela é exposta a essas condições, piores são as lesões que eles acabam causando, podendo afetar uma pessoa permanentemente. Isso pode afetar de diversas formas o trabalhador, podendo desenvolver zumbidos

constantes nos ouvidos, dificuldade de se comunicar com outras pessoas e diversas outras lesões que se pode desenvolver pela exposição ao ruído.

As NR's que possuem maior relevância relacionados a esse problema são as NR 6 e NR 7.

A NR 6 traz regulamentações para os Equipamentos de Proteção Individual (EPI). Segundo o item 6.2 dessa norma, os EPIs de fabricação nacional ou importados só podem ser vendidos e utilizados caso possua o Certificado de Aprovação (CA). Conforme o item 6.3 da NR 6, a empresa tem a obrigação de fornecer os equipamentos aos funcionários gratuitamente sempre que as medidas de ordem não oferecerem proteção total quando elas estiverem sendo implantadas. Devem ser utilizados também em emergências, sendo eles adequados ao risco a que os trabalhadores são expostos, sendo entregues em perfeito estado de conservação e funcionamento.

Segundo o item 6.5 da NR 6, compete ao Serviço de Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT) recomendar ao empregador o EPI adequado para a atividade a qual ele exerce. As empresas que não possuem a obrigação de construir a SESMT tornam o empregador o responsável pela determinação do EPI adequado, mediante um profissional devidamente habilitado, ouvindo a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) ou designado e trabalhadores usuários.

Constam nos itens 6.6 e 6.7 da NR 6 que o empregador deve, em relação ao EPI,; exigir o EPI adequado ao risco de cada atividade; exigir seu uso; fornecer ao trabalhador somente o aprovado pelo órgão nacional competente a respeito de segurança e saúde no trabalho; substituir o equipamento imediatamente quando ele for danificado ou extraviado; responsabilizar-se pela higienização e manutenção dos EPIs periodicamente; orientar e treinar o trabalhador sobre como utilizar, conservar e guardar os EPIs para que eles cuidem bem de seus equipamentos, fazendo com que eles sejam mais efetivos por mais tempo; comunicar o ao Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) sobre qualquer irregularidade observada e registrar o seu fornecimento ao trabalhador. Já as responsabilidades adotadas pelos trabalhadores são: fazer o uso apenas para a finalidade ao qual ele é destinado; responsabilizar-se por guardar e conservar seu equipamento; comunicar ao empregador caso ocorra qualquer alteração que afete na adequação do EPI, tornando-o impróprio para o uso e cumprir as determinações propostas pelo empregador a respeito do uso adequado de seus equipamentos.

O Certificado de Aprovação (CA) concedido ao EPI terá validade de 5 anos para equipamentos que possuem laudos de ensaio que não tenham sua conformidade avaliada no âmbito do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO). Terá um prazo de 2 anos renováveis para equipamentos que não existirem normas técnicas nacionais e internacionais oficialmente reconhecidas.

A respeito a NR 7, o objetivo deste documento vem atender ao disposto na Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho, oficializada pela Portaria 3.214/78, complementada pelas portarias 24/94, 08/96 e Despacho da SSST de 01.05.96, juntamente com as demais NR's. Ela estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), por parte de todos os empresários e instituições que admitam trabalhadores com o objetivo de promoção e preservação da saúde de todos os integrantes da empresa.

Caberá à empresa contratante de mão-de-obra prestadora de serviços, informar os riscos existentes e auxiliar na elaboração e implementação do PCMSO nos locais de trabalho onde os serviços estão sendo prestados.

A respeito das diretrizes da NR 7, sempre que uma ou mais empresas — tendo cada uma delas, personalidade jurídica própria — estiverem sob direção, controle ou administração de outro, constituído grupo industrial, comercial ou de qualquer outra atividade econômica, serão, para efeito de aplicação das NR's, solidariamente responsáveis a empresa principal e cada uma das subordinadas.

O PCMSO é parte integrante do conjunto mais amplo de iniciativas da empresa no campo da saúde dos trabalhadores, devendo estar articulado ao disposto nas demais NR's. Também deve ter o caráter de prevenção, rastreamento e diagnóstico precoce dos agravos à saúde relacionados ao trabalho, inclusive de natureza subclínica, além da constatação da existência de casos de doenças profissionais ou danos irreversíveis a saúde dos trabalhadores. Recomenda, também, a programação, implementação e execução de exames ocupacionais (admissionais, periódicos, mudança de riscos e demissional) para acompanhamento da saúde ocupacional dando ênfase ao exame audiométrico realizado no mínimo de 6 em 6 meses conforme o anexo 1 quadro 2 da nr 3.

O PCMSO deverá ser planejado e implantado com base nos riscos à saúde dos trabalhadores, especialmente os identificados nas avaliações previstas nas demais NR's.

O reconhecimento dos riscos deve ser feito por meio de visitas aos locais de trabalho para análise dos procedimentos produtivos, postos de trabalho, informações sobre ocorrência de acidentes de trabalho, através da CIPA, mapas de risco, estudos bibliográficos etc. Por meio desse reconhecimento, deverá ser estabelecido um conjunto de exames clínicos e complementares específicos para a prevenção ou detecção precoce dos agravos à saúde seguidos da interpretação dos resultados dos exames e das condutas no caso da constatação de alterações. Seu objetivo é o monitoramento e tomada de ações em conjunto com o setor de segurança do trabalho, a fim de estabilizar as perdas com campanhas de saúde orientações individuais. Embora o programa deva ter articulação com todas as NR's, a articulação básica deve ser com o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), previsto na NR 9. E, partir do dia três de Janeiro de 2021, será parte integrante da nova NR 01 Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO) O Programa de gerenciamento de riscos (PGR) faz parte de um conjunto de procedimentos, gestão de técnicas, métodos de avaliação, registros e controles de monitoramento e avaliação de riscos que devem ser seguidos e adotados com objetivo de prevenção de acidentes de trabalhos nas empresas identificando, verificando, monitorando, eliminando ou diminuindo os riscos ocupacionais.

Se o reconhecimento não detectar risco ocupacional específico, o controle médico poderá resumir-se a uma avaliação clínica global em todos os exames exigidos: admissional, periódico, retorno ao trabalho, mudança de função e demissional.

Segundo a NR 7, compete ao empregador prevenir atos inseguros no desempenho do trabalho; garantir a elaboração e efetiva implantação do PCMSO; custear sem ônus para o empregado todos os procedimentos relacionados ao PCMSO e indicar médico do trabalho responsável pelo PCMSO.

Os exames podem ser categorizados em alguns tipos: exame admissional, periódico, exame de mudança de função, exame de retorno ao trabalho e exame demissional. O exame periódico avalia a condição de saúde dos trabalhadores, periodicamente, considerando aspectos ambientais e inerentes à função. Por meio dos exames, é possível identificar, com certa antecedência, alguma condição impeditiva na saúde do funcionário para o exercício de suas funções no ambiente laboral. Sua periodicidade é determinada por fatores como condições ambientais, idade, doenças crônicas etc.

O exame de mudança de função é realizado obrigatoriamente antes da data da mudança. Entende-se por mudança de função toda e qualquer alteração de atividade, posto de trabalho ou setor de atividade que implique na exposição do trabalhador a riscos diferentes aos que estava exposto antes da mudança.

O exame de retorno ao trabalho é realizado, obrigatoriamente, no primeiro dia de volta ao trabalho se a ausência do trabalhador for igual ou superior a 30 (trinta) dias, seja por motivo de doença ou acidentes, de natureza ocupacional ou não, ou parto.

O exame demissional será obrigatoriamente realizado até a data de homologação dentro dos 10 dias que antecedem o término do contrato. Visando a analisar o estado de saúde do demissionário, observando se não foi adquirida uma doença profissional.

Os exames têm sua periodicidade recomendada da seguinte forma: semestral; anual e bienal.

Os exames semestrais são realizados em trabalhadores expostos aos agentes químicos tóxicos, nocivos à saúde. Já os anuais são realizados em trabalhadores expostos aos demais riscos ocupacionais e para aqueles com idade menor que 18 anos ou maior que 45 anos. E os exames bienais são realizados em trabalhadores com idade entre 18 e 45 anos, desde que não estejam expostos a riscos ocupacionais específicos.

Para cada um desses exames, devem ser adotados o Atestado de Saúde Ocupacional (ASO), com o médico emitindo em 2 vias, ficando a primeira encaminhada para o arquivo no local de trabalho, onde permanecerá à disposição da fiscalização. A segunda via, obrigatoriamente, será entregue ao trabalhador, mediante assinaturas de recebimento do médico examinador e do colaborador em todas as vias anteriores.

O ASO deverá conter os seguintes dados: razão social e CNPJ ou CAEPF da organização; nome completo do empregado, número do RG, o número de seu CPF e sua função; a descrição dos perigos ou fatores de risco identificados e classificados nos programas de identificação de riscos ocupacionais (PPRA, PCMAT, PGR e etc.), que necessitem de controle médico previsto no PCMSO ou a sua inexistência; indicação de data de realização dos exames ocupacionais clínicos e complementares a que foi submetido o empregado; definição de apto ou inapto para a função do empregado; o nome e número de registro profissional do médico responsável e

coordenador pelo PCMSO, se houver, e data, número do registro profissional e assinatura do médico examinador que realizou o exame clínico.

A metodologia para a elaboração do PCMSO analisou o PPRA e suas composições: antecipação e reconhecimentos dos riscos; avaliação dos riscos e da exposição dos trabalhadores; implantação de medidas de controle e avaliação de sua eficácia; monitoramento da exposição aos riscos; identificação dos riscos ambientais; a caracterização das atividades e do tipo da exposição; obtenção de dados existentes na empresa, indicativos de possível comprometimento da saúde decorrente do trabalho; os possíveis danos à saúde relacionados aos riscos identificados, disponíveis na literatura e a descrição das medidas de controle já existentes.

Com todos esses dados expostos, este artigo tem intenção de examinar e traçar considerações acerca da (PAIR) perda auditiva induzida pelo ruído na construção Civil. Pretende-se, para tanto, apontar seus fatores contribuintes e as medidas de identificação, análise, tratativa, diminuição e a eliminação do ruído por conta do empregador e empregado. Será feita uma análise de como o ruído afeta os trabalhadores com o passar do tempo, além de um levantamento do quanto ele afeta as pessoas que estão expostas a ele direta e indiretamente. O intuito é proteger a integridade física e psicológica dos trabalhadores que exercem suas funções no ramo da construção civil.

São poucos os dados epidemiológicos sobre perda auditiva no Brasil e referem-se a determinados ramos de atividades. Portanto, não há registros epidemiológicos que caracterizem a real situação (SAÚDE, 2006).

Mesmo sendo o agravo mais frequente à saúde dos trabalhadores, ainda são pouco conhecidos seus dados de prevalência no Brasil (SAÚDE, 2006). Isso reforça que é necessário cada vez mais a notificação por parte das pessoas que sofrem com a PAIR, para se ter o conhecimento de quantas são afetadas e tornar possível a realização de um dimensionamento das ações de prevenções e assistência.

A maior característica da PAIR é a degeneração das células ciliadas do órgão de Corti. Tem sido demonstrado o desencadeamento de lesões e de apoptose celular em decorrência da oxidação provocada pela presença de radicais livres formados pelo excesso de estimulação sonora ou pela exposição a determinados agentes químicos (SAÚDE, 2006). A deficiência auditiva devido à exposição contínua ao ruído pode provocar diversas limitações auditivas funcionais, as quais referem-se, além da

alteração da sensibilidade auditiva, às alterações de seletividade de frequência, das resoluções temporal e espacial, do recrutamento e do zumbido (SAMELLI, 2004).

A avaliação do trabalhador exposto a ruído consta de avaliação clínica e ocupacional, na qual pesquisa-se a exposição ao risco, pregressa e atual, considerando-se os sintomas descritos anteriormente. É muito importante o detalhamento de sua exposição, para que seja possível relacionar sua exposição com os seus sintomas (SAÚDE, 2006).

No momento, não há tratamento para a PAIR, sendo fundamental o acompanhamento de sua progressão por meio de avaliações audiológicas periódicas, realizadas pelas empresas onde o trabalhador é exposto ou pela rede pública de saúde (SAÚDE, 2006). A reabilitação pode ser feita com ações terapêuticas, com a avaliação da condição atual do trabalhador com perda, para compreender a perda auditiva. Depois inicia-se a intervenção, que pode iniciar com trabalhos de aceitação, compreensão e expectativa e fonoaudiólogo que deve acompanhar o trabalhador. É verificada, inclusive, a possibilidade de amplificação sonora (aparelhos auditivos). Os trabalhadores identificados com perda de audição devem ser encaminhados para centros de referência (particulares ou SUS), analisando cuidadosamente sua avaliação audiológica.

Podendo-se concluir que a PAIR aumenta cada vez mais de acordo com o nível de exposição das pessoas à ruídos excessivos. Essas pesquisas têm resultado na pesquisa e desenvolvimentos de substâncias e condições com a finalidade de proteger as células ciliadas cocleares contra os danos causados pelos ruídos (SAÚDE, 2006).

3. METODOLOGIA

Muitos trabalhadores, dentro de um canteiro de obras, em escala pequena ou grande, são expostos à ruídos que podem danificar suas audições dependendo do quão frequente sejam suas exposições.

Este Trabalho de Conclusão de Curso pretende trazer estudos a respeito dos danos causados pelos ruídos, focando em como prevenir este problema que atinge grande parte dos trabalhadores. Sendo de natureza qualitativa, possuindo característica exploratória, este estudo pretende recorrer a pesquisas em plataformas científicas, *Scielo* e demais bases referenciadas, além de uma pesquisa de campo

para o levantamento de dados sobre a frequência e tempo de exposição das pessoas aos ruídos na construção civil. Os descritores utilizados foram: perda auditiva induzida pelo ruído, ocorrência de perda auditiva induzida pelo ruído em carpinteiros, exposição ocupacional ao ruído e acidentes do trabalho. Foram identificados artigos, desses foram selecionados 6 trabalhos que tratavam sobre perda auditiva induzida pelo ruído. Os critérios de inclusão basearam-se em artigos em que seus conteúdos possuísem a relação entre a perda auditiva e a exposição dos trabalhadores a ele.

Neste trabalho será realizada a identificação da fonte de ruído no meio em que o trabalhador é exposto. Após a coleta desses dados, será feita a medição dos níveis de ruído ao qual ele é exposto e por quanto tempo ele é afetado por esse ruído em seu local de trabalho durante seu dia. Esses dados serão coletados dentro de um canteiro de obras. Será colocado um aparelho em um trabalhador que opera mecanismos produtores de ruído. O dispositivo, durante seu tempo de funcionamento, medirá os níveis de ruído atingidos pelas máquinas que o trabalhador utiliza durante o seu dia. Assim, será possível obter dados sobre sua exposição durante seu dia em um canteiro de obras.

Após essas etapas, será realizado uma pesquisa sobre medidas de segurança contra esses ruídos, na medida do possível, trabalhando com a eliminação dele. Caso não seja possível eliminar este ruído, serão realizados estudos para neutralizar os efeitos desse ruído nos trabalhadores. Por fim, caso nenhuma das outras medidas de segurança seja possível, será realizado uma pesquisa de campo para coletar dados e propor soluções.

Serão observadas as inspeções sobre as condições de segurança, bem como os procedimentos implantados, seguindo a periodicidade:

Todos os dias e pelo responsável de cada setor e pelo responsável legal da empresa no que diz respeito aos riscos nele existentes. Todos os dias pelos membros da CIPA, buscando identificar a existência de novas situações de riscos e a observância dos procedimentos propostos. Anualmente, pelo coordenador do PPRA ou quem designar para verificar as avaliações anteriores e identificar novas situações de risco.

RECONHECIMENTO DO RISCO E SOLUÇÕES

RISCO	FONTE GERADORA	MEDIDAS EPC	MEDIDAS EPI	MEDIDAS ADMINISTRATIVAS
--------------	-----------------------	--------------------	--------------------	--------------------------------

Ruído	Máquina	Isolamento acústico das máquinas	Protetores auriculares plug/concha	Manutenção periódica nas máquinas e equipamentos, tornando menos ruidosos; - Treinamento sobre à correta utilização dos equipamentos de segurança e sobre os riscos causados pela exposição ao ruído.
-------	---------	----------------------------------	------------------------------------	--

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliações realizadas na empresa Brasil Obras Construções.

Os dados relacionados à exposição dos trabalhadores aos ruídos obtidos estão contidos na figura 1.

DOSIMETRIA DE RUÍDO

Grupo Homogêneo de Exposição	Função Avaliada	Data da Avaliação	Tempo de Aval.	Jornada Trabalho	Resultado da Avaliação		Nível Ação	LT**	Priorização (Tab. 4a)
					Equipamento	NE(Lavg)			
GHE 01	AUXILIAR DE MÁQUINAS	18/09/2020	438 min.	8H	IDAC100 441844565	86,7	80	85	Emergencial
	OPERADOR IND. MADEIRAS	18/09/2020	446 min.	8H	IDAC 100 481743448	87,4	80	85	Emergencial

* Dose projetada para 8:00 h em dB(A); ** Limite de Tolerância, conforme item NR.15, Anexos 1 e 2.

(Figura 1)

EFEITOS NO ORGANISMO HUMANO

Agente de Risco	Possíveis Danos no Organismo Humano
Ruído	PAINPSE – Perda Auditiva Induzida por Níveis de Pressão Sonora Elevada, hipertensão arterial sistêmica, insônia e irritabilidade.

(*) Informações sobre os possíveis danos à saúde, relacionados aos riscos ambientais identificados, disponíveis na literatura técnica.

(Figura 2)

Descrição dos Equipamentos
- Dosímetro INCON modelo IDAC 100
- Calibrador Acústico INCON modelo ICAL 100
- Luxímetro digital marca Homis modelo 204.

Nota: todas as especificações referentes aos equipamentos, se encontram no anexo VI certificados de Calibração.

Para a faixa ``A`` foi selecionado um circuito de compensação e uma resposta lenta.

Foi afixado um audiodosímetro ao trabalhador, com o microfone próximo ao seu plano auditivo realizando seu acompanhamento em sua jornada de trabalho, sendo registrada a dose de ruído na memória do instrumento, para leitura posterior, tendo sido anotadas as atividades do operador no período.

Para os valores encontrados, quanto ao nível de ruído intermediário, foi considerada a máxima exposição diária permissível relativa ao nível imediatamente mais elevado.

Se, durante a jornada de trabalho, ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruídos de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados, de forma que, se a soma das seguintes frações for $(C1/T1) + (C2/T2) + (C3/T3) + \dots + (Cn/Tn) > 1$, a exposição estará acima do limite de tolerância.

C_n = tempo total em que o trabalhador fica exposto a um determinado nível de ruído; T_n = indica a máxima exposição diária permissível conforme o Anexo 1 da NR-15, Portaria 3214

**NORMA REGULAMENTADORA 15
ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES**

ANEXO I

LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE

NÍVEL DE RUÍDO DB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Tabela da NR 15 anexo 11

(Figura 4)

De acordo com os dados da dosimetria de ruído, podemos observar que ambos os trabalhadores estão expostos a níveis de ruído acima do ideal.

Na primeira avaliação, foi constatado que o trabalhador estava exposto a 86,7dB em média durante os 438 min do tempo de avaliação. Sua jornada de trabalho tem que ser de 6h, o limite de recomendado para este tipo de exposição, conforme mostrado na figura 4.

Já na segunda avaliação, o trabalhador estava submetido a um nível de ruído de 87,4dB durante 446 min, sendo que cumpre uma jornada de trabalho de 8h. Esses dados nos mostram que o ideal para essa situação é uma jornada de 5 horas, de acordo com a figura 4.

Com esses resultados, podemos afirmar que ambos os trabalhadores estão expostos a ruídos excessivos durante sua jornada de trabalho, sendo necessário que ocorra um reajuste de suas cargas horárias ou, de alguma maneira, sejam reduzidos

os ruídos aos quais eles são expostos. Isso fará com que recebam ruídos por menos tempo ou reduzam-nos de maneira que consigam permanecer em segurança durante suas jornadas de trabalho de 8h.

As medidas que podem constar na Hierarquia das Medidas De Controle (HMC) a serem implementadas na organização:

Eliminar o agente;

Substituir o maquinário;

Isolar a fonte geradora do ruído;

Medidas administrativas (rodízio de funcionários expostos);

Utilização de EPIs.

Os referidos funcionários estavam utilizando protetor auricular com fator de redução de ruído de 20 Db ruído encontrado no ambiente 86,7 e 87,7 DB fator de redução de ruído do protetor 20 DB $86,7 - 20,0 = 66,7$ DB abaixo do limite de tolerância estabelecido pelo anexo I da Nr 15.

As ações necessárias para a solução dos problemas foram anteriormente citadas na tabela de riscos e soluções.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com todos os dados apresentados, conclui-se que a exposição a ruídos pode causar muitos danos à saúde dos trabalhadores tanto psicologicamente quanto fisicamente. Portanto, são necessárias medidas de segurança para amenizar os danos causados ou até mesmo anulá-los. Essas ações devem ser de ambas as partes, dos trabalhadores, em seguirem as medidas de segurança e dos responsáveis pela adequação a elas.

No presente estudo, foram obtidos dados que revelaram que todos os trabalhadores testados eram expostos a ruídos excessivos para a jornada de trabalho cumprida. Assim, mesmo com o uso de EPIs, podem acabar causando danos ao sistema auditivo de ambos, podendo resultar em perda de audição, zumbidos, ansiedade, nervosismo, isso tudo podendo ser causado pelo não cumprimento das medidas de segurança adequadas para os trabalhadores observados.

Em grande parte dos casos, os trabalhadores estão expostos a ambientes de trabalho cujas condições físicas e psicológicas não são adequadas, o que pode resultar em acidentes.

No ramo da construção civil, podemos observar muitos trabalhadores, durante sua jornada de trabalho, retirando os EPIs ou não fazendo o uso adequado deles. Esses indivíduos alegam, muitas vezes, que há um desconforto pelo uso ao longo do dia ou, simplesmente, acreditam que não são importantes.

Portanto, é muito importante ressaltar a importância do uso dos EPIs, já que eles ajudam a combater os danos causados pelos ruídos, reduzindo-os ou, até mesmo, anulando os efeitos causados por eles, garantindo, assim, a saúde dos trabalhadores.

Visando a melhoria contínua dos processos de conscientização dos funcionários, devem ser realizados, periodicamente, treinamentos de capacitação e reciclagem de uso guarda e conservação dos EPIs e perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) e elaboração de Análise Preliminar de Riscos (APR) e Procedimentos Operacionais de Padrão (POP) na prevenção dessa doença.

A partir dos dados apresentados, pode-se concluir que o cumprimento de todos os programas de segurança consegue reduzir, consideravelmente, os danos causados pela PAIR. Inclusive pode, até mesmo, anulá-la em alguns casos. Essas medidas são de extrema importância, tanto para serem cumpridas pelo empregador, quanto para os empregados, esses que são os alvos afetados pelo ruído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURITI, A. K. L. Ocorrência de perda auditiva induzida pelo ruído em carpinteiros: Scielo. **Scielo**, 23 abr. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-18462011005000119>>. Acesso em: 13 Abril 2021.

CONTO, J. D.; GERGES, S.; GONÇALVES, C. G. D. O. Hearing risk in motorcycle taxi drivers of a Southern Brazilian city. **CEFAC**, Campinas/SP, v. 20, n. 6, p. 723-733, Fevereiro 2018.

DIAS, A. Associação entre perda auditiva induzida pelo ruído e zumbido. **Scielo**, 24 jun. 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.org/article/csp/2006.v22n1/63-68/pt/>>. Acesso em: 13 Abril 2021.

DIAS, A. Exposição ocupacional ao ruído e acidentes do trabalho. **Scielo**, 17 jan. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2006001000018&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 13 Abril 2021.

EMPREGO, M. D. T. E. NORMA REGULAMENTADORA 6 - NR 6 EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - EPI. **Guia Trabalhista**, 2010. Disponível em:

<<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr6.htm>>. Acesso em: 02 Outubro 2021.

EMPREGO, M. D. T. E. PORTARIA SEPRT 6.734 DE 09 DE MARÇO DE 2020. **Guia Trabalhista**, 2020. Disponível em: <<http://www.normaslegais.com.br/legislacao/portaria-seprt-6734-2020.htm>>. Acesso em: 02 out. 2021.

GONÇALVES, C. G. D. O.; FONTOURA, F. P. Intervenções educativas voltadas à prevenção de perda auditiva no trabalho: uma revisão integrativa. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 43, n. 1, Outubro 2018.

GUSMÃO, A. C.; MEIRA, T. C.; FERRITE, S. Fatores associados à notificação de perda auditiva induzida por ruído no Brasil, 2013-2015: estudo ecológico. **Secretaria de Vigilância em Saúde**, Brasília, v. 30, n. 2, Maio 2021.

KLASSMAN, B. Perda auditiva induzida por ruído, um problema que pode ser evitado. **Proteção**, 2020. Disponível em: <<https://protecao.com.br/geral/perda-auditiva-induzida-por-ruído-um-problema-que-pode-ser-evitado/>>. Acesso em: 13 Março 2021.

LI, X. et al. Polimorfismo no gene GRHL2 pode contribuir para a suscetibilidade à perda auditiva induzida por ruído: uma metanálise. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, São Paulo, v. 86, n. 3, p. 370-375, Julho 2020.

MURATA, M. M. et al. Alterações respiratórias, auditivas e citogenéticas em trabalhadores de um estaleiro no Rio de Janeiro: estudo de caso. **Cadernos Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 4, p. 394-404, Dezembro 2017.

PEDROSO, H. C.; GONÇALVES, C. G. D. O. Percepção e conhecimento dos profissionais da saúde da atenção primária sobre notificação da perda auditiva induzida pelo ruído em Curitiba - Paraná. **CoDAS**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 575-582, Outubro 2016.

PIMENTA, A. D. S. et al. Modelo lógico operacional do programa de conservação auditiva do trabalhador. **CEFAC**, Campinas/SP, v. 21, n. 3, Setembro 2019.

RAMOS, F. E. A. L. D. O. et al. Atividade de grupo como estratégia de educação em saúde auditiva de trabalhadores de um serviço de manutenção hospitalar. **Audiology - Communication Research**, São Paulo, v. 22, Abril 2017.

RÉGIS, A. C. F. D. C.; CRISPIM, K. G. M.; FERREIRA, A. P. Incidência e prevalência de perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores de uma indústria metalúrgica, Manaus - AM, Brasil. **CEFAC**, Campinas/SP, v. 16, n. 5, p. 1456-1462, Outubro 2014.

RODRIGUES, R. C. SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: Estudo de Caso sobre EPI'S e EPC'S em um canteiro de obras, em PALMAS, TO. **ulbra**, 2016. Disponível em: <<https://ulbra-to.br/bibliotecadigital/uploads/document5d233a1fd9ee3.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2021.

SAMELLI, A. G. **Zumbido , Avaliação , Diagnóstico e Reabilitação**. 1ª. ed. São Paulo: Lovise , 2004.

SAMELLI, A. G. et al. Revisão sistemática de intervenções para prevenção da perda auditiva induzida por ruído ocupacional – uma atualização. **CoDAS**, São Paulo , v. 33, n. 4, Junho 2021.

SAMELLI, A. G. et al. Revisão sistemática de intervenções para prevenção da perda auditiva induzida por ruído ocupacional – uma atualização. **CoDAS**, São Paulo, v. 33, n. 4, Junho 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/codas/a/Y7QW8GLn3kZvp8QtZRNLRYj/?lang=pt>>. Acesso em: 04 out. 2021.

SAUDE, M. D. Perda auditiva induzida por ruído: Ministério da saude. **Ministério da saúde**, 2006. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_perda_auditiva.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.

SILVA, V. A. R. D.; MITRE, E. I.; CRESPO, A. N. Is noise-induced hearing loss still a public health problem after decades of legislation? **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, São Paulo, v. 86, n. 6, p. 665-666, Dez 2020.

SILVA, V. M. D.; TEIXEIRA, C. F.; PIMENTA, A. D. S. Validação de conteúdo e aparência de indicadores para avaliação do grau de implantação do Programa de Conservação Auditiva. **Revista CEFAC**, Campinas/SP, v. 23, n. 3, Março 2021.

TIKKA, C. et al. Revisão sistemática e metanálise Cochrane de intervenções para prevenção de perda auditiva ocupacional induzida por ruído – abreviada. **CODAS**, São Paulo, v. 32, n. 2, Abril 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2317-1782/20192019127>>.

TINOCO, H. C. et al. Percepção de risco no uso do equipamento de proteção individual contra a perda auditiva induzida por ruído. **Gestão e Produção**, São Carlos/SP, v. 26, n. 1, Março 2019.

IMPLANTAÇÃO DE CONCRETO PERMEÁVEL NA CIDADE DE TRÊS RIOS-RJ

ACADÊMICOS: Eber Luiz Arguello e Rafael Dos Santos Silva.

ORIENTADOR: Prof. *Esp.* Leonardo Martins Sleutjes.

LINHA DE PESQUISA: Tecnologia de Materiais e Métodos Construtivos.

RESUMO

Com a evolução da tecnologia houve a inserção de um concreto asfáltico permeável, sendo ele uma resposta para locais que sofrem com alagamentos. É recorrente a execução de obras com a implantação do concreto asfáltico permeável, em praças, estacionamentos, ciclovias e calçadas na cidade de Três Rios-RJ. Em muitas dessas construções, acumulam-se poças. Como exemplo, pode-se apontar a praça São Sebastião e a ciclovia da av. Zoello Sola. Com isso, o objetivo da pesquisa é realizar um estudo exploratório em um segmento documental com foco em melhorias no escoamento da água superficial percolada por pavimentos permeáveis na cidade de Três Rios-RJ. O ponto de partida para este trabalho foi a pesquisa bibliográfica por intermédio de livros, artigos científicos, monografias, dissertações e teses. A implementação desse pavimento pode gerar impacto social e esse aspecto será desenvolvido no decorrer do trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto Permeável; Estacionamento; Pontos de Alagamento; Ciclovias; Ensaio; Inovação.

1. INTRODUÇÃO

A estrutura de um pavimento é construída depois da terraplenagem e direcionada, de forma econômica e coexistente, a seu objetivo: suportar e repartir ao subleito os esforços verticais gerados pelo tráfego; aperfeiçoar as chances de rolamento quanto à comodidade e segurança e resistir às forças horizontais atuantes, tornando mais duradouro a superfície de rolamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 02).

O entendimento desse pavimento, normalmente, se direciona a qualquer processo de camada ou revestimento que deve resistir à atividade de tráfego. A cobertura permeável apresenta porosidade e permeabilidade consideravelmente elevadas para induzir o escoamento interno e obter um efeito afirmativo no meio ambiente. Solos com menor teor de espaços vagos e decréscimo percentual de infiltração de água não são considerados porosos (VIRGILIIS, 2009).

Sendo assim, a impermeabilização dos solos na cidade de Três Rios- RJ ocasiona enchentes e alagamentos em pontos de fluxos de veículos e pedestres, resultando em doenças de veiculação hídrica, perdas materiais à população, além de transtornos aos usuários das vias alagadas.

O objetivo é tentar contornar essa problemática por meio de estudos realizados acerca da cobertura porosa para uso em pavimentação. Esse modelo de pavimento em análise proporciona que a água infiltre por extensão do solo, subtraindo a concentração de água que escoar para o sistema canalizado de drenagem, reduzindo, portanto, as possibilidades de este sistema sobrecarregar. Como justificativa para a escolha desse método de pavimento, pode-se considerar que está voltado ao bem-estar ambiental e social, além de permitir inovação para alcançar os degraus do desenvolvimento.

“A cobertura permeável pode ser definida como um tipo especial de concreto utilizado em pavimentos. Em que, a relação entre os materiais constituintes e o nível de compactação devem ser definidos para gerar uma estrutura de poros conectados (PIERALISI *et al.*, 2016; DEBNATH e SARKAR, 2018; XIE *et al.*, 2018)”.

Esse modelo de calçamento apresenta evidentes vantagens para toda população, pois colabora com a recarga dos lençóis freáticos e, ao mesmo tempo, evita a evolução de enchentes e escoamentos nas superfícies. Em contrapartida, deve-se considerar a notória desvantagem da utilização desse método: sua

resistência final. Por ser permeável não é indicado para ser utilizado em ambientes que possuem grande tráfego principalmente de veículos pesados. Conforme Sobral (1987), a aparência das fissuras nos concretos leves é bem diferente das que ocorrem nos concretos convencionais. As fissuras são mais regulares, com caracterização do concreto estrutural leve e linear, indicando que a camada de fratura passa tanto pela matriz quanto pelos grãos do agregado leve. Segundo Corsini (2010), as fissuras podem começar a surgir de forma pacífica. Na execução do projeto arquitetônico, é um dos tipos mais comuns de patologias nas edificações e pode interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da obra.

Com essa observação de SOBRAL, é admissível considerar que os calçamentos porosos apresentam maior número de fissuras do que o concreto convencional e, assim, colaborando para sua manutenção com maior frequência.

A aplicação desse método construtivo vai ser fundamental para reduzir os problemas decorrentes da grande impermeabilização do solo das cidades, enchentes e alagamentos.

“Como estratégia para redução das enchentes urbanas, pode-se optar pelo uso de pavimentos permeáveis que auxiliam permitindo o escoamento superficial através da infiltração (CHANDRAPPA; BILIGIRI, 2016)”.

“E o concreto permeável é uma das opções de pavimentação que auxilia na recuperação da habilidade de infiltração do solo, que vem se perdendo com o desenvolvimento das áreas urbanas” (POLASTRE; SANTOS, 2006).

O calçamento permeável é um sistema urbano de infiltração que absorve parte ou a totalidade do escoamento pela superfície permeável, possuindo uma graduação uniforme, constituída sobre o subleito. O destino da água pode ser condução para um reservatório ou um ponto de captação ou ser absorvida pelo subsolo, levando em conta a sua capacidade de permeabilidade (BRATEZIN 2013).

Uma medida de controle viável bastante divulgada, nos últimos anos, é tornar o pavimento — atualmente impermeável — passível de realizar o escoamento da água entre seus componentes e peças. Dessa forma, a massa líquida da chuva infiltra no solo localmente, fazendo funcionar o ciclo hidrológico novamente, sem os desvios e afunilamentos do sistema canalizado de drenagem.

Segundo Tucci (2006), o pavimento permeável apresenta as seguintes vantagens: redução do escoamento superficial, redução dos condutos da drenagem pluvial e, conseqüentemente, redução dos custos da estrutura de dreno e diminuição

da lâmina de água nos estacionamentos e passeios. Além disso, pode-se utilizar um sistema de drenagem com o intuito de armazenar, em um reservatório, a água infiltrada no pavimento.

Outro fator é a oportunidade de utilização de resíduos de construção na fabricação deste pavimento, atendendo à Resolução 307 (CONAMA, 2002), que determina: “Os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas”.

A aplicação de resíduos de construção civil, segundo Safiuddin *et al.* (2011), resolve problema de descarte, reduz o espaço do aterro, conserva os recursos naturais, diminui os custos de transporte, diminui a poluição ambiental, e protege o equilíbrio ecológico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O concreto é o material mais usado pelo homem na construção, principalmente pelo fato de poder ser moldado conforme sua criatividade. Este material, depois de endurecido, vai possuir uma resistência semelhante às das rochas naturais e, em seu estado fresco, é uma mistura plástica. (PEDROSO, 2009).

O concreto atual trata-se de uma mistura de cimento *Portland* com agregados miúdos e graúdos: a areia e a pedra brita, e água. Em 1824, Joseph Aspdin obteve a patente para aperfeiçoar o modo de produção e batizou-o de Cimento *Portland* no Condado de Dorset (CARVALHO, 2008).

O avanço dos espaços urbanos causa um aumento das áreas impermeáveis. Onde anteriormente havia infiltração, agora se transforma quase completamente em escoamento superficial, conforme apresentado nas figuras abaixo.





Figura 1

Fonte: Schueler (1987), citado por Tucci (2006).

Conforme Tucci (2006), a impermeabilização do solo, causada pelos telhados, ruas, calçadas e pátios, faz com que o indicador de fluido — que antes era retido pelas plantas, infiltrava pelo solo e escoava pelo subterrâneo — passe a escoar superficialmente e por condutos e canais. Ainda segundo Tucci (2006), isso cria uma carência de aumento da propriedade de escoamento dos condutos e canais, além de afetar o ciclo hidrológico.

O concreto é o mais importante material estrutural da construção civil da atualidade. Além dos concretos denominados normais, existem concretos considerados especiais como o concreto permeável, também conhecido como concreto poroso, apresentando um bom desempenho em termos de permeabilidade. Assim, pode ser utilizado em obras de pavimentações, estacionamento, calçadas, pistas de ciclovias e praças sendo um material sustentável, apresentando características sociais, econômicas e ambientais (SALDANHA *et. al*, 2016).

O uso da cobertura permeável teve início na Europa. No século XIX, essa estrutura era utilizada para várias aplicações, tais como, muros, divisórias, painéis, pré-fabricados e pavimentação. No Reino Unido, em 1852, duas casas foram construídas utilizando o concreto permeável. A principal razão para o seu uso era a vantagem dos custos em virtude do menor acúmulo de cimento empregada em comparativo com o concreto convencional (HOLTZ,2011). O termo concreto permeável é usado para designar os concretos com altos índices de vazios

interligados entre si, que permitem a passagem dos fluidos, resultando em uma elevada permeabilidade” (PEREIRA E BARBOSA, 2015).

2.1 Vantagens

Em uma rodovia de concreto convencional, a chuva pode gerar um rápido aumento do escoamento superficial e o volume de água acumulado pode demandar o sistema de drenagem urbana da cidade. Por outro lado, com uma rodovia de concreto poroso, o escoamento superficial é reduzido pela infiltração das precipitações, o que evita o efeito de aquaplanagem, a saturação da rede de drenagem e, conseqüentemente, um possível alagamento, sem que haja a necessidade da ocupação de áreas adicionais à da pavimentação (MARCHIONI et al., 2011; MAZZONETTO, 2011).

Em todo pensamento construtivo é crucial avaliar os benefícios que resultarão nas ações que serão tomadas para o método escolhido. A implantação desse método de calçamento na cidade Três Rios (RJ) pode ser muito relevante ao ponto de vista ambiental e social. O primeiro aspecto que pode ser citado é a promoção da infiltração das águas de chuva. Tal fato colabora com a recarga dos lençóis freáticos e, ao mesmo tempo, evita a evolução de enchentes e escoamentos nas superfícies.

No caso dos calçamentos permeáveis com o concreto permeável, em ambientes urbanos, a estrutura porosa e a coloração mais clara do concreto em relação ao asfalto colaboram para a diminuição do aquecimento do ambiente urbano, minimizando os fenômenos de “ilha de calor”, tornando o ambiente termicamente mais confortável. No caso de utilização em vias, a coloração mais clara e, portanto, mais reflexiva, colabora também para o aumento da visibilidade para os motoristas durante anoite (FERGUSON, 2005).

Conforme Baptista (2005), a utilização dos recursos tecnológicos de concreto asfáltico poroso é parcialmente atual, haja vista que o maneira do pavimento tradicional é indicado por sua capacidade de fechamento. Ao fim dos anos de 1970, na América do Norte e na Europa, a compatibilidade de confiança no trânsito e a habilidade em responder as dificuldades hidrológicas provocadas pelo crescimento da poluição de forma intensa geraram conteúdo experimental que levam a operacionalizá-lo desde a década de 1980.

A aplicação do concreto permeável proporciona elevar os leitos de fluido e minimizar a tarifa e a abundância de escoamento superficial da massa líquida da chuva. Assim, adota-se um uso mais eficiente do solo, de maneira que se restrinja ou,

até mesmo, talvez eliminem outras realizações locais de drenagem, como pontos de retenção de água, valas etc. (POLASTRE; SANTOS, 2006).



Figura 2- Concreto permeável executada a um estacionamento.

Fonte: ABCP (2013).

A figura 2 acima apresenta a aplicação do concreto poroso em um estacionamento. Permeabilidade é uma aptidão que comprova a habilidade de percorrer fluido por entre um material. Esse trecho é qualificado para a água ser filtrada sobre pressão por difusão por meio de dutos delgados e por poros (POLASTRE; SANTOS, 2008).

“A ligação entre os poros no concreto caracteriza-o permeável à água. Esta é uma habilidade considerável se exposta ao ar, ou um ataque agressivo de água ou tempo” (MEHTA; MONTEIRO, 2008). Dessa maneira, é possível mitigar pontos de alagamentos provocados por precipitações e chuvas torrenciais.



Figura 3: Av. Zoello Sola- Triângulo - Três Rios. Fonte: G1 Sul do Rio e Costa Verde, 27 de dezembro de 2020.



Figura 4: Praça São Sebastião, Três Rios. Fonte: G1 Sul do Rio e Costa Verde, 05 de março de 2018.

Outra vantagem obtida pelo uso do concreto poroso é a oportunidade de se conquistar a classificação *US Green Building Council Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). Isso é possível devido ao concreto permeável auxiliar

na redução do aquecimento terrestre, ser um material reciclável e permitir a utilização de materiais locais em seu preparo (POLASTRE *et al.*, 2006).

2.2 Desvantagens

É evidente que, em todo processo, existem vantagens e desvantagens e na aplicação do solo permeável não seria diferente. Na obtenção do concreto poroso, é essencial que o teor de finos seja baixo ou nulo, o que o torna mais sensível à relação água/cimento. Uma vez que o teor mencionado é baixo, a quantidade de espaços livres e a área de evaporação se tornam maiores. Nesse contexto, faz-se necessário um maior tempo de cura do concreto e um maior cuidado durante esse processo, de maneira que não se perca a água de hidratação do cimento por evaporação (TENNIS, 2004). Existe, também, outro fator a ser observado é o modelo de superfície sobre qual será aplicado o concreto, pois alguns tipos demandam cuidado específico, como a argila, por exemplo.

Embora o concreto poroso apresente maior índice de permeabilidade em relação ao concreto convencional, ele normalmente possui menor resistência, de maneira a restringir seu uso. Assim sendo, ele pode ser aplicado em lugares com solicitações leves, como amostra: calçadas, quadras poliesportivas, pátios, dentre outras aplicações. Caso o local de aplicação não exija um alto valor de permeabilidade, pode-se aplicar o concreto permeável com um valor maior de resistência, desde que o tráfego não seja pesado, como por exemplo em estacionamentos e ciclovias.

A elevada e crescente impaciência com o meio ambiente e a procura por propostas sustentáveis fazem do concreto permeável uma das formas de manuseio na fonte do escoamento influenciada por grande parte dos planos diretores das cidades (TUCCI, 2000).



Fonte: engenheironaweb.com.br (2019)

Na foto acima é possível observar uma das desvantagens de maneira nítida que é a quantidade de vazios na estrutura da cobertura proposto nesse trabalho.

3. METODOLOGIA

De efeito para cumprir os objetivos a realização deste trabalho pode ser dividido em três fases. A primeira foi realizada um levantamento teórico para servir de embasamento e articulação para o desenvolvimento do tema em questão. As reclamações contínuas da população entre si e a dificuldade de trafegar nas vias quando alagadas motivaram a realização desta pesquisa. Esses anseios carecem a implantação do pavimento poroso em vias de baixo tráfego e de cargas leves com intensão de mitigar uma parcela de toda essa problemática.

A segunda fase consistiu em uma discussão para saber o quanto seria vantajoso para população trirriense a aplicação desse método construtivo de calçamento em nossa cidade como melhoria ambiental e social, trazendo com esse método inovador um bem-estar para a população. Ainda nessa etapa, analisamos o contexto positivo e negativo no impacto ambiental e social e, partindo desse pressuposto, identificamos soluções aplicáveis para o transtorno de alagamentos, principalmente, devido às chuvas forte e abundantes, conhecidas como chuvas torrenciais e escoam por pavimentos não permeáveis.

Na terceira fase, foi feita uma correlação entre as informações obtidas na pesquisa bibliográfica realizada em artigos científicos, dissertações de mestrado,

publicações de TCC, livros de engenharia civil, Google Acadêmico, Scielo e outras fontes confiáveis referenciadas. O estudo é de natureza qualitativa com um objetivo exploratório no seguimento documental tendo foco nas melhorias no escoamento de água superficial percolada por pavimentos permeáveis na cidade de Três Rios-RJ.

A afirmação do concreto permeável é um compreensivo caminho para planejar propostas de áreas externas, sendo que possibilita, sem perda de espaço de pavimentação, que se tenha uma área preparada para acumular precipitações, mitigando a velocidade e volume de fluido do escoamento superficial das águas pluviais (PRATT et. al., 1995; LUCKE; BEECHAM, 2011; FASSMAN; BLACKBOURNE, 2010).

Diante disso, apresentamos também o objetivo desta pesquisa que é conscientizar de que o emprego do pavimento permeável seja visto como uma estratégia de redução da enchente urbana nos principais pontos de alagamentos, auxiliando a infiltração da água para o solo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O concreto autoadensável (CAA) é um modelo de concreto no qual não há necessidade de vibração durante as fases de lançamento e adensamento. Todavia, para ser considerado como autoadensável, este concreto deve obedecer a alguns requisitos, tais como: ter consistência fluida, ter resistência à segregação e não apresentar exsudação, ou surgimento de bloqueios em peças com elevada taxa de armadura (ALCANTARA, 2012; EFNARC, 2002).

Existe uma variedade de fatores que podem influenciar nas propriedades mecânicas e físicas do concreto, como, por exemplo, a relação água/cimento, o emprego do tipo de cimento e materiais com atividade pozolânica, a disposição granulométrica dos agregados, a quantidade e as características do aditivo. Entretanto, há parâmetros que também podem alterar as propriedades elásticas, mecânicas e a microestrutura do concreto. Estes parâmetros, estão relacionados às propriedades reológicas do concreto, como a coesão e viscosidade, transporte, aplicação e cura.

“Estas propriedades reológicas, podem modificar de maneira significativa a estrutura da zona de transição do concreto, no qual é compreendida como a interface entre o agregado e a pasta de cimento.” (COPPOLA; CERULLI; SALVIONI, 2014; MEHTA, 1986).

O objetivo deste trabalho é apresentar alguns pontos que, possivelmente, melhorariam significativamente com a colocação do pavimento permeável para o deslocamento da população nas vias públicas, além de todo o bem-estar de ir e vir por lugares menos alagados, proporcionando, assim, maior segurança no trajeto e contribuição para o sistema hídrico da cidade.

No caso do concreto e do asfalto, o pavimento poroso é composto de agregados graúdos, cimento, água e aditivos, possuindo baixa porcentagem ou nenhuma porcentagem de agregado miúdo em sua composição. Segundo Tucci (2006), esse tipo de pavimento apresenta algumas desvantagens, como: necessidade de manutenção para que não ocorra a colmatação; maior custo direto de construção e contaminação dos aquíferos. O pavimento poroso pode ser construído sobre camadas permeáveis e possuir um dreno para coleta da água e posterior condução para um reservatório para reutilização ou para condução ao coletor principal, como exemplo um rio. Urbonas e Stahre (1993) citado por Araújo *et al.* (2000), classificam os pavimentos permeáveis em três tipos: pavimento de concreto poroso; pavimento de asfalto poroso; pavimento de blocos de concreto vazados preenchidos com material granular, como areia ou vegetação rasteira, como grama. Ainda segundo os autores, existem limitações de uso para os pavimentos permeáveis: solos de baixa permeabilidade; nível do lençol freático alto; existência de camada impermeável que impeça a infiltração. Segundo Araújo *et al.* (2000) o calcamento permeável pode proporcionar uma redução do volume escoado no tempo de resposta da bacia para condições similares ou, até mesmo, condições melhores que as de início do desenvolvimento, dependendo do subsolo. Para isso, deve-se ser utilizado racionalmente, devendo-se respeitar os limites físicos e realizar manutenções preventivas trimestralmente.

Em relação às manutenções, vários autores recomendam uma limpeza periódica com escovamento e jato de ar ou jato de água, de maneira a manter o bom desempenho do pavimento (TUCCI, 2005; ACPA, 2007; CHARGER ENTERPRISES, 2007; GREENWORKS TV, 2007; OBLA, 2007).

Terminologia aplicada a Pavimentos Porosos	
Terminologia	Definição
Camada de Base	Camada colocada abaixo da superfície de revestimento para aumenta a espessura do pavimento. Pode ser simplesmente chamada de Base.
Camada	Espaço ocupado entre dois tipos de materiais na estrutura do pavimento.
Camada Filtrante	Qualquer camada entre outras ou entre o pavimento e o subleito que detenha a migração de partículas para os vazios da camada subjacente.
Geomembrana	Tecido impermeável geralmente plástico ou Polietileno de Alta Densidade (PEAD) utilizada em sistemas impermeabilizantes.
Geotextil	Manta não-tecida de filamentos de polipropileno que possibilita a livre passagem das águas de infiltração para o meio drenante.
Pavimento	Qualquer tratamento ou cobertura na superfície que suporte qualquer tipo de tráfego.
Sobrecamada	Camada aplicada sobre qualquer tipo de pavimento preexistente
Estrutura do Pavimento	Combinação de camadas de materiais colocadas sobre o subleito que possibilitam o suporte mecânico do pavimento.
Reservatório	Qualquer parte do pavimento com capacidade de estocagem o condutividade de água. O reservatório pode ser sobreposto ou combinado com outras camadas do pavimento. Também chamado de Reservatório de Base, Camada Drenante ou Colchão drenante.
Sub-base	Camada colocada abaixo da Base a fim de aumentar a espessura do pavimento.
Subleito	Solo natural ou reforçado abaixo da estrutura do pavimento, responsável pela absorção em última instância dos carregamentos.
Revestimento	Camada do pavimento que recebe diretamente a carga de tráfego.

Tabela 1: terminologia aplicada a Pavimentos Porosos. Fonte: Virgiliis (2009).

Basicamente, são utilizados os mesmos materiais para a execução dos pavimentos, embora os que são permeáveis possuam conceitos distintos. A Tabela I acima demonstra os materiais e elementos inseridos nesta estrutura construtiva. Entretanto, eles não detêm a totalidade dos elementos apresentados e a resolução é mais bem demonstrada quando se realiza a combinação.

Material	Asfalto Permeável	Concreto	Asfalto Convencional
Periodicidade de manutenção	Varia de acordo com o uso (6 meses a 2 anos)	6 meses a 2 anos	Depende do local
Custo de implantação	Médio	Médio	Médio
Custo de manutenção	Médio a alto	Médio a alto	Baixo
Tipo de uso	Todos, desde que com estrutura reforçada	Todos, desde que com estrutura reforçada	Todos
Capacidade de absorção	Boa	Boa	Nula
Acústica	Boa	Boa	Média

Tabela 2: comparação dos modelos de pavimento. Fonte: Acioli (2005).

É importante ressaltar que, de acordo com *American Concrete Institut (ACI)*, para que o solo seja assumido como permeável, ele deve conter entre 15% e 25% de lacunas vazias em sua formação, de uma importância significativa quando comparada aos pavimentos convencionais, que são constituídos entre 3% a 5% de lacunas vazias na sua estrutura (ACI, 2010).

A cobertura permeável tem em sua composição uma série de materiais de uma variedade granulométrica que colaboram para atingir maior quantidade de vazios com a propriedade de acúmulo de água. Certamente é nessa fase que esse modelo de cobertura se destaca em relação aos convencionais (BERNUCCI; MOTTA; CERATTI, 2010).

Embora o gasto com a cobertura permeável seja relativamente de valor mais alto do que o pavimento tradicional, sua velocidade de infiltração é notavelmente maior, quando contraposto ao asfalto convencional (TOMAZ, 2009).

Considerando essas circunstâncias, um pavimento desse perfil concede uma drenagem elevada das precipitações, reduzindo os níveis de enchentes. Isso porque, as composições permeáveis desses calçamentos admitem passagem de até 95% do

acúmulo de massa fluida que penetra tendo velocidade de percolação oscilando de 0,2 a 0,9 metros por segundo, de acordo com o tipo de material (BALBO, 2007).

4.1 Utilização de concreto asfáltico convencional

Esse asfalto convencional tem sido utilizado como revestimento que possui como principal característica, o recebimento e transmissão das cargas de veículos, além de servir como proteção contra o intemperismo.

A pavimentação asfáltica é uma obra civil que advém da carência de melhoria na locomoção de veículos na área urbana, pois chuvas trazem grandes danos às rodovias e estradas, causando deslizamentos e enchentes.

Sem estradas adequadas não apenas continuaremos a ser uma região fora do espectro das nações desenvolvidas, como também continuaremos a ser um país que não oferece acesso adequado de bens à sua população. Não nos ufanemos, portanto, de nossa infraestrutura rodoviária, ainda bastante arcaica, que demonstra baixa tecnologia a serviço, reflexo de nosso atraso como sociedade moderna. (BALBO, 2007, p. 13)

A imagem na cidade de Três Rios ilustra um dos variados pontos de alagamentos que enfrentamos há anos. A aplicação desse método construtivo em vias como praças, ciclovias, calçadas, estacionamentos, entre outros, aumentaria a habilidade de absorção dos pavimentos, assim, impactando positivamente em melhor tráfego de veículos e indivíduos nesses pontos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca para solucionar problemas hídricos de maneira inovadora e sustentável contribui para o crescimento de novas técnicas construtivas para que melhorem o cotidiano da população, a infraestrutura da sociedade e colabore para o meio ambiente. O papel da engenharia na mitigação dos impactos provocados pela ação antrópica se torna fundamental para o desenvolvimento urbano.

Este trabalho influenciou positivamente para dar maior importância para a colocação do pavimento permeável visando melhorias significativas para o deslocamento da população nas vias públicas, além de todo o bem-estar de ir e vir proporcionando maior segurança no trajeto e para contribuição do sistema hídrico da cidade. Foi possível conhecer as funcionalidades do material exposto com intuito de

adquirir os bons resultados da sua capacidade de admitir a infiltração da água para o solo, demonstrar através de estudos os locais que o material pode ser aplicado, realizar um comparativo, vantagens, desvantagens e os resultados obtidos com o experimento.

Como enfatiza Canholi (2005), a frequência e gravidade das inundações evidenciam a necessidade de procurar soluções alternativas estruturais e não estruturais; e mesmo de conhecer melhor a fenomenologia climatológica, ambiental e hidráulica do problema, além de seus componentes sociais com relação à habitação, saúde, saneamento e aspectos político-institucionais.

Portanto, após análises e discussões dos resultados evidenciou-se que o estudo do pavimento permeável contribuiu de maneira afirmativa para a vida acadêmica. Este trabalho poderá expandir os conhecimentos dos profissionais relacionados ao setor como base de pesquisa para implantação desse método construtivo visando a melhorias de bem-estar para o ambiente e para os indivíduos por meio da permeabilidade do pavimento. É preciso pensar não somente em construir, mas também inovar a forma que construímos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R. S. A de. MIRANDA, T. V. **O uso da cobertura porosa como medida auxiliar na drenagem das cidades**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 04, Vol. 03, pp. 52-74. abril de 2020. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-permeavel>.

ACIOLI, L.A. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. / Orientador: André Luiz Lopes da Silveira. 2005. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande

do Sul. Porto Alegre, março de 2005. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5843/000521171.pdf>.

BORTOLETTO, M., GUIMARÃES, P. V. C., SILVA, R. G. da, & AKASAKI, J. L. (2017). **Avaliação do resíduo Cinza da Madeira de Eucalipto como substituição parcial da areia em argamassas de cimento**. Revista Científica ANAP Brasil, 10(18). Disponível em: <https://doi.org/10.17271/19843240101820171644>.

BORTOLETTO, M., SILVA, R. G. da, ASSUNÇÃO, C. C., SPÓSITO, F. de A., BIGOTTO, S. A., & ALBUQUERQUE, M. da C. F. de. (2019). **Concreto autoadensável com incorporação do agregado reciclável**. Revista Científica ANAP Brasil, 12(26). Disponível em: <https://doi.org/10.17271/19843240122620192226>.

BIGOTTO, S. A. M. ASSUNÇÃO, C.C. TREVISAN, M. ALCÂNTARA, M.A.M. **Produção de Argamassas com Substituição Parcial de Areia Natural por Resíduos de PET**. Revista Científica ANAP Brasil: v. 12 n. 25 (2019). Disponível em: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:oMWrl33DXFIJ:https://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/anap_brasil/article/download/2218/2060+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br.

CARVALHO, J. D. N. DE. **Sobre as origens e desenvolvimento de concreto**. Revista Tecnológica, v. 17, n. 1, p. 95-112, 6 jan. 2010. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8169/5163>.

CONSTRUCAOCIVILPET. (2012). **O Concreto como material construtivo: Da origem às novas tecnologias**. Disponível em: <https://civilizacaoengenhaira.wordpress.com/2012/11/07/o-concreto-como-material-construtivo-da-origem-as-novas-tecnologias/>.

COSTA, M, A. **Cura do Concreto**: Disponível em: <https://materioteca.paginas.ufsc.br/concreto/>.

FINOCCHIARO, P. S.; GIRARDI, R. **Concreto permeável produzido com agregado reciclado**. Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana n.5 (2017) pp. 19-26. Disponível em: [http://www.fsma.edu.br/RESA/Edicao5/FSMA RESA 2017 1 03.pdf](http://www.fsma.edu.br/RESA/Edicao5/FSMA%20RESA%202017%201%2003.pdf).

HOLTZ, F.C. **Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental**. Orientador: Luiz Carlos Pinto da Silva Filho. 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Setembro de 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/35615/000795199.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

OLIVEIRA, D.D. **Análise do desempenho mecânico em concretos permeáveis com substituição parcial do agregado graúdo por resíduos da construção civil**. Orientador: Lucas Fernando Krug. 2017. 95 f. Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul- UNIJUI. Ijuí, 14

de julho de 2017. Disponível em: [https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/4693/Daniel a%20Dolovitsch%20de%20Oliveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/4693/Daniel%20Dolovitsch%20de%20Oliveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Rodrigo, G, S. Marcelo, B. et.al. (2019). **Concreto permeável: principais características e aplicação em pavimentação**. Disponível em: <https://www.eventoanap.org.br/data/inscricoes/4538/form1611171018.pdf>.

Santos. S. (2013). **Concreto com sustentabilidade**. Disponível em: <http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=2660#.Yb009GjMLIU>.

SOUZA. J.L.A.O. et al. Concreto: **Material construtivo mais consumido no mundo**. 51º Congresso Brasileiro do Concreto - IBRACON 2009. Campo Comprido, Curitiba PR. Disponível em: [http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista Concreto 53.pdf](http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf).

SALDANHA. G.S. NUNES V.S, BORJA. E.V. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de resíduos de pneu na composição de concreto permeável para pavimentação urbana**. 60º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Águas Lindóia, SP. 18 de maio de 2016. Disponível em: <http://metallum.com.br/60cbc/anais/PDF/13-050TT.pdf>.

SILVA, R. G. da BORTOLETTO, M., & ALMEIDA, J. G. de. (2017). **Sílica ativa e cinza do bagaço de cana-de-açúcar: Resíduos que podem suplementar ou substituir o cimento Portland**. Revista Científica ANAP Brasil, 10(21). Disponível em: <https://doi.org/10.17271/19843240102120171669>.

SPÓSITO, F. de A., BERTO, A. B. F. K., & SILVA, B. do V. (2017). **Análise da viabilidade técnica do uso do resíduo de borracha de pneus inservíveis incorporado no concreto**. Revista Científica ANAP Brasil, 10(20). Disponível em: <https://doi.org/10.17271/19843240102020171665>.

SPÓSITO, F. de A., MACHADO, A. J. de S., & SILVA, B. F. da. (2017). **Análise comportamental da resistência à compressão axial do concreto com pó de vidro**. Revista Científica ANAP Brasil, 10(21). Disponível em: <https://doi.org/10.17271/19843240102120171670>.

SPÓSITO, F. de A., BORTOLETTO, M., AMORIM, G. A. N., SILVA, R. G. da, & ALCÂNTARA, M. A. M. de. (2018). **Produção de Solo-Cimento Autoadensável utilizando resíduo de PET**. Revista Científica ANAP Brasil, 11(22). Disponível em: <https://doi.org/10.17271/19843240112220181858>.

SAMPAIO, D. O. de A., ASSUNÇÃO, C. C., & AKASAKI, J. L. (2020). **A construção civil sob o ponto de vista da avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida – revisão**. Revista Científica ANAP Brasil, 13(28). Disponível em: <https://doi.org/10.17271/19843240132820202249>.

PINHEIRO, BEATRIZ FONSECA Levantamento da base cartográfica pública e gratuita na elaboração e análise dos mapas de suscetibilidade a movimentos de massa/deslizamentos em três rios/RJ. Orientador Prof. Dr. Júnior Martins da Costa de Menezes Monografia (gestão ambiental) - Universidade federal rural do rio de janeiro instituto três rios departamento de ciências do meio ambiente (12.2019). Disponível em: <https://itr.ufrrj.br/portal/levantamento-da-base-cartografica-publicagratis-na-elaboracao-e-analise-dos-mapas-de-suscetibilidade-a-movimentos-de-massa-deslizamentos-em-tres-rios-rj/>

ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS STEEL FRAME E WOOD FRAME

ACADÊMICOS: Alexandre de Oliveira Nunes e Kelli Sâmela de Araújo Ferreira.

ORIENTADOR: Prof. *Esp.* Leonardo Martins Sleutjes.

LINHA DE PESQUISA: Tecnologia de Materiais e Métodos Construtivos.

RESUMO

A construção civil é uma das áreas de enorme relevância no desenvolvimento do Brasil, entretanto, é um dos setores que mais impacta o meio ambiente. Assim sendo, uma das formas de minimizar esse impacto na engenharia civil em relação à sustentabilidade, é a aplicação das estruturas a seco. Dessa forma, esta pesquisa tem como estudo a caracterização de dois tipos de sistemas industrializados a seco: *Light Steel Framing* e *Light Wood Framing*, tendo como foco, a análise e comparação entre esses dois tipos de estrutura entre si. Desse modo, a metodologia aplicada foi a revisão bibliográfica com a utilização da pesquisa qualitativa e exploratória. Com isso, os resultados foram obtidos por meio da comparação positiva e negativa entre esses dois sistemas. Constata-se que este trabalho pode colaborar com uma melhor compreensão sobre as tecnologias recentes da construção civil, no Brasil, visto que, é importante a busca de um desempenho, economia e satisfação ideal, nos projetos e nas estruturas.

PALAVRAS-CHAVE: *Steel Frame*; *Wood Frame*; Sistema; Sustentabilidade; Construção A Seco.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com CBIC (2016), o setor da construção, no Brasil, ainda possui uma predominância artesanal, com isso, acaba produzindo toneladas de entulhos, gerando, assim, desperdício e demanda de mais tempo para a conclusão da obra. Outro exemplo, está relacionado ao déficit habitacional do país, que sempre foi um desafio e, devido isso, houve a criação da Lei 4.591/65, relacionada à regulamentação da atividade de incorporação imobiliária (KOREEDA, 2018).

Segundo a Fundação João Pinheiro (2014), o déficit habitacional brasileiro teve um crescimento de 4%, entre 2016 e 2019. A partir disso, teve-se a necessidade de se aplicar sistemas construtivos que apresentem maior eficiência, rapidez de execução e organização. Porém é preciso possuir qualidade igual ou superior aos métodos convencionais.

Tem-se tornado cada vez mais um mote na busca de arquitetos e construtores, pensar em alternativas rápidas e com um custo-benefício positivo, nos processos construtivos, para serem capazes de se adaptarem aos distintos territórios existentes. Dessa forma, as cidades têm a necessidade de suprir métodos construtivos capazes de unir a qualidade com a sustentabilidade e serem economicamente viáveis para ter a realização de uma produção em massa das mesmas (CORRÊA e ZEHNDER, 2017).

Os sistemas construtivos a seco: *Steel Frame* e *Wood Frame*, são bons exemplos capazes de permitir benefícios positivos em comparação aos sistemas tradicionais (PEREIRA, 2020).

O *Light Steel Frame*, usualmente denominado como *Steel Frame*, é um sistema construtivo industrializado e altamente racionalizado, formado por estruturas de perfis de aço galvanizado (CAMPOS, 2014).

Já o *Light Wood Frame*, comumente chamado de *Wood Frame*, é um sistema construtivo sustentável, ainda recente no Brasil, que utiliza perfis em madeira, placas e painéis em sua tecnologia. Nos Estados Unidos, é um método bastante visível, utilizado, de modo geral, nas construções de moradias (CARDOSO, 2015).

Conforme Alves (2015), em países desenvolvidos, como os Estados Unidos e o Canadá, estes dois tipos de sistemas são amplamente empregados e tem resultados satisfatórios, pois permitem, por exemplo, um menor tempo de construção e uma edificação mais leve com resistência similar às construções convencionais.

Segundo Ferreira (2014):

Atualmente o que impulsiona a industrialização do setor no Brasil é a internacionalização da economia, com a participação no mercado de empreendedores estrangeiros já habituados à utilização de pré-fabricados para a realização de obras rápidas. Assim, entende-se que há mercado para a industrialização da construção civil, porém, devido a empecilhos como falta de mão-de-obra qualificada e até mesmo o preconceito do consumidor final, o Brasil se encontra atrasado quando se trata desta "evolução" do setor.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo apresentar informações sobre os sistemas construtivos a seco: *Steel Frame* e *Wood Frame*, realizando-se uma comparação entre esses sistemas, de forma a ilustrar uma possível alternativa construtiva racional que consiga gerar eficiência, sustentabilidade e economia.

Entende-se que, essa pesquisa pode cooperar com uma melhor percepção e conscientização sobre as novas tecnologias no cenário da construção civil brasileiro, tendo em vista, a busca de um melhor desempenho, economia e satisfação em projetos e estruturas. Dessa forma, pretende-se difundir o uso desses sistemas, colaborando para trabalhos futuros, utilizando-se métodos construtivos industrializados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Considerações Gerais

A sustentabilidade tem relação com as mudanças que ocorrem no mundo, sendo que a construção civil não é diferente. Essas mudanças e as inovações tecnológicas estão cada vez mais presentes nas obras de engenharia, como por exemplo as estruturas tipo *framing* (MOLIN e MALANDRIN, 2017).

Uma das indústrias que mais causam impactos ao meio ambiente é a construção civil. Assim, uma maneira de diminuir os danos causados pelas obras no meio ambiente é optar pela construção a seco, técnica que, além de ser econômica, é sustentável e possui um padrão com alta qualidade (AZEVEDO, 2018).

Na construção a seco, o exterior e o interior são completamente iguais a qualquer tipo de construção, variando somente a estrutura, revestida externamente e internamente com elementos industrializados de excelente qualidade, resultando para obra final conforto, durabilidade, segurança e menor prazo de entrega (COSTA, VIEIRA e SANTOS, 2019).

De acordo com Sloma (2016), as construções tipo *framing*, possuem uma grande redução de desperdícios de materiais em comparação à construção tradicional, bem como rigoroso controle dos produtos na indústria durante o processo

de fabricação. Esses são alguns dos fatores que caracterizam as construções em *Light Steel Frame* e/ou *Light Wood Frame* como eficientes, produtivas e de qualidade.

Sendo assim, essas construções são feitas utilizando material em aço e/ou madeira, como demonstra a figura a seguir.



Figura 1 – Comparação das estruturas a seco: Steel Frame x Wood Frame.
Fonte: GYPSUM, 2020.

Dessa forma, a fundação da estrutura a seco é executada seguindo os mesmos critérios que o processo construtivo convencional, devendo-se tomar cuidado no tratamento contra a umidade do solo, principalmente. O tipo de fundação vai depender do tipo de geotecnia existente no terreno por meio da realização da sondagem dele (AZEVEDO, 2018). Na maioria das vezes, a fundação aplicada no sistema estrutural *Wood Frame* e/ou *Steel Frame* é o *radier* ou sapata corrida (SILVA, 2010).

As fundações podem ser divididas em dois grupos: fundação superficial e profunda. A primeira, também conhecida como fundação direta, é aquela em que a carga da estrutura é transmitida diretamente ao solo pela fundação, por meio de elementos superficiais. Já a segunda, também chamada de fundação indireta, é aquela que transfere a carga por efeito de atrito lateral do elemento com o solo e por meio de um fuste (TORRES, 2010).

Desse modo, a fundação referente ao sistema *Wood Frame* e *Steel Frame*, possui leveza, rapidez e facilidade na sua execução, aproveitamento da estrutura e pouca demanda de fôrmas, são alguns dos motivos pelos quais o *radier*, opção geralmente utilizada em edificações residenciais, é mais empregado nesse método construtivo (SILVA, 2010).

Além disso, a fase de projeto, referente a esses sistemas construtivos, já deve estar prevista sobre as furações para as instalações hidráulicas, sanitárias e elétricas, para evitar transtornos na montagem dos painéis, tubulações e acessórios, sendo

essencial a locação de acordo com os parâmetros estabelecidos, como: posição e diâmetro dos furos (SLOMA,2016).

Ademais, as instalações de portas e janelas nos sistemas *Light Steel Frame* e no *Light Wood Frame* não diferem dos sistemas convencionais, pois as esquadrias têm como função iluminar, ventilar, isolar e dar acesso às edificações, podendo ser de madeira, ferro, alumínio, PVC, vidro, entre outros materiais (COSTA, VIEIRA e SANTOS, 2019).

Além das portas e janelas, de acordo com Torres (2010), esses sistemas possibilitam uma grande versatilidade na escolha do tipo de telhado, proporcionam diversos projetos de cobertura, como: cobertura plana ou inclinada, podendo ser estruturada com caibros e vigas e/ou com tesouras e treliças.

Em ambos os sistemas podem ser executados telhados de vários ângulos e inclinações. A telha mais utilizada é do tipo *shingle*, comum nos Estados Unidos da América e na Europa. Além disso, esse tipo de telha tem sido cada vez mais utilizada no mercado brasileiro, por possuir uma boa estética, durabilidade e resistência a ventos e quebras (SLOMA, 2016).

Para Schneider (2021), “são produzidas a partir de massa asfáltica, coberta de rocha vulcânica e a cor é dada a partir de pigmentação cerâmica”.

Segundo a Diretriz nº003 (2016), a impermeabilização é indispensável na proteção das placas. Um exemplo é o Painel de Tiras de Madeira Orientada, também conhecido como OSB (*Oriented Strand Board*) do *Wood Frame* e *Steel Frame*, tanto com função estrutural como apenas fechamento, para impedir o contato da placa com a água, podendo utilizar manta ou membrana de polietileno. Outro cuidado necessário é no isolamento das paredes com o solo e/ou com a fundação, sendo preciso a utilização de fita seladora na base dos painéis, assim como elevação da estrutura impedindo o contato direto das placas com a fundação.

Os sistemas *Steel Frame* e *Wood Frame* não possuem diferença, no requisito de sistema elétrico e hidráulico, em comparação com os sistemas convencionais de alvenaria. A diferença entre esses dois métodos está relacionada à praticidade e à agilidade, uma vez que não é necessário quebrar as paredes para realizar as instalações essenciais (FERREIRA, 2014).

Os componentes de isolamento térmico e acústico desses sistemas devem conter características de controle a propagação de chamas, tanto na parede quanto no piso, a fim de atender às exigências impostas pela ABNT NBR 15575-1:2013. Já o

desempenho acústico, o isolamento, deve atender aos critérios definidos na ABNT NBR 15575-4:2013 (DIRETRIZ nº005, 2020).

Segundo Sloma (2016), são utilizados lã de vidro e lã de pet para otimizar o conforto térmico e acústico. Esses materiais oferecem facilidade no corte e manuseio, além de serem fabricados com suas dimensões previstas, facilitando a instalação entre os espaços vazios existentes nos montantes.

Para a finalização das paredes, lajes e estruturas do telhado são utilizadas chapas de fechamento. Dentre essas chapas, estão: Chapas de OSB, Gesso Acartonado e Placas Cimentícias. Essas chapas podem ser utilizadas tanto no sistema *Light Steel Frame* quanto no *Light Wood Frame* (SLOMA, 2016). Conforme demonstra a figura a seguir.

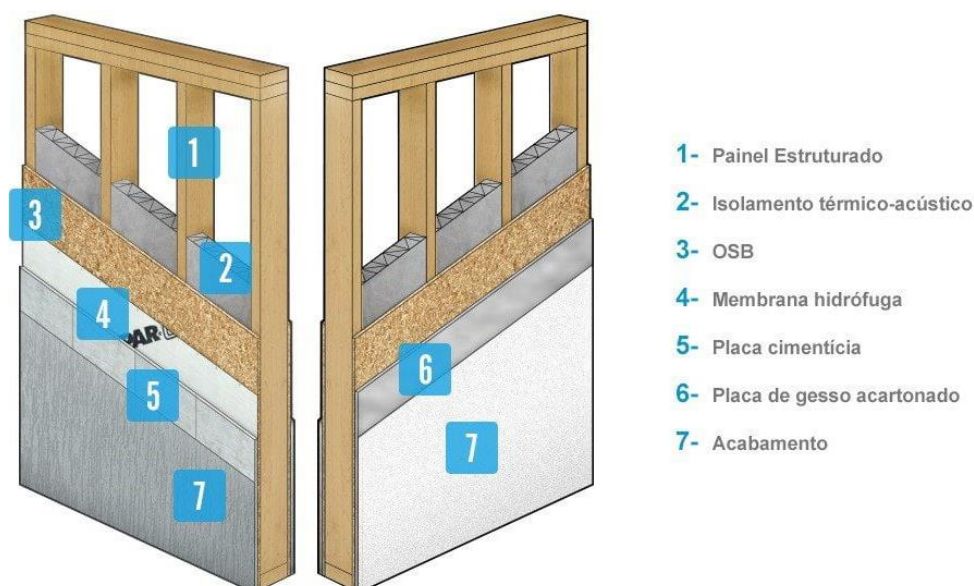


Figura 2 – Tipos de fechamentos das estruturas a seco.
Fonte: ALVES, 2015.

De acordo com Ferreira (2014), as chapas OSB, tem função de contraventar e vedar a estrutura de paredes, entrespisos e telhados, fazendo com que a estrutura atue de forma monolítica, podendo ser utilizado tanto para fechamento interno quanto externo, ou seja, é um material versátil.

O gesso acartonado, também chamado de *drywall*, é utilizado no fechamento interno da edificação e proporciona uma superfície lisa e pronta para receber o acabamento. Nas áreas molhadas, o gesso deve ser resistente à umidade (VOITILLE, 2012).

Segundo Corrêa e Zehnder (2017), as placas cimentícias são compostas por cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados e por possuir

característica de ser mais resistente à umidade, sua aplicação é apropriada para áreas úmidas e que sofrem a ação de intempéries.

Desse modo, para a finalização da construção desses dois sistemas industrializados, ocorre a execução do revestimento externo, cuja função é a proteção contra as intempéries, em especial contra a ação do sol. Esse revestimento pode ser efetuado com o uso de diferentes sistemas, como: chapas em formato de régua (*sidings*), de madeira, PVC ou, até mesmo, o aço (TERNI, SANTIAGO e PIANHERI, 2008).

Conforme Santiago (2008), o *siding* é um revestimento de fachada instalado sobre as placas de OSB, elaborado em material vinílico, de rápida instalação possibilitando a realização de manutenção elétrica e hidráulica quando necessário. O acabamento em argamassa, também, é um revestimento adotado no mercado da construção civil, pois se assimila com a alvenaria convencional consistindo em uma argamassa aplicada sobre uma tela fixada com grampos na placa de OSB.

2.2 Light Steel Frame

Segundo Gouveia (2016), o sistema *Light Steel Framing* é um dos sistemas construtivos mais utilizados no mundo, e, no Brasil, apesar de não ser tão conhecido, seu uso está em crescimento nos últimos anos. Por utilizar água somente na fundação no canteiro de obras, também, é conhecido como construção seca.

Segundo Leal *et al* (2011), o mercado brasileiro, atualmente, desenvolveu-se consideravelmente, tanto na procura pela técnica, como na produção dos componentes do sistema de *Light Steel Frame*. Desse modo, os produtos são todos fabricados no Brasil.

Para Rodrigues (2006), o LSF é constituído por dois conceitos: o *Frame* e o *Framing*. O *Frame* é a parte estrutural constituída de elementos leves formados a frio, já o *Framing* é o processo de união entre as peças, por conta disso é possível encontrar as expressões *Light Steel Frame* na Europa e *Steel Framing* nos Estados Unidos.

A primeira construção feita em estrutura metálica foi a ponte sobre o rio *Severn*, em *Coalbrookdale*, no Reino Unido em 1779, sendo que ela era composta de ferro fundido. A partir de então, o ferro foi amplamente utilizado, diminuindo assim, o tempo de montagem e substituindo a madeira em muitas obras (ALVES, 2015). A imagem 3 demonstra a primeira construção em *Steel Frame*.



Figura 3 – Ponte sobre o Rio Severn.
Fonte: COLIN, 2013.

Em meados do século XX, após a Segunda Guerra Mundial, os pré-fabricados vieram com mais frequência para suprir o déficit habitacional, e com isso, foram desenvolvendo novos métodos com o intuito de diminuir o tempo de construção. Além disso, com a globalização dos mercados, a construção passou a contar com uma legislação específica para as estruturas em aço leve galvanizado (AZEVEDO, 2018).

A primeira patente de um sistema construtivo à base de elementos pré-fabricados foi do arquiteto estadunidense James Bogardus, em 1848. Esse sistema era similar ao que se usa hoje em dia, como vigas, pilares e painéis de vedação, porém, na época, se utilizava ainda o ferro fundido (LEAL, *et al.*, 2011).

Já no Brasil, a primeira obra em *Steel Frame* foi realizada em 1998, pela Construtora Paulista Sequência, sendo: um condomínio de casas de alto padrão, executado em cem dias e com quase todos os componentes importados (CORRÊA e ZEHNDER, 2017).

Steel Frame é um sistema construtivo de concepção racionalizada sendo constituído por perfis de aço galvanizados formados a frio, que estabelecem um enquadramento estrutural capaz de suportar os carregamentos solicitantes da edificação e por vários componentes e subsistemas que, juntos, possibilitam uma construção industrial com boa produtividade (FERREIRA, 2014).

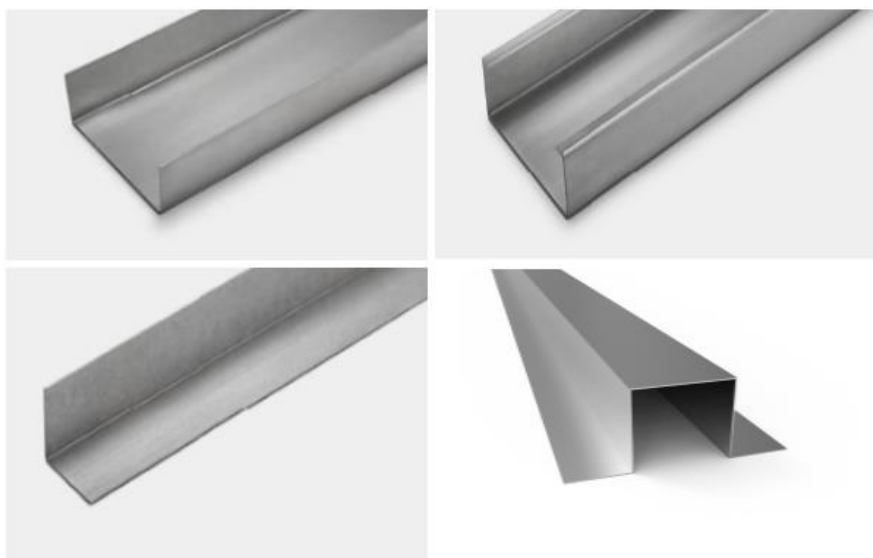
Tendo em vista as necessidades apresentadas por uma sociedade em desenvolvimento, o *Light Steel Frame*, por ser uma forma de construir que proporciona baixo custo, por economizar na mão de obra, rapidez, flexibilidade, preservação ambiental, é uma tendência natural da construção civil (ALVES, 2015).

Atualmente, esse tipo de construção a seco, possui algumas normas técnicas, como a: ABNT NBR 15.575/13 – Edificações Habitacionais – Desempenho; ABNT

NBR 14.762/10 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio; e ABNT NBR 6355/12 – Perfis estruturais de aço formados a frio — Padronização (ROSSI, 2018).

Conforme Campos (2014), os perfis metálicos utilizados no LSF devem ser galvanizados, ou seja, revestidos por uma camada de alumínio-zinco ou zinco. A espessura deste revestimento pode variar entre 150 mg/m² a 180mg/m² quando o perfil tem função estrutural ou revestido com 100mg/m² quando o perfil não possui função estrutural, sendo esses dados definidos pela norma ABNT NBR 15253/14.

Entretanto, para o SINAT (2006), na diretriz n° 002, o revestimento necessário é, no mínimo, de 275 mg/m², quando estão em localizações urbanas ou rurais e, no mínimo de 350 mg/m² quando o perfil se encontra em atmosfera marinhas. Já, quando o perfil não possui função estrutural, o revestimento varia entre 235 mg/m² a 275 mg/m² quando está em atmosfera urbana ou rural e de 300 mg/m² a 350 mg/m² quando está em atmosfera marinha.



*Figura 4 – Perfis Metálicos demonstrados, em sequência: tipo U, Ue, Cantoneira e Cartola.
Fonte: CASA DO SERRALHEIRO, 2019.*

Os perfis são geralmente apresentados no formato tipo U e no tipo Ue, que é o perfil U enrijecido, ou também nos formatos menos utilizados, como o perfil “cartola” e a cantoneira (CAMPOS, 2014), conforme demonstrados na figura 4.

Além dos perfis estruturais, também é importante ressaltar sobre as paredes desse sistema, que, de acordo com Azevedo (2018), as paredes que constituem a estrutura de Steel Frame possuem a função de absorver as cargas incidentes na estrutura e transmiti-las às fundações, também, denominadas de painéis estruturais

ou autoportantes. Esses painéis são compostos por elementos verticais com seção transversal, ou seja: montantes e elementos horizontais, denominados guias.

Pela imagem a seguir, é possível identificar de uma maneira mais prática, a localização de cada item que compõe o *Light Steel Frame*.

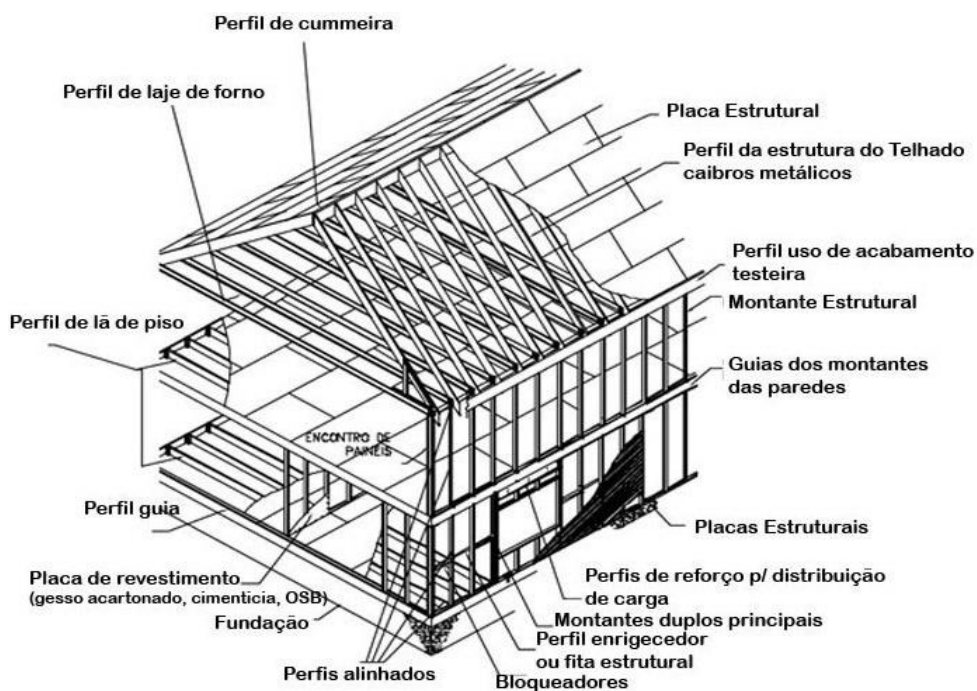


Figura 5 – Desenho esquemático representando o sistema Steel Frame.
Fonte: TASSI, 2015.

O método mais comum de contraventamento é do formato “X”, no qual utilizam-se fitas de aço galvanizado fixadas na face do painel. Essas peças evitam deslocamentos e perdas de estabilidade da estrutura (ECKER e MARTINS, 2014).

Conforme Corrêa e Zehnder (2017), os parafusos mais utilizados nas construções em Light Steel Frame são os auto-atarraxantes e autoperfurantes.

Desse modo, para a montagem dos painéis de *Light Steel Frame*, existem três métodos de construção que podem ser utilizados, sendo eles: Método *Stick*, Método por Painéis, e Construção Modular (AMORIM, 2016).

De acordo com Amorim (2016), no Método *Stick*, os perfis são cortados no canteiro de obra, e painéis, lajes, colunas, contraventamentos e tesouras de telhados são montados no local. Já no Método por Painéis, esses itens podem ser pré-fabricados fora do canteiro de obras e montadas no local. Entretanto, a Construção Modular é uma unidade completa pré-fabricada na indústria, podendo ser entregues

no local da obra, com todos os acabamentos internos, exemplos: revestimentos, instalações elétricas e metais.

Além disso, nas coberturas em *Steel Frame*, a estrutura metálica preserva o mesmo princípio de alinhamento dos perfis em comparação ao sistema convencional, possibilitando a elaboração em forma de treliças, estruturas planas ou tesouras. Caso seja necessário, é possível utilizar o OSB entre as telhas e a estrutura metálica (SANTIAGO, 2008).

2.3 Light Wood Frame

Segundo Rodrigues (2006), no Brasil, as construções em madeira foram muito utilizadas como habitação nas regiões Sul e Sudeste. No entanto, no início do século XX, em Curitiba, foi proibida a construção de casas de madeira nas zonas centrais da cidade, fato que contribuiu para gerar preconceito contra estruturas de madeira dentro do meio técnico brasileiro.

Apresentando grande área de florestas nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, o Brasil é considerado um mercado promissor para o *Wood Frame*. No entanto, o sistema ainda é pouco empregado, por preconceito em relação à madeira como material construtivo, falta de conhecimento técnico ou falta de normalização (JUNIOR e MOLINA, 2010).

É comum a prática dessa construção em países desenvolvidos como nos Estados Unidos da América e no Canadá. Isso ocorre devido à rentabilidade, à diminuição do tempo de execução, à economia de energia e ao alto grau de industrialização desse sistema (SILVA, 2017).

Considerado como um material de construção ambientalmente sustentável, por ser reciclável, renovável e biodegradável — além de ser um dos produtos que consome menor energia para a sua transformação — Esse material, é utilizado pelo homem, devido à essas características citadas e, também, pela facilidade de extração. Em países como Suécia, Austrália, Canadá e Noruega a madeira representa 90% de suas construções habitacionais (ALVES, 2015).

O sistema construtivo *Light Wood Framing* é constituído de uma estrutura de perfis leves de madeira maciça, reflorestada e tratada, geralmente Pinus SPP, contraventados com chapas estruturais de madeira transformada, tipo OSB (*Oriented Strand Board*), que, significa: painel de tiras de madeira orientadas (AZEVEDO, 2018).

Segundo o SINAT (2016), na diretriz nº 005, o *Light Wood Frame* é uma edificação estruturada por peças de madeira, maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas. As peças estruturais da edificação devem apresentar grande resistência natural ao ataque de cupim ou devem ser submetidas a tratamento químico.

Atualmente, a norma que rege o sistema construtivo em *Wood Frame*, assim como os demais modelos utilizados na construção civil brasileira, é a ABNT NBR 15575/13, que normatiza o desempenho de edificações habitacionais. Entretanto, em janeiro de 2021, foi lançado para consulta nacional o texto referente a ABNT NBR 16936, a respeito de edificações em *Light Wood Frame* (SLOMA, 2016).

De acordo com Alves (2015), o sistema *Wood Frame* permite a construção de casas de até cinco pavimentos com um adequado controle dos gastos já na fase de projeto, devido à possibilidade de industrialização do sistema. A madeira é utilizada, neste caso, principalmente como estrutura interna de paredes e pisos, proporcionando uma estrutura leve e de rápida execução.

A imagem a seguir representa a primeira construção, de um edifício, realizada no Brasil, utilizando o sistema construtivo *Light Wood Frame*.



Figura 6 – Primeiro edifício, no Brasil, construído em *Wood Frame*.
Fonte: FERREIRA, 2016.

A empresa TecVerde, especializada em *Light Wood Frame*, foi pioneira na construção de um edifício de três pavimentos, em Araucária/PR, no Brasil. O projeto possui 4 apartamentos em cada andar, sendo que uma das torres teve sua montagem finalizada em apenas 40 horas. O empreendimento foi um experimento da empresa que tem como perspectiva a integração dessa tecnologia para a saída da crise habitacional no país (ROVARIS, 2019).

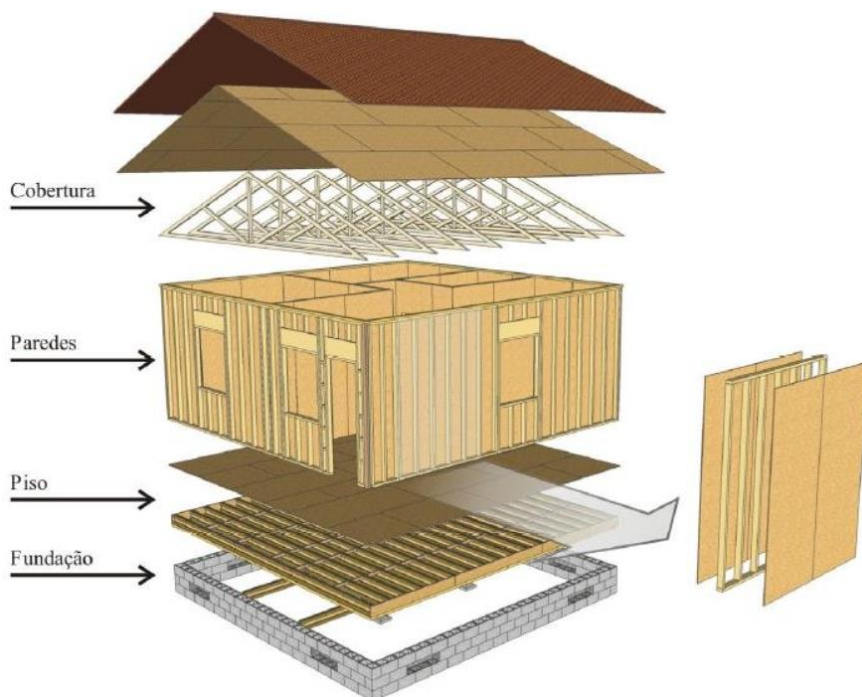


Figura 7 – Subsistemas (elementos) estruturais do Light Wood Frame.
Fonte: ESPÍNDOLA, 2010.

A imagem acima, especifica os elementos que constituem o *Wood Frame*, que, segundo a Diretriz nº 005 (2020), os painéis estruturais são:

Formados por peças de madeira maciça serrada, denominadas montantes, travessas, bloqueadores, umbrais, vigas, caibros, ripas e sarrafos, com alta resistência natural ao ataque de organismos xilófagos ou tratadas quimicamente sob pressão.

Já a imagem 8, expõe sobre algumas peças de madeira utilizadas nos painéis estruturais, em específico o detalhamento da janela.

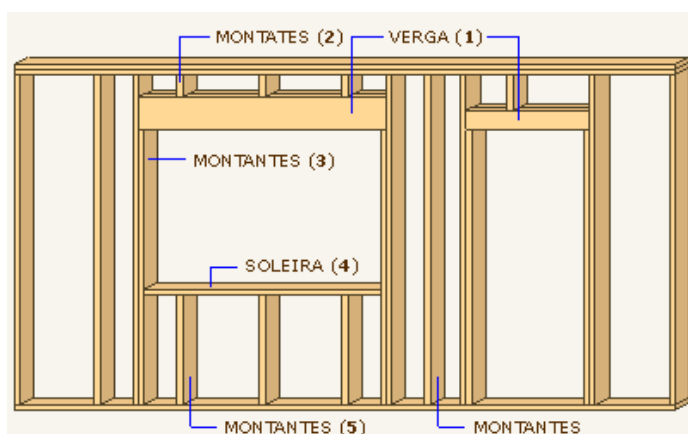


Figura 8 – Subsistemas (elementos) estruturais do Light Wood Frame.
Fonte: ECKER e MARTINS, 2014.

Como descrito por Velloso (2012), quanto à fabricação dos painéis, pode haver diferentes níveis de industrialização, como: os Kits Pré-Cortados e as Casas Panelizadas fabricam peças pré-moldadas; e as Casas Modulares e Casas

Industrializadas possibilitam a fabricação de estruturas que permitem a instalação elétrica, hidráulica e de esquadrias.

Além disto, a estrutura de telhado em treliça pré-fabricada é a mais utilizada no sistema Wood Frame, visto que possibilitam o atendimento de maiores vãos e um projeto mais complexo, podendo recorrer à utilização de caibros para sua elaboração (VELLOSO, 2012).

Com isso, a instalação do telhado, requer uma superfície plana e nivelada, utilizando-se, normalmente, chapas de OSB de 12 mm, ou seja, é preciso utilizar um deck desse material para servir de base sobre as treliças na colocação de telhas do Wood Frame, como por exemplo: telhas *shingle*, como mostra a figura 9.

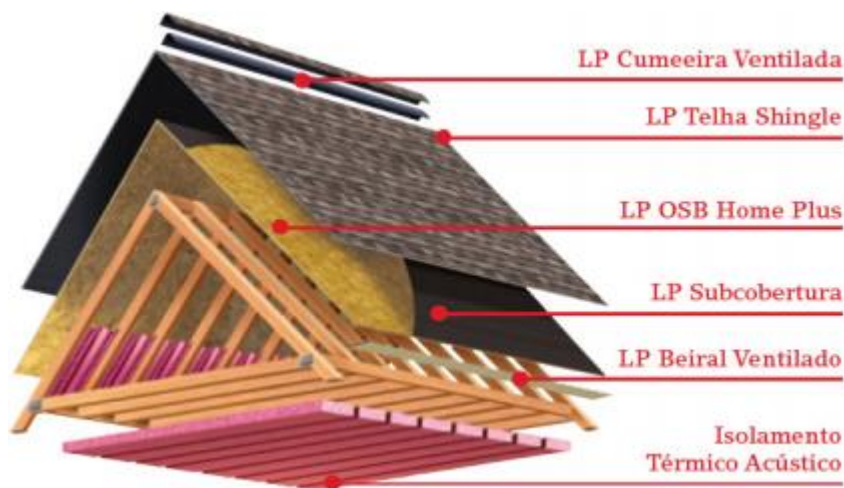


Figura 9 – Elementos estruturais da cobertura do sistema Wood Frame.
Fonte: SCHNEIDER, 2021.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho, refere-se a uma pesquisa de natureza básica com abordagem qualitativa e exploratória. O objeto de estudo foram os métodos construtivos a seco. Para isso, os descritores utilizados nas pesquisas, foram: *steel frame*; *wood frame*; métodos construtivos sustentáveis; e construção a seco.

Além disso, nesta pesquisa, foi utilizado o procedimento de revisão bibliográfica, com o objetivo de investigar, comparar e exemplificar a respeito dos sistemas industrializados: *Light Steel Framing* e *Light Wood Framing*.

Segundo Amaral (2007), a pesquisa bibliográfica é uma etapa fundamental em todo trabalho científico que influenciará todas as etapas de uma pesquisa, na medida em que der o embasamento teórico em que se baseará o trabalho. Consiste no levantamento, seleção, fichamento e arquivamento de informações relacionadas à pesquisa.

Desse modo, o referencial teórico teve como foco a comparação dos métodos construtivos: *Light Steel Framing* e *Light Wood Framing*, em dois tópicos distintos. Além disso, houve explicações igualitárias desses sistemas industrializados no início do referencial teórico para introduzir o assunto, sendo assim, dividido em três etapas. Já os resultados e discussões estão detalhados e divididos em três etapas, também:

- 1) Tabela comparativa referente às vantagens igualitárias e distintas, do *Steel Frame* e *Wood Frame*;
- 2) Texto corrido relativo às desvantagens do *Steel Frame* e *Wood Frame*;
- 3) Tabela igualitária referente às desvantagens dos dois métodos construtivos a seco.

Dessa forma, esse estudo apresenta informações sobre o tema, expondo suas metodologias construtivas, aspectos positivos e negativos de suas implantações, deficiências e dificuldades da difusão deles no mercado brasileiro, como uma possível alternativa construtiva racional que consiga gerar eficiência, sustentabilidade e economia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sustentabilidade dispõe maior relevância na sociedade atual e, com isso, os sistemas construtivos a seco, têm reduzido, intensivamente, o desperdício de materiais em comparação aos sistemas construtivos tradicionais.

Então, os sistemas industrializados: *Steel Frame* e *Wood Frame*, destacam-se por gerarem menor quantidade de resíduos sólidos, por racionalizar o processo construtivo, menor consumo de energia no movimento de materiais, menor impacto na implantação da construção e melhor desempenho em algumas instalações, já citadas anteriormente.

Desse modo, os sistemas *Light Steel Framing* e *Light Wood Framing* não se diferenciam das demais formas de construção, por também possuir pontos positivos e negativos. Assim sendo, as comparações: positivas e negativas, desses dois métodos construtivos a seco, estão detalhadas a seguir.

Tabela 1: Vantagens das construções a seco: *Light Steel Framing* e *Wood Framing*

VANTAGENS DOS SISTEMAS: STEEL FRAME X WOOD FRAME

Steel Frame

Wood Frame

	Leveza da estrutura	
	Otimização do tempo e agilidade no prazo de construção	
	Bom desempenho termoacústico	
	Utilização de fundação rasa	
	Fabricação das peças em ambiente industrializado	
	Maior controle na montagem e qualidade das peças	
	Construção sustentável	
	Maior produtividade	
	Racionalização do sistema, em geral	
	Redução no uso de água na execução da estrutura	
	Obra organizada e limpa	
	Poucos elementos moldados <i>in-loco</i> , exemplo: fundação	
	Distribuição uniforme dos esforços através de paredes leves e autoportantes	
	Fácil manutenção de instalações hidráulicas e elétricas	
O aço é um material reciclável	A madeira é um material renovável	
Capaz de vencer grandes vãos por conta da resistência do aço	Pode vencer grandes vãos através da utilização de viga laminada colada	
O aço galvanizado não propaga fogo	-	
-	Melhor custo e disponibilidade do material	

Fonte: CORRÊA e ZEHNDER, 2017.

Entretanto, o Light Steel Framing e Light Wood Framing também possuem desvantagens que precisam ser consideradas, primeiramente, se a obra for leve e utilizar uma fundação rasa, possui um número reduzido de andares, não podendo ultrapassar de cinco.

Segundo Sloma (2016), um dos problemas para a difusão dos sistemas construtivos industrializados é a falta de mão-de-obra qualificada. Esses sistemas, necessitam de mão-de-obra especializada devido ao processo de execução mais detalhado e com maior precisão, muitas vezes carecendo de treinamento desta.

Ademais, os sistemas construtivos industrializados necessitam de menor número de trabalhadores. Mesmo sendo uma característica “positiva”, ao mesmo tempo, também, é negativo, pois no Brasil um dos setores que mais emprega é o setor da construção civil, ou seja, uma mudança repentina entre os sistemas convencionais para os sistemas industrializados poderia gerar uma onda de desemprego.

Além disso, existem empresas brasileiras que utilizam perfis fora de norma, ou seja, sem a existência dos requisitos mínimos dos materiais, impõe-se o risco não só

nas obras, mas, também, nas pessoas que frequentam os locais onde foram construídos os imóveis com esses produtos (COSTA, VIEIRA e SANTOS, 2019).

Tabela 2: Desvantagens do Light Steel Framing e Wood Framing

DESVANTAGENS DOS SISTEMAS: STEEL FRAME X WOOD FRAME	
Steel Frame	Wood Frame
Necessidade de alto conhecimento tecnológico para a execução do sistema	Resistência do mercado a mudança devido ao preconceito da sociedade
	Necessita de maiores cuidados quanto a impermeabilização
	Custos elevados de materiais
	Requer mão de obra treinada
	Por necessitar menos trabalhadores na obra, gerando desemprego

Fonte: CORRÊA e ZEHNDER, 2017.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O surgimento do *Steel Frame* precisou de um desenvolvimento maior de técnicas que foram descobertas na revolução industrial, já a madeira, desde a antiguidade, sempre foi uma das principais matérias-primas na construção, sendo assim o *Wood Frame* surgiu antes, pois o manuseio do aço só se tornou viável muito tempo depois.

Sendo assim, tanto o *Light Steel Framing* como o *Light Wood Framing*, sistemas estudados nesse trabalho, surgiram como soluções mais eficientes para os problemas, aos quais as construções convencionais não estavam se adequando. A forma de projetar as construções a seco, com a utilização de componentes industrializados e *Lean Construction* (Construção Enxuta), trouxe uma maior produtividade e menor desperdício, apresentando, assim, grandes perspectivas para o futuro.

Dessa forma, os dois métodos construtivos possuem semelhanças nas suas características, como: sustentabilidade e otimização do tempo, entretanto, o sistema construtivo convencional ainda é o mais utilizado no Brasil.

Desse modo, conclui-se que a aplicação de construções a seco pode melhorar a produtividade e a qualidade na construção civil, por apresentar menor número de etapas de construção, redução de desperdícios e obra rápida e limpa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. P. Comparativo do custo-benefício entre o sistema construtivo em alvenaria e os sistemas *Steel Frame* e *Wood Frame*. **ESPECIALIZE**, Goiânia, v° 1, n° 10, p. 1-23, dez. 2015.

AMARAL, J. J. F. **Como fazer uma pesquisa bibliográfica?** Ceará, 28 ago. 2007. Disponível em: <<http://200.17.137.109:8081/xiscanoe/courses-1/mentoring/tutoring/Como%20fazer%20pesquisa%20bibliografica.pdf>>. Acesso em: 16.mai.2021.

AMORIM, F. R. **Estudo de processos construtivos modulares do ponto de vista da sustentabilidade**. Orientador: Eduardo Linhares Qualharini. 2016. 68 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

AZEVEDO, M. B. **LIGHT STEEL FRAMING: Análise estrutural e dimensionamento de uma edificação de habitação de interesse social**. Orientador: Honório Assis Filho Crispim. 2018. 113 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2018.

CBIC. **Catálogo de inovação na construção civil**. 1° ed. Brasília: Cipolla Comunicação, 2016.

CAMPOS, P. F. **LIGHT STEEL FRAMING: Uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento**. Orientador: Arthur Humboldt Lara. 2014. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CARDOSO, L. A. **Estudo do método construtivo *Wood Framing* para construção de habitações de interesse social**. Orientador: Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos. 2015. 79 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

CASA DO SERRALHEIRO. **Principais tipos de Perfis Metálicos**. Espírito Santo, 25 ago. 2019. Disponível em: <<http://www.casaserralheiro.com.br/perfis-metalicos-descubra-quais-sao-os-principais-tipos/>>. Acesso em: 13.jun.2021.

COLIN, S. **A Forma Estrutural na Arquitetura**. Rio de Janeiro, 12 out. 2013. Disponível em: <<http://www.coisasdaarquitetura.wordpress.com/2013/10/12/forma-estrutural-i/>>. Acesso em: 13.jun.2021.

CORRÊA, D. F.; ZEHNDER, L. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS: *Light Steel Frame* e *Light Wood Frame***. Orientadora: Norma Beatriz Camisão Schwinden. 2017. 77 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

COSTA, E. B. C.; VIERA, J. S. G.; SANTOS, J. R. Estudo comparativo entre o sistema construtivo a seco (*Steel Frame*) e alvenaria comum. **CONTECC**, Palmas, v. 2, n. 1, p.1-5, set. 2019.

DIRETRIZ nº 003. SINAT. **Diretriz para Avaliação Técnica de Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Steel Framing”)**. 2º ed. Brasília: PBQP-H, 2016.

DIRETRIZ nº 005. SINAT. **Diretriz para Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves “Light Wood Frame”)**. 3º ed. Brasília: PBQP-H, 2020.

ECKER, T. W. P.; MARTINS, V. **Comparativo dos sistemas construtivos Steel Frame e Wood Frame para habitações de interesse social**. Orientador: Gustavo Lacerda Dias. 2014. 154 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

ESPÍNDOLA, L. R. **Habitação de interesse social em madeira conforme os princípios de coordenação modular e conectividade**. Orientador: Poliana Dias de Moraes. 2010. 173 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

FERREIRA, A. S. **ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS: Paredes de concreto, Steel Frame e Wood Frame**. Orientador: Rogério Cattelan Autocheves de Lima. 2014. 62 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

FERREIRA, J. **Primeiro prédio em Wood Frame**. São Paulo, 26 ago. 2016. Empresa MADEIRA E CONSTRUÇÃO. Disponível em: <<http://www.madeiraconstrucao.com.br/brasil-tem-primeiro-predio-em-wood-frame>>. Acesso em: 13.jun.2021.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **DEFICIT HABITACIONAL NO BRASIL: 2016-2019**. 1ª ed. Belo Horizonte: FJP, 2021.

GOUVEIA, L. **STEEL FRAME: A Construção Inteligente**. São Paulo, 16 jun. 2020. Empresa PORTAL MET@LICA. Disponível em: <<https://metalica.com.br/steel-frame-a-construcao-inteligente/>>. Acesso em: 16.mai.2021.

GYPSUM. **Sistemas Construtivos Sustentáveis - Steel Frame e Wood Framing**. São Paulo, 12 mai. 2021. Disponível em: <<http://www.gypsum.com.br/pt-br/centro-de-apoio/blog/146387/steel-e-wood-framing-por-que-investir/>>. Acesso em: 13.jun.2021.

JUNIOR, C. C.; MOLINA J. C. Sistema construtivo em *Wood Frame* para casas de madeira. **USP**, São Paulo, v. 31, n.2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

LEAL, A; *et al.* **Aspectos Históricos do Steel Frame e Wood Frame**. São Paulo, 6 mai. 2011. FAU-USP. Disponível em: <<https://prefabricadosteelframe.wordpress.com/2-aspectos-historicos/>>. Acesso em: 16.mai.2021.

MOLIN, B. H. C. D.; MALANDRIN, L. L. **Comparativo de custo entre os sistemas construtivos alvenaria convencional, Light Steel Frame e Wood Frame para habitação popular**. Orientador: Adalberto Luiz Rodrigues de Oliveira. 2017. 97 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica do Paraná, Campo Mourão, 2017.

KOREEDA, F. **Déficit Habitacional – Índice que influencia o preço dos imóveis**. Brasília, 30 jul. 2018. Empresa JUSBRASIL. Disponível em: <<https://fernandokoreeda.jusbrasil.com.br/artigos/600122851/o-que-e-deficit-habitacional-indice-que-influencia-o-preco-dos-imoveis>> Acesso em: 15.abr.2021.

OLIVEIRA, D. **CONSTRUÇÃO EM AÇO: Estatísticas**. Rio de Janeiro, 24 mar. 2017. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/produtos-e-sistemas-em-aco.php>>. Acesso em: 16.mai.2021.

PEREIRA, M. **STEEL FRAME E TIMBER FRAME: Vantagens dos sistemas construtivos a seco**. São Paulo, 27 jan. 2020. Empresa ARCHDAILY. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/890724/steel-frame-e-wood-frame-vantagens-dos-sistemas-construtivos-a-seco>> Acesso em: 13.mai.2021.

RODRIGUES, F. C. **Steel Framing: Engenharia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2016.

ROSSI, F. **GESSO ACARTONADO: Usos e Vantagens**. Belo Horizonte, 27 nov. 2021. Empresa PEDREIRÃO NEGÓCIOS DIGITAIS. Disponível em: <<https://pedreiroa.com.br/steel-frame-vantagens-e-desvantagens-passo-a-passo/>>. Acesso em: 13.jun.2021.

ROVARIS, C. **Estudo para ampliação do uso da madeira para a construção de habitações no Brasil**. Orientadora: Katia Regina Garcia Punhagui. 2019. 244 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2019.

SANTIAGO, A. K. **O uso do sistema Light Steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural**. Orientador: Ernani Carlos de Araújo. 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SCHNEIDER, H. **TELHA SHINGLE: Vantagens, cores, preços e modelos**. São Paulo, 10 mar. 2021. Empresa DOCEOBRA. Disponível em: <<https://casaconstrucao.org/materiais/telhas-shingle/>>. Acesso em: 13.jun.2021.

SILVA, F. B. **WOOD FRAME: Construções com Perfis e Chapas de Madeira**. Rio de Janeiro, 17 jul. 2010. Empresa TECHNE. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/161/sistemas-construtivos-286726-1.aspx>>. Acesso em: 16.mai.2021.

SILVA, M. R. R. **CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS: Método construtivo em Wood Frame para unidades residenciais**. Orientador: Norma Beatriz Camisão Schwinder. 2017. 73 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

SLOMA, R. B. **Comparativo de sistemas construtivos Steel Frame e Wood Frame (Custo x Benefício)**. Orientador: Cristiane Burmester. 2016. 80 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2016.

TASSI, R. **Componentes do sistema Light Steel Frame de uma casa**. Rio Grande do Sul, 15 abr. 2015. Empresa RESEARCHGATE. Disponível em: <http://www.researchgate.net/figure/Figura-11-Componentes-do-sistema-Light-Steel-Frame-de-uma-casa-Fonte-Revista-Techne-Ed_fig5_323990990>. Acesso em: 13.jun.2021.

TERNI, A. W.; SANTIAGO, A. K.; PIANHERI, J. **Como Construir - Steel Frame Parte 1 - Fundações**. 1ª ed. São Paulo: TECHNE.

TORRES, J. T. C. **Sistemas construtivos modernos em madeira**. Orientador: José Manuel Marques Amorim de Araújo Faria. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010.

VELLOSO, J. G. **Diretrizes para construções em madeira no sistema plataforma**. Orientador: Carlos Alberto Szücs. 2010. 104 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

VOITILLE, N. **Gesso Acartonado: Usos e Vantagens**. São Paulo, 27 jun. 2012. Empresa CLIQUEARQUITETURA. Disponível em: <<https://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/gesso-acartonado-usos-e-vantagens-.html>>. Acesso em: 13.jun.2021.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO E PAVIMENTO FLEXÍVEL

ACADÊMICOS: Kaique da Silva Matheus Vieira e Ronaldo Antônio Moreira Junior.

ORIENTADOR: Prof. *Esp.* Leonardo Martins Sleutjes.

LINHA DE PESQUISA: Tecnologia de Materiais e Métodos Construtivos.

RESUMO

Este trabalho analisa bibliograficamente dois tipos de pavimento, o pavimento rígido e o pavimento flexível. Realizou-se o levantamento bibliográfico sobre o histórico, característica e principais vantagens e desvantagens dos dois tipos de pavimentos. Em seguida, fez-se uma análise comparativa entre ambos para verificar em quais condições cada pavimento se torna mais viável. Com esse estudo, concluiu-se que ambos os pavimentos podem ser tecnicamente e economicamente viáveis, porém o pavimento rígido tem um melhor custo-benefício que o pavimento flexível devido à baixa necessidade de manutenção durante o período de vida útil.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento Rígido; Pavimento Flexível; Viabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O sistema rodoviário é o sistema de transporte mais utilizado no Brasil. Isso faz com que os pavimentos asfálticos sejam cada vez mais projetados para resistirem aos inúmeros esforços que sofrem durante sua vida útil (FILHO, 2011).

Conseguir absorver esses esforços está diretamente relacionado à estrutura que um pavimento possui, tais como são executadas suas camadas de base, sub-base, subleito, reforço e revestimento. Essa forma de execução está diretamente relacionada ao tipo de pavimento que essa rodovia tem — flexível ou rígido (SILVA e DOMINGUES, 1994).

A escolha do tipo de pavimento é crucial para prever o tempo de vida útil da rodovia e evitar ao máximo a aparição de patologias, atendendo o melhor custo-benefício para construção dessa rodovia.

Porém, essa escolha gera alguns questionamentos com relação à vida útil, à resistência, ao custo, à segurança, aos impactos ambientais, ao consumo de material, à complexidade e tempo, entre outros. (SENÇO, 1997).

Assim, pretende-se, com este trabalho, mostrar ao leitor quais são as principais características de cada tipo de pavimento, bem como realizar uma análise comparativa entre ambos, para que seja possível tomar a melhor da decisão ao se fazer essa escolha.

Este trabalho foi dividido em quatro capítulos. Inicialmente, na introdução, apresentam-se o problema de pesquisa, os objetivos e a justificativa. Em seguida, na seção revisão bibliográfica há uma breve definição dos conceitos referentes os dois tipos de pavimentos. Após, na fundamentação teórica apresenta-se embasamento teórico para que seja possível realizar a análise comparativa entre os dois tipos de pavimentos. Finalmente, na conclusão, encerra-se a análise comparativa realizada.

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), o pavimento pode ser definido como: uma superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentados sobre um semiespaço considerado teoricamente como infinito (infraestrutura ou terreno de fundação) o qual é designado de subleito. De acordo com Bernucci *et al.* (2010), o pavimento rodoviário é classificado em dois tipos básicos: pavimento flexível e pavimento rígido.

Trazendo inúmeras inovações nas alternativas de soluções, a engenharia de pavimentos vem, ao longo dos anos, evoluindo cada vez mais. Com o surgimento de tecnologias, torna-se necessário ao profissional da engenharia estar atento às novas

possibilidades e avaliá-las em termos de viabilidade às aplicações específicas, implicando, então, na demanda por estudo que faça o comparativo entre aplicação de pavimento do rígido e do pavimento flexível (MARQUES, 2013).

Dessa forma, a análise comparativa entre esses dois tipos de pavimento contribui para uma melhor escolha de qual pavimento será mais bem aproveitado para cada projeto.

Portanto, com essa pesquisa pretende-se reunir informações a respeito das características, vantagens e desvantagens de cada um dos dois tipos de pavimentos com o intuito de responder ao leitor a seguinte questão-problema: “Como analisar e comparar qual dos dois pavimentos é mais viável para um projeto em questão?”.

O objetivo desse trabalho é realizar uma análise comparativa entre os dois principais tipos de pavimentos disponíveis, sendo eles: o pavimento rígido e o flexível. Para tanto, fazem-se necessários os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar as principais características de cada tipo de pavimento, bem como seus métodos construtivos;
- Apresentar as vantagens e desvantagens de cada tipo de pavimento;
- Comparar os dois pavimentos de acordo com a viabilidade técnica e econômica de cada um.

No Brasil, até o ano de 2018, a extensão de rodovias pavimentadas não ultrapassava 13% do total das estradas brasileiras, sendo a pavimentação asfáltica a mais tradicional, popular e difundida a partir dos anos 1950. Além do custo de implantação, essa preferência se justificava pela ampla gama de apoio técnico e normativo existente em agências de transporte oficiais. No entanto, nos últimos anos, a política de concessão de rodovias tem contribuído para o retorno do pavimento de concreto a nível nacional (CUNHA, 2013).

Durante a concepção de uma estrutura devem ser avaliadas diversas possibilidades, a fim de determinar a melhor solução para o projeto a ser elaborado. Os principais fatores que influenciam a decisão são: disponibilidade de materiais, de equipamentos e de mão de obra, segurança, durabilidade, economia e tempo. Para que seja possível escolher a melhor opção, são necessários amplos estudos sobre as várias tecnologias existentes (CARVALHO, 2007).

Por conta disso, esse trabalho se justifica a fim de mostrar ao leitor qual seria a melhor alternativa de pavimento para cada situação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), existem três tipos de pavimentos.

a) Flexível: aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portando, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo: Pavimento constituído por uma base de brita ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica;

b) Semirrígido: caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica;

c) Rígido: aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento *Portland*.

Para Balbo (2011), no pavimento flexível todas as camadas sofrem deformação elástica sob o carregamento aplicado. Ou seja, a carga é distribuída de forma quase igual entre as camadas, como mostra a Figura 1.

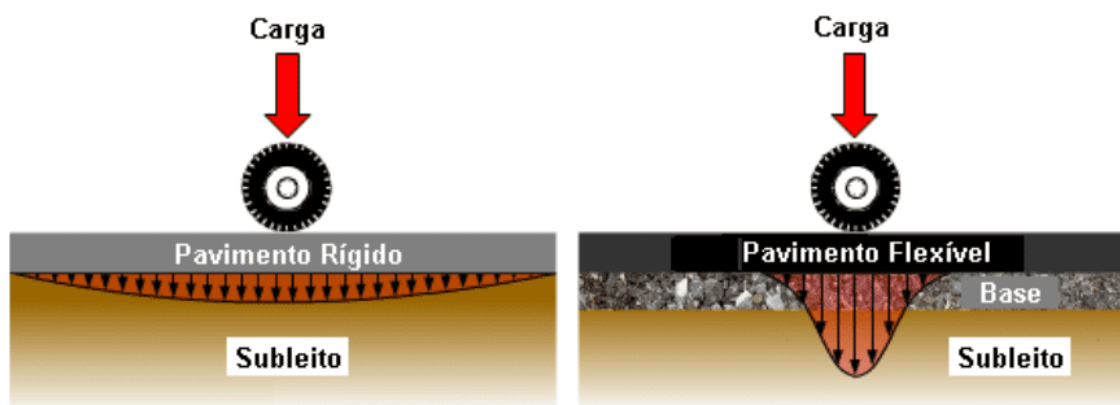


Figura 5 - Deformação nos dois tipos de pavimento. Fonte: Araujo (2016)

Já no pavimento rígido, segundo Pinto e Preussler (2002), o revestimento é o principal responsável por resistir às tensões que atuam no pavimento, pois sua rigidez é muito maior do que a das camadas sobre as quais ele foi construído.

2.1 Histórico dos Pavimentos

A história do pavimento rodoviário de concreto de cimento *Portland* data da mesma época do pavimento rodoviário de concreto asfáltico e da invenção do automóvel — século XIX (FILHO, 2011).

De acordo com os registros históricos, o primeiro pavimento rodoviário de concreto de cimento *Portland* foi construído no ano de 1891, na *Main Street, Bellafontaine*, Ohio, EUA (CUNHA, 2013). Antes disso, os pavimentos em sua maioria eram feitos de pedra, como mostra a Figura 2.



Figura 6 - Pavimento de Pedra. Fonte: Além da Inércia (2019)

Em diversos países, principalmente Alemanha e Estados Unidos, o pavimento de concreto passou a ter preferência, antes da Segunda Guerra Mundial. Naquela época, a Alemanha tinha cerca de 92% de suas estradas em concreto. No fim de 1950, os Estados Unidos tinham em torno de 89% das grandes vias urbanas e 79% das vias rurais pavimentadas com concreto. No Brasil, o primeiro pavimento de concreto foi executado no Caminho do Mar — ligação de São Paulo a Cubatão em 1926. Em seguida, foi realizada, em 1932, em concreto, a pavimentação da travessia de São Miguel Paulista, antiga estrada Rio - São Paulo (CARNEIRO, 2014).

Até o início da década de 1950, era intensa no Brasil a utilização do concreto de cimento *Portland* na pavimentação. Como exemplo, recorre-se à BR-116/RJ no caminho para Teresópolis e a rodovias de Pernambuco e Paraíba (SENÇO, 2008).

2.2. Características principais dos pavimentos

2.2.1 PAVIMENTO RÍGIDO

De acordo com o Manual de Pavimentos Rígidos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), o concreto aplicado na execução de pavimentos rígidos deve apresentar a resistência característica à tração na flexão definida em projeto, que geralmente é da ordem de 4,5 MPa ou — como no caso dos pavimentos estruturalmente armados — uma resistência característica à compressão axial, que geralmente é de 30 MPa.

O concreto do pavimento deve apresentar também uma baixa variação volumétrica; trabalhabilidade compatível ao equipamento a ser utilizado no espalhamento; adensamento e acabamento a fim de assegurar a durabilidade e um consumo de cimento igual ou acima de 320 kg/m³ de concreto (FERNANDES, 2019).

Ainda de acordo com Fernandes (2019), entre as principais características desse tipo de pavimento está a rigidez elevada em comparação a outros tipos de pavimentos e o melhor desempenho ao longo dos anos, pois ele absorve praticamente todas as tensões aplicadas sobre ele. Existem inúmeros tipos de pavimentos rígidos em uso no Brasil, em função da concepção estrutural e dos materiais empregados, são eles:

- a) Concreto Convencional ou Rolado;
- b) Tipo *Whitetopping*;
- c) Com fibras de aço ou de polipropileno;
- d) Sobre-laje em tabuleiros de obras de arte especiais;
- e) Com armação simples de retração;
- f) Estruturalmente armado, com armação dupla;
- g) Com peças pré-moldadas.

Os principais materiais utilizados em pavimentos rígidos são o cimento *Portland* CP-I, CP-II, CP-III e CP-IV, agregados graúdos e miúdos, água, aditivos, materiais selantes de juntas, fibras de plástico ou de aço e barras de aço CA-50, CA-60 e CA-25 (DNIT, 2004).

Segundo Balbo (2009), o revestimento do pavimento rígido é feito com concreto, o qual pode ser elaborado por pré-moldagem ou produção *in loco*. Dos tipos de pavimentos rígidos existentes, o pavimento de concreto simples (PCS) é o mais comum na pavimentação rodoviária, como mostra a Figura 3.

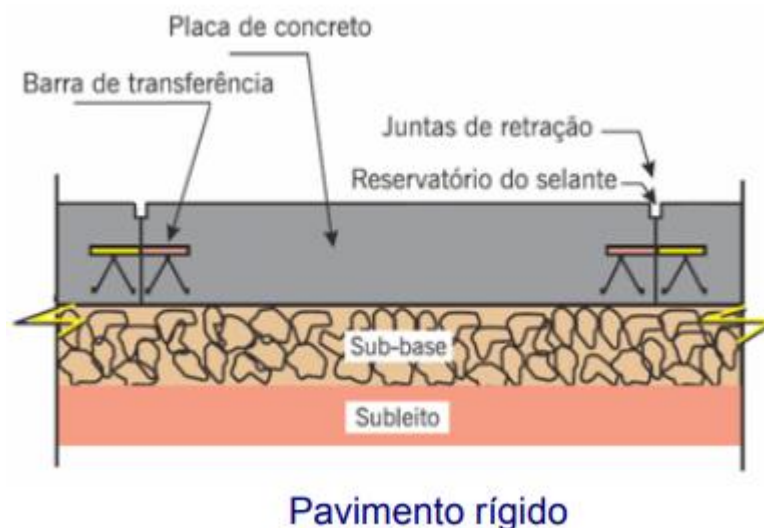


Figura 7 - Camadas do Pavimento Rígido. Fonte: Criststiano e Maia (2014)

Para Pitta (1998), o pavimento de concreto simples apresenta na composição do concreto, o cimento tipo *Portland* (CP-I, CP-II, CP-III e CP-IV), o agregado miúdo (geralmente areia natural quartzosa), o agregado graúdo (geralmente brita), a água e, como opcional, os aditivos químicos. O pavimento também é composto por barras de aço de transferência e de ligação e por selante de juntas.

2.2.2 PAVIMENTO FLEXÍVEL

O pavimento flexível é aquele em que o revestimento é composto por uma mistura de ligante asfáltico e agregados. Esse revestimento asfáltico é sobreposto as camadas de base, sub-base e reforço do subleito. A nomenclatura para pavimento flexível é atualmente conhecida por pavimento asfáltico, em que o revestimento é uma mistura asfáltica e as camadas de base e sub-base podem ter diversas opções de materiais constituintes, desde uma camada granular até uma camada composta por materiais cimentício, como mostra a Figura 4 (FERNANDES, 2019).

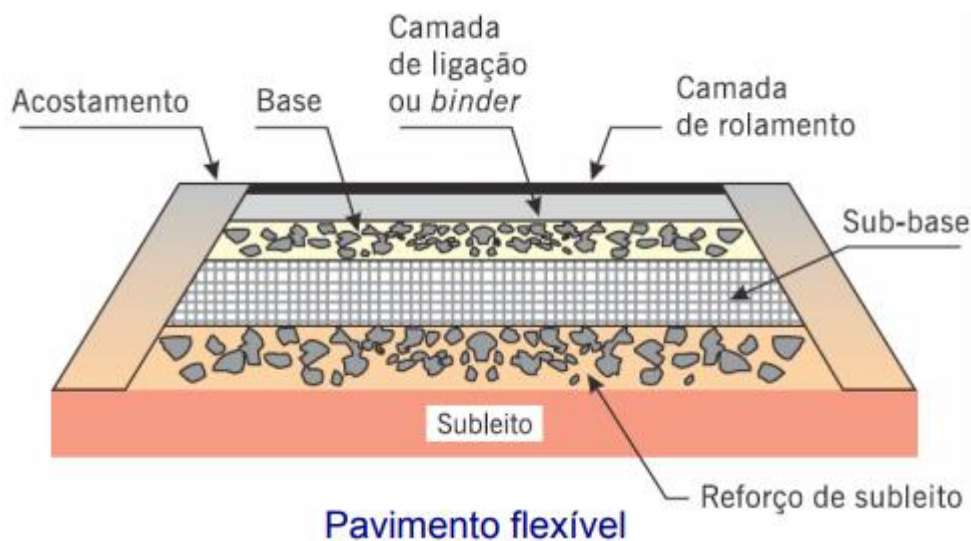


Figura 8 - Camadas do Pavimento Flexível. Fonte: Criststiano e Maia (2014)

Ainda de acordo com Fernandes (2019), a principal característica deste tipo de pavimento é sua estrutura em múltiplas camadas que deve resistir e distribuir os esforços oriundos da faixa de rolamento (a camada que fica à vista e tem contato direto com os veículos e pedestres). Esses esforços, no pavimento flexível, são distribuídos em camadas equivalentes que devem trabalhar em conjunto. Seu material, geralmente, é o asfalto.

Os agregados correspondem entre 90% e 95% do revestimento, sendo responsáveis por suportar e transmitir as cargas aplicadas pelos veículos e resistir ao desgaste sofrido pelas solicitações. Já o material betuminoso, asfalto, corresponde entre 5% e 10% do revestimento, tendo função aglutinante e ação impermeabilizante (BERNUCCI *et al.*, 2010).

2.3. Vantagens e desvantagens

De acordo com a docente do Instituto Mauá de Tecnologia, o pavimento rígido normalmente é dimensionado para 20 anos, enquanto o pavimento flexível para 10 anos (FERNANDES, 2019).

O pavimento flexível requer maior número de manutenções, possui superfície mais escorregadia, quando molhada, e menor índice de reflexão de luz. Porém, o pavimento flexível já possui sua tecnologia consolidada no meio técnico, o que garante uma adequação execução (FERNANDES, 2019).

Já o pavimento rígido exige menos intervenções de manutenção, auxilia na difusão de luz. Ou seja, no período noturno pode auxiliar a iluminação das vias e, ainda, fornecer boa aderência entre o pneu e o pavimento. Contudo, o pavimento rígido requer um elevado e adequado controle de execução para garantia de seu sucesso (FILHO, 2006).

No Brasil, o pavimento flexível ainda é mais utilizado do que o pavimento rígido. Sabe-se que o pavimento de concreto teve seu momento de destaque na década de 50 e, após esse período, a produção de cimento foi direcionada à indústria da construção civil. O pavimento asfáltico foi impulsionado pelo surgimento de tecnologia em equipamentos e mão de obra (ILOS, 2012).

3. METODOLOGIA

Este trabalho configura-se em pesquisa qualitativa e descritiva, a partir de uma revisão bibliográfica sobre as principais características, vantagens e desvantagens dos pavimentos rígidos e flexíveis.

Os levantamentos bibliográficos foram feitos durante o primeiro semestre de 2021 por meio de consultas a livros e artigos científicos que abordavam o tema, além dos manuais sobre pavimentação do DNIT/DER. Tais pesquisas foram realizadas na internet e em livros físicos.

Para realizar a análise dos dados, foram comparados dois projetos rodoviários diferentes, abordando qual seria o melhor pavimento utilizado em cada projeto, bem como os motivos para a escolha de cada pavimento, baseando-se nas características de cada região e nas demandas do projeto.

Esta pesquisa segue uma abordagem qualitativa. A pesquisa qualitativa, em sua essência, consiste em transmitir e interpretar significados, baseando-se na coleta de dados de natureza qualitativa e numa teorização de caráter sobretudo indutivo (BANSAL, SMITH, & VAARA, 2018).

Em relação à natureza, trata-se de um estudo aplicado, uma vez que gerará conhecimentos para aplicação prática, segundo Cervo; Bervian e da Silva (2007).

No tocante aos objetivos, a pesquisa é do tipo descritiva e explicativa. Descritiva por tratar-se de uma investigação que observa, registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos sem manipulá-los e explicativa por ter a preocupação de identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do fenômeno (CERVO; BERVIAN E DA SILVA, 2007).

Quanto aos procedimentos, a pesquisa se classifica como bibliográfica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise comparativa entre pavimento rígido e pavimento flexível

Na escolha do tipo de pavimento a ser utilizado na pavimentação rodoviária, é de fundamental importância analisar as características técnicas de cada tipo de pavimento. Com isso, faz-se o comparativo técnico entre o pavimento flexível e o pavimento rígido, relacionando características de construção, de manutenção, de comportamento, de segurança e de sustentabilidade (FILHO e ROCHA, 2018) .

A principal diferença entre os pavimentos flexível e rígido é a distribuição de tensões nas camadas subjacentes. O pavimento flexível funciona como camada de rolamento e a fundação absorve os esforços devido ao tráfego. No pavimento rígido, a camada de rolamento também funciona como estrutura, redistribuindo os esforços e diminuindo a tensão imposta à fundação (BRITO e CASTRO, 2008) .

Com isso, analisando os dois pavimentos ponto a ponto, tem-se o quadro abaixo:

Quadro 2 - Comparativo entre pavimento rígido e flexível

PAVIMENTO RÍGIDO	PAVIMENTO FLEXÍVEL
Maior segurança à derrapagem em função da textura dada à superfície (veículo precisa de 16% menos de distância de frenagem em superfície seca, em superfície molhada 40%).	A superfície é muito escorregadia quando molhada.
Melhores características de drenagem superficial: escoamento melhor a água superficial.	Absorve a umidade com rapidez e, por sua textura superficial, retém a água, o que requer maiores caimentos.
De coloração clara, tem melhor difusão de luz. Permite até 30% de economia nas despesas de iluminação da via.	De cor escura, tem baixa reflexão de luz. Maiores gastos com iluminação.
Resiste a ataques químicos (óleos, graxas, combustíveis).	É fortemente afetado pelos produtos químicos (óleo, graxas, combustíveis).

Mantém íntegra a camada de rolamento, não sendo afetado pelas intempéries.	Altas temperaturas ou chuvas abundantes produzem degradação.
Vida útil de projeto mínima de 20 anos.	Vida útil máxima de 10 anos (com manutenção).
O concreto é feito com materiais locais, a mistura é feita a frio e a energia consumida é a elétrica.	O asfalto é derivado de petróleo importado, misturado normalmente a quente, consome óleo combustível.
Maior distância de visibilidade horizontal, proporcionando maior segurança.	A visibilidade é bastante reduzida durante a noite ou em condições climáticas adversas.
Estruturas mais delgadas de pavimento.	Estruturas mais espessas (requer maior escavação e movimento de terra) e camadas múltiplas.
Falta de aderência das demarcações viárias, devido ao baixo índice de porosidade.	Melhor aderência das demarcações viárias, devido a textura rugosa e alta temperatura de aplicação (30 vezes mais durável).
Pequena necessidade de manutenção e conservação, o que mantém o fluxo de veículos sem interrupções.	Necessário que se façam várias manutenções e recuperações, com prejuízos ao tráfego e custos elevados.

Fonte: Os autores (2021)

O estudo feito por Mesquita (2001) comparou os fatores econômicos dos custos entre os dois pavimentos rígido e flexível, verificando a viabilidade econômica de revitalizar e manter a condição do piso de rolamento por 20 anos, destacando o conceito de vida útil do pavimento, analisando os custos de construção e manutenção na rodovia BR-262, no trecho do Miranda-Morro do Azeite – MS.

De acordo com Mesquita (2001), o pavimento flexível apresentou um custo de R\$ 191.939,40/ km sendo, R\$ 182.849,40/km de regularização e reforço e R\$ 9.090 de pintura de ligação. Em contrapartida, o pavimento rígido apresentou um custo construtivo de R\$ 334.259,10/ km tendo o pavimento espessura de 17cm, ou seja, em

relação ao custo construtivo o pavimento flexível se destaca pelo valor consideravelmente mais baixo. Todavia, se for feita uma comparação em com relação aos custos de conservação, o pavimento rígido se destaca em relação ao flexível, isso porque a deterioração da superfície de CBUQ mostra-se alta, tendo que sofrer constante manutenção.

Dessa forma, pode-se perceber que o pavimento rígido é mais duradouro e resistente. Ele tem melhor desempenho em situações naturais, pois escoar melhor a água da chuva e difunde melhor aos raios solares. Essas características ainda geram uma economia na construção e manutenção do pavimento rígido em comparação ao pavimento flexível, além de maior conforto e segurança ao usuário por ter uma distância de visibilidade maior.

O pavimento rígido também é produzido a frio, o que gera maior economia de energia em comparação com o pavimento flexível.

5. CONCLUSÃO

Os dois tipos de pavimentos atendem às características de segurança, de conforto e de economia (manutenção, operação e segurança).

Pelo fato de o Brasil ser um país muito vasto, com condições diferentes em cada região — tipo de solo e climas — e que recebe diferentes tipos de cargas em cada estrada, cada caso deve ser analisado separadamente para se obter o melhor tipo de pavimento.

Porém, o pavimento rígido demonstrou maior vantagem sobre o pavimento flexível, por apresentar características que ajudem a melhorar a qualidade das vias, o conforto e a segurança dos usuários, o tempo de viagem e o custo operacional dos veículos. Aspectos que ajudam a reduzir os riscos de acidentes.

Dentre as vantagens do pavimento rígido estão a vida útil muito superior ao pavimento flexível; a capacidade de manter a superfície de rolamento em ótimas condições, sem a necessidade de manutenção por longos períodos; a resistência a ataques químicos como óleos, graxas e combustíveis; o aumento da segurança na circulação dos veículos por não sofrer deformação, não promovendo aquaplanagem por ter melhores condições de drenagem e escoamento da água; a não formação de trilha de rodas, refletindo melhor a luz e ter maior distância de visibilidade horizontal, principalmente noturna; a alternativa mais sustentável, com a economia de combustível dos veículos, economia de energia elétrica e menor geração de resíduos.

Entretanto, vale ressaltar que este estudo não tem o intuito de propor a substituição do pavimento flexível pelo pavimento rígido, mas sim de apresentar as vantagens, desvantagens e diferenças de um tipo de pavimento em relação a outro e de expandir o uso do concreto como pavimento rodoviário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALÉM DA INÉRCIA. Da Rocha ao Asfalto: **A História da Pavimentação**. 2019. Disponível em: < <https://alemdainercia.com/2019/03/13/da-rocha-ao-asfalto-a-historia-da-pavimentacao/>>. Acesso em: 24 out. 2021.

ARAÚJO, Marcelo Almeida; et. al. Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 01, Edição 11, Vol. 10, pp. 187-196, novembro de 2016. ISSN: 2448-0959.

BALBO, T. J. (2011) **Pavimentação Asfáltica**. 2ª ed., Oficina de Textos.

BANSAL, P., SMITH, W. K., & VAARA, E. Research, New Ways of Seeing through Qualitative. **Academy of Management Journal**. doi:10.5465/amj.2018.4004. 2018.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 3º reimpr. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, ABEDA, 2010. 504p.

BRITO, I. R. T. CASTRO, V. A. B. **Estudo comparativo entre estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**. Associação de Ensino Superior Unificado do Centro Leste. UCL. 2008

CARVALHO, M. D. (2007). **Pavimento de Concreto: reduzindo o custo social**. http://www.abcp.org.br/sala_de_imprensa/arquivos_arquivos_pdf/pav_artigo2007.pdf. Outubro.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; DA SILVA, Roberto. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CRISTIANO, B.R; MAIA, R. D. **Pavimentos Rígidos em Rodovias**. Instituto Tecnológico de Educação e Tecnologia Bacharelado Engenharia Civil. Minas Gerais. 2014

CUNHA, P. F. da. **Dimensionamento e análise numérica de pisos industriais de concreto**. Dissertação de Mestrado - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2013

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT. **Manual de Pavimentos Rígidos**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES – DNIT – (2006) **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro.

PINTO, S. e Preussler, E. (2002). **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**", 2ª ed., Rio de Janeiro - RJ.

FERNANDES, A. **Pavimento Rígido x Pavimento Flexível**. Mapa da Obra, 2019. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/pavimento-rigidoflexivel/#:~:text=O%20pavimento%20r%C3%ADgido%20%C3%A9%20um,dura%20C%20aproximadamente%2C%2010%20anos>>. Acesso em: 28 set. 2021.

FILHO, A. L. S. **Estudo Comparativo de Viabilidade Técnica e Econômica Entre Pavimentos Rígido e Flexível Aplicados a Rodovia BR-408 PE / Augusto**. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade do Vale do Ipojuca. Pernambuco, 2011.

FILHO, S. R. **Estudo Econômico Comparativo Entre Tipos de Pavimentos. Dissertação de Mestrado** – Universidade Estadual de Campinas. Caruaru, 2006.

FILHO, José Moacir de Mendonça; ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 03, Ed. 06, Vol. 02, pp. 146-163, junho de 2018. ISSN:2448-0959

ILOS – Instituto de Logística e Supply Chain. **Cenário da Infraestrutura Rodoviária no Brasil**. Disponível em: < http://www.ilos.com.br/web/index.php?option=com_content&task=view&id=1807&Itemid=74 %20 >. Acesso em: 06 de outubro 2021.

MARQUES, G. L. O. **Pavimentação**. Notas de Aula – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013. Disponível em: < <http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2012/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>> Acesso em: 14 outubro de 2013.

PINTO, S. e PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. 2ª ed., Rio de Janeiro - RJ. 2002.

PITTA, M. R. **Projeto de sub-bases para pavimentos de concreto** – ET 29. Associação Brasileira de Cimento *Portland* (ABCP), São Paulo. 1998

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. São Paulo: Editora Pini, 1997.

SILVA, G. A.; DOMINGUES, F.A.A. Aspectos Sobre Alguns Métodos de Dimensionamento de Camadas de Reforço de Pavimento. In: 28ª. **Reunião Anual de Pavimentação**, V. 1, Belo Horizonte, MG, Brasil, 1994.

TELHADO VERDE: UMA PROPOSTA SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

ACADÊMICOS: Sarah Júlia de Oliveira e Tayná Lili De Oliveira.

ORIENTADOR: Prof. *Esp.* Leonardo Martins Sleutjes.

LINHA DE PESQUISA: Saneamento e meio ambiente.

RESUMO

O crescimento populacional e o desenvolvimento urbano acelerado têm acarretado o aumento das demandas de construção de edificações, exigindo a utilização de uma quantidade excessiva dos recursos naturais, da ocupação do solo. Como consequência, tem ocorrido o aumento do desmatamento, diminuído as áreas verdes, a mudança de temperatura e o desconforto térmico, causando impactos ambientais e problemas de saúde na população. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é demonstrar os benefícios do telhado verde, uma proposta sustentável para construção civil para conter os prejuízos causados ao meio ambiente. O procedimento empregado neste trabalho se deu por meio da pesquisa bibliográfica por intermédio de livros, artigos científicos, monografias, dissertações e teses. Foram selecionados cinco autores para compor os resultados, abordando sobre a utilização do telhado verde na construção civil, além dos custos e benefícios que implicam na sua implantação. O que deve ser feito para que essa técnica seja difundida iremos dissertar ao longo do nosso trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; Construções Sustentáveis; Meio Ambiente.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o desenvolvimento urbano têm alterado as características do meio ambiente acarretando mudanças climáticas. Esse desenvolvimento constante e de forma desenfreada faz com que a construção civil tenha que ser mais rápida para atender esse crescimento. Com isso, a ocupação de forma desorganizada do espaço urbano propiciou o desequilíbrio do espaço construído e natural (FARIAS, 2019).

Sendo assim, devido à constante construção de edificações para atender a essas demandas, tem-se exigido a utilização de uma quantidade excessiva dos recursos naturais, da ocupação do solo. Como consequência tem ocorrido o aumento do desmatamento e, com isso, diminuído as áreas verdes, a mudança de temperatura e o desconforto térmico, causando impactos ambientais e problemas de saúde na população (OLIVEIRA, 2019).

Nesse sentido, existe a necessidade de se criarem mecanismos que possam minimizar os problemas causados pela ação antrópica (ação do homem) e tornar as construções mais sustentáveis. Diante disso, a utilização de telhado verde é uma alternativa para a redução desses impactos ambientais e, ainda, pode proporcionar conforto e qualidade de vida à população.

O telhado verde é uma tecnologia que utiliza cobertura vegetal com grama ou plantas, que é colocada sobre uma laje ou telhado, podendo ser implantada em qualquer edificação (SANTOS *et al.*, 2017). O uso desse tipo de técnica pode auxiliar no melhoramento do conforto térmico, devido ao processo de evapotranspiração, que é a evaporação da água juntamente com a transpiração dos vegetais. Sendo assim, esse procedimento proporciona a diminuição da sensação térmica e equilibra a temperatura do ambiente (COLARES, 2019).

Os benefícios do telhado verde vão desde a retenção e captação de água da chuva, reduzindo alagamentos e enchentes até a diminuição da temperatura interna da residência. Mas, todos nós temos essa preocupação socioambiental que deveríamos ter na construção? Por isso, fizemos esse artigo trazendo uma proposta sustentável para conter os prejuízos causados ao meio ambiente.

A redução dos impactos ambientais da construção civil ganha em benefícios a qualidade de vida urbana, desde a captação barata e eficiente da água da chuva até o isolamento térmico e acústico da construção e o aumento da vida útil do telhado.

Nesse sentido, este trabalho se justifica pela descrição que pretende fazer dos benefícios do telhado verde, uma proposta sustentável para construção civil para diminuir os prejuízos causados ao meio ambiente. Além disso, trabalhos como este são importantes para a conscientização da sociedade acerca da construção civil mais sustentável sem atingir o meio ambiente e servem para o surgimento de novos questionamentos de professores, alunos e novas pesquisas na área.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é demonstrar os benefícios do telhado verde, uma proposta sustentável para construção civil para conter os prejuízos causados ao meio ambiente.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL E OS PREJUÍZOS PARA O MEIO AMBIENTE

O advento da Revolução Industrial, a multiplicação da população nos últimos 250 anos e as diversas modificações na área da construção civil a fim de fornecer uma infraestrutura tecnológica causaram uma maior procura de matéria-prima o que, conseqüentemente, acarretaram diversas implicações dentre os recursos naturais (TEODORO, 2011).

A relação do meio ambiente com a construção civil tem grande importância a ser discutida pela disposição inadequada dos resíduos, a sua influência na geração de inúmeros acidentes e desequilíbrios ambientais (ANGELIS NETO, 2015).

De acordo com a resolução do CONAMA 307/2002, os resíduos de construção são:

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, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

O crescimento da participação do setor da construção civil na economia do Brasil é responsável por 4,6% do Produto Interno Bruto (PIB) (IBGE, 2012). Os resíduos da construção civil são os principais produzidos na área urbana, em comparação, no território nacional, há a porcentagem de cerca de 50% a 70% com o total dos resíduos sólidos urbanos (IPEA, 2012). A necessidade desse diálogo aumentou a fim de preservar os recursos naturais e buscar maneiras de suprir as ocorrências ocasionadas pela ação antrópica.

Para que haja soluções viáveis na tomada de decisão dentre ações antrópicas no espectro da construção civil, é necessário identificar os aspectos ambientais com o intuito de, posteriormente, identificar quais são os impactos ocasionados por eles.

Dessa forma, é válido ressaltar que gerar os resíduos, embora não seja diretamente um impacto ambiental, é um aspecto relevante, já que impacto vem a ser qualquer modificação no meio, resultado dessa geração de resíduos como demonstrado na figura 1 (SÁNCHEZ, 2013).

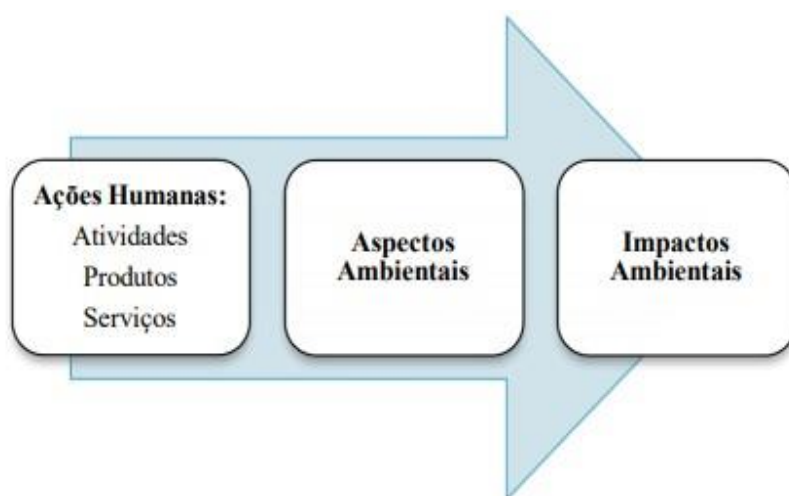


Figura 1 – Relação das atividades antrópicas com os aspectos e impactos ambientais. Fonte: SÁNCHEZ (2013).

Vechi, Gallardo e Teixeira (2016) identificaram aspectos e impactos ambientais de uma obra de construção civil com o intuito de propor medidas de gestão ambiental para pequenas e médias empresas de prestação de serviços. O quadro 1 mostra algumas das atividades existentes na obra, os aspectos e impactos ambientais apresentados pelos autores.

Quadro 1 – Descrição da relação atividade/aspecto/impacto

ATIVIDADE	ASPECTO	IMPACTO (PREJUÍZO)	
Remoção de vegetação para construção	Desmatamento.	Alteração da qualidade do solo	Indução a processos erosivos.

na área.						
Extração e corte de madeira.	Geração de resíduos.	Emissão de ruídos.	Emissão de pó de serra.	Modificação da Biodiversidade de local.	Poluição sonora.	Alteração da qualidade do ar.
Preparo de materiais de concreto.	Consumo de água.	Consumo de energia elétrica.	Extração de recursos naturais.	Esgotamento dos recursos hídricos.	Grande demanda nas usinas.	Esgotamento dos recursos naturais.
Manutenção do canteiro.	Consumo de água.	Consumo de elétrica energia	EPIs contaminados.	Alteração na potabilidade da água	Grande demanda nas usinas.	Contaminação do solo.
Manutenção de máquinas e Equipamentos.	Emissão de fumaça preta.	Efluente Oleoso.	Emissão de ruídos.	Alteração da qualidade do ar.	Contaminação do solo.	Poluição sonora.

Fonte: adaptado de VECHI; GALLARDO; TEIXEIRA (2016).

É perceptível verificar algumas das principais atividades realizadas na obra e seus respectivos aspectos e impactos ambientais. Na construção civil, destacam-se como impactos ambientais, principalmente, o descarte inadequado e a ausência de reaproveitamento dos resíduos que, como consequência, acarretam outros impactos — como é o caso da alteração da qualidade do solo ou do ar (HOLANDA; BARBOSA, 2011).

Na medida em que foram sendo reconhecidos esses prejuízos, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA(2016) gerou uma pirâmide de priorização no que tange ao gerenciamento dos resíduos sólidos como demonstra a figura 2.

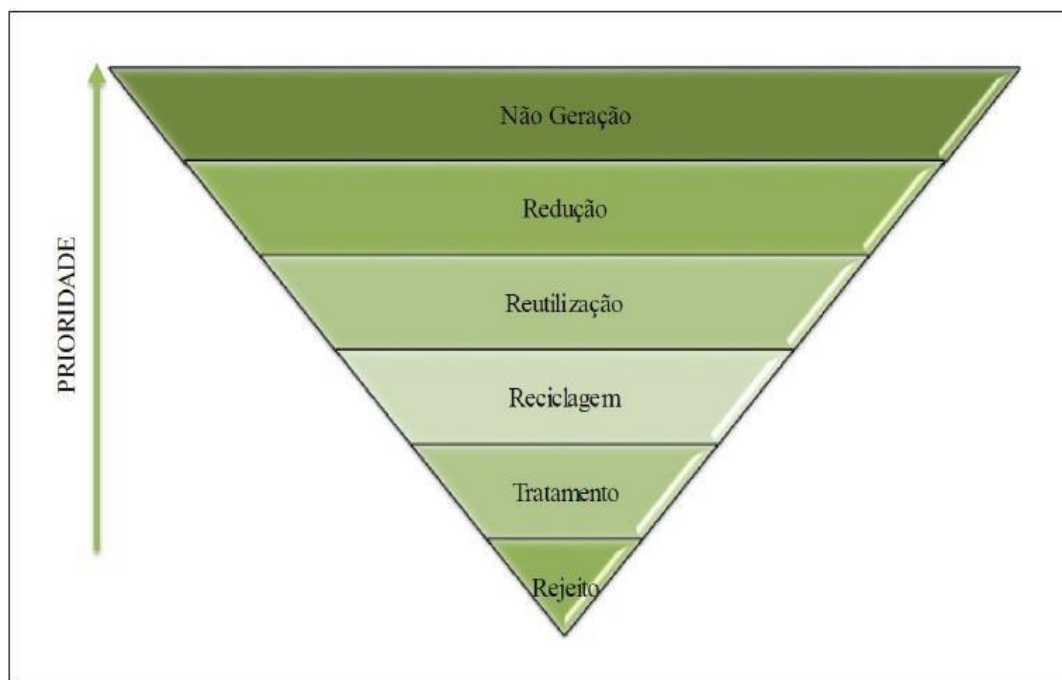


Figura 2 – Pirâmide de Prioridade da Gestão de Resíduos. Fonte: Adaptado do PNUMA (2016).

Essa representação revela, de maneira inversa, a pirâmide de produção em que se orienta a necessidade da responsabilidade compartilhada de encarregar-se dos resíduos produzidos.

2.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Análogo aos processos de produção fordista, no consumo em massa, na modernização agrícola e no processo de urbanização, há uma notória modificação no meio ambiente em prol desse desenvolvimento. Apesar do significativo aumento de bem-estar proporcionado pelo avanço econômico mundial ocorrido no século XX, há grandes desafios agora culminados pelas alterações ambientais ocasionadas pelas ações humanas (IPEA, 2010).

Frente a isso, surge o conceito de sustentabilidade, a fim de solucionar a problemática. Como está demonstrado na figura abaixo, sustentabilidade é definida por meio de três pilares-base: desenvolvimento sustentável, justiça social e proteção ambiental.



Figura 3 – Tripé da Sustentabilidade. Fonte: GUIMARÃES (2019).

Elencar esses três alicerces é contribuir para uma sociedade em busca de um avanço justo e que proteja não só o meio ambiente, mas garanta um futuro para as próximas gerações.

Em 1972, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, na cidade de Estocolmo, na Suécia. Nessa conferência, originou-se um marco, um documento que estabelece de critérios voltados a melhorias e preservação do meio ambiente. Os países participantes deveriam seguir 26 princípios norteadores sobre as preocupações socioambientais (TEODORO, 2011).

O conceito ficou conhecido mesmo em 1987, após a divulgação do Relatório Nosso Futuro Comum. Nesse documento, ficou explícita a conveniência de unir a qualidade ambiental ao crescimento econômico (SENAI, 2012).

Atualmente existem alguns objetivos estabelecidos e desenvolvidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) com o propósito de proteger o meio ambiente e chegar à paz mundial (ONU, 2021). Na figura 4, pode-se observar esses 17 objetivos.



Figura 4 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Fonte: ONU (2021).

É necessário que haja a adequação da sustentabilidade em múltiplas áreas da vida humana. Sua inserção na construção civil deve ser pautada na busca por melhorar as infraestruturas da sociedade e o equilíbrio ambiental, pois trata-se de uma das atividades responsáveis pela maior geração de resíduos em todo o processo, da extração da matéria-prima à destinação final (AGOPYAN *et al.*, 2011).

2.3 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Diante dos fatos mencionados, é imprescindível a participação das construções sustentáveis para a humanidade. As construções sustentáveis propõem um cenário diferenciado e de comum acordo com o desenvolvimento sustentável. Comprometer-se com esse tipo de desenvolvimento é prevenir e minimizar os possíveis impactos ambientais efetivados pela construção civil (TORGAL; JALALI, 2010).

A partir de conclusões de Agoyan e John (2011), para atender à condicionante de ser sustentável, é essencial que as construções tenham como principais objetivos: substituir os materiais e diminuir os resíduos presentes nos aterros. Assim, com o cumprimento dessas medidas tem a chance de mitigar e diminuir os impactos

ambientais (o que nem sempre ocorre). Na figura 5, é possível observar o esqueleto do processo produtivo das construções.

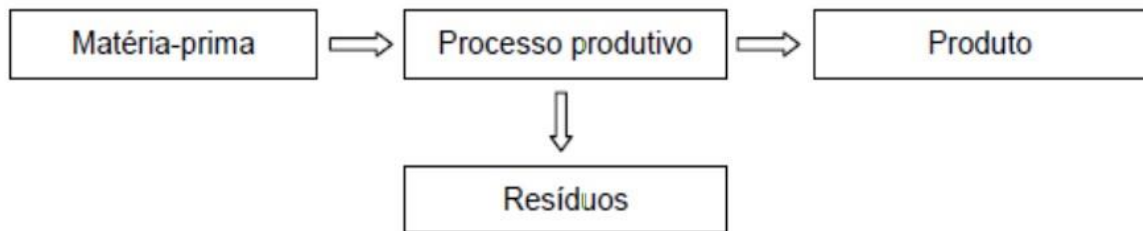


Figura 5 – Esquema de criação de resíduos. Fonte: TEODORO (2011).

Dessa forma, é substancial também a escolha responsável dos materiais utilizados e a maneira de extração da matéria-prima. Conforme Wieczynski (2015), há de considerar ações como utilização do tijolo ecológico, das placas ecológicas e captação da água da chuva. Ao usar o tijolo ecológico, não há a geração, por tabela, dos gases que contribuem para o efeito estufa.

Além disso, as placas ecológicas são feitas de materiais reciclados, assim, diminui a extração de matérias, dos recursos naturais e a captação da água da chuva, contribuindo para redução do consumo dos recursos hídricos, como é dito pelo Araújo (2012).

Edificação sustentável é aquela que pode manter moderadamente ou melhorar a qualidade de vida e harmonizar-se com o clima, a tradição, a cultura e o ambiente na região, ao mesmo tempo em que conserva a energia e os recursos, recicla materiais e reduz as substâncias perigosas dentro da capacidade dos ecossistemas locais e globais, ao longo do ciclo de vida do edifício (ISO/TC 59/SC3 N 459) (ARAÚJO, 2012).

Teodoro (2011) também aponta outros alicerces da construção sustentável como: reciclagem de resíduos, uso de matéria sustentável, potencialização da durabilidade, garantia de higiene e manutenção, além da minimização dos custos.

Existem afirmações por parte de Almeida, Brito e Santos (2018) de que essas construções sustentáveis foram registradas há muito tempo, assim como o uso de coberturas verdes.

[...] esta técnica teve sua origem na Mesopotâmia, onde foram viabilizadas construções arquitetônicas com grande utilização de vegetais nos templos religiosos conhecidos como Zigurates, há aproximadamente 2.500 a. C. (ALMEIDA; BRITO; SANTOS, 2018, p. 43).

Assim, percebe-se que são um conjunto de técnicas milenares, cuja principal função é unir o social ao ambiental de modo harmônico, respeitando a natureza e, ainda, promovendo um crescimento econômico, além de atender a alguns dos objetivos estabelecidos pela ONU, o que sugere um futuro progressista.

A partir desse contexto, a busca e o crescimento de estratégias como as construções sustentáveis modificam as formas de gerenciamento das organizações. Assim, insere-se agora a norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013, em que se define e prioriza a diminuição dos impactos ambientais ocasionados pela área da construção civil. Esse setor, paulatinamente, busca cada vez mais incorporar a sustentabilidade nos seus meios de gerenciamento, a fim de alcançar a responsabilidade ambiental (OLIVEIRA, J. A. *et al.*, 2012). Destarte, as construtoras nacionais têm introduzido certificações ambientais como meio de conciliar valor aos seus empreendimentos como forma de se diferenciar no mercado e instituir estratégias sustentáveis em longo prazo (OTOBO; SANTANA; COSTA, 2016).

2.4 TELHADO VERDE

O telhado verde é uma técnica construtiva, milenar e sustentável que se constitui de utilizar, em sua aplicação, uma cobertura vegetal feita de plantas, inserindo-as em lajes ou telhados das mais diversas edificações (ECO TECNOLOGIAS, 2021). Essa técnica já foi datada em tempos antigos, abundantemente implementados e difundidos, como cita Almeida, Brito e Santos (2018, p. 43):

[...] A obra mais famosa da antiguidade que utilizou a técnica do telhado verde, os jardins suspensos da Babilônia, construído, possivelmente, por Nabucodonosor II no século VI a. C. Acredita-se que esse monumento foi criado em homenagem à esposa do imperador, Amytis, e é considerado uma das sete maravilhas do mundo antigo, ressaltando a sua grande importância histórica e um marco para as práticas ambientalistas.

Para Silva (2011), introduzir essa técnica é uma solução viável à problemática dada a partir da urbanização crescente e desenfreada que, conseqüentemente, acarretou a diminuição das áreas verdes. Essas coberturas verdes podem ser classificadas em até três tipos: coberturas verdes extensivas, semi-intensivas e intensivas como demonstrada na figura 6 (BUILD UP, 2017).

Itens	Telhado Verde Extensivo	Telhado Verde Semi-intensivo	Telhado Verde Intensivo
Manutenção	Baixa	Periodicamente	Alta
Irrigação	Não	Periodicamente	Regularmente
Plantas	Sedum, ervas e gramíneas.	Gramado, ervas e arbustos.	Gramado, arbustos e árvores.
Altura do substrato	6 – 20 cm	12 – 25 cm	15 – 40 cm
Peso	60 – 150 kg/m ²	120 – 200 kg/m ²	180 – 500 kg/m ²
Custo	Baixo	Médio	Alto
Uso	Jardim, gramado	Jardim, parque	Parque, arvores e arbustos.

Figura 6 – Tipos de telhado verde e suas características. Fonte: BIOCLIMATISMO (2016).

A partir da análise do quadro da figura 6, são perceptíveis as diferentes características incorporadas aos tipos de telhados verdes. O modelo da cobertura extensiva se caracteriza por ser mais simples e a necessidade de manutenção é quase nula e de baixo custo, apesar de serem simples, são estruturas resistentes e acessíveis a locais mais extensos (ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE, 2012).

O modelo da cobertura verde intensiva demanda maiores cuidados, trata-se de um sistema de irrigação que sustenta vegetações de grandes portes. Este tem um solo mais profundo em relação ao extensivo. Por depender de maiores cuidados, necessita também de uma estrutura de cobertura mais cara, a condição principal é serem possíveis em construções de cobertura planas (ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE, 2012).

Por fim, as coberturas semi-intensivas são como um meio termo que une o sistema intensivo e extensivo. Com uma vegetação mais simples e de ornamentação possui cuidados e peso médios (CP PAISAGISMO, 2018).

A composição dessa técnica possui um sistema que deve ser seguido a fim de se obter sucesso. Como aponta Alberto (2013), o processo segue a necessidade de impermeabilizar a laje, agregar um sistema de drenagem, preparar o solo e plantar a vegetação. A figura 7 descreve detalhes da estrutura do telhado verde.



Figura 7 – Estrutura do telhado verde. Fonte: ECO TECNOLOGIAS (2021).

Cada camada de vegetação, substrato, tecido permeável, sistema de drenagem, proteção, membrana impermeabilizante e estrutura do telhado são explicadas detalhadamente no quadro 2.

Quadro 7 – Componentes do telhado verde.

Componentes	Características
Camada Vegetal	É a camada de vegetação (as aplicações das plantas precisam ser compatíveis com os tipos de telhado verde).
Substrato	É o espaço de desenvolvimento da vegetação que proporciona água e nutrientes.
Geotextil (tecido permeável)	É a camada responsável por filtrar e separar as camadas anteriores, a fim de evitar que as partículas finas saiam do substrato, permitindo também que a camada de drenagem seja eficaz.

Sistema de Drenagem	Esse sistema tem a função de reter o escoamento da grande quantidade de precipitação.
Camada Protetora (antirraízes)	Oferece uma cobertura física para a camada de impermeabilização em combate ao crescimento das raízes da vegetação.
Impermeabilização	Tem por objetivo inibir a infiltração da água na cobertura, evitando e protegendo contra a umidade das precipitações.
Estrutura do Telhado	Estruturada para sustentar o carregamento das camadas subjacentes.

Fonte: ECO TECNOLOGIA (2021).

Essa técnica segue um viés ecológico oferecendo diversos benefícios para quem a instaura e para o meio ambiente. Alberto (2013) mostra que as principais vantagens são: oferecer à sociedade urbana uma maneira viável economicamente de se produzir alimentos e auxiliar no controle de enchentes, já que uma parte da água é retida e evaporada; proporcionar melhoria na qualidade do ar; garantir a regulação térmica da edificação (gerada pelas camadas); promover isolamento acústico, avanço na biodiversidade (agregando pequenos animais) e progresso na qualidade da água (pode ser filtrada com a vegetação) (ECO TECNOLOGIA, 2021).

As desvantagens restringem-se ao custo de implantação e manutenção (de acordo como tipo de telhado verde escolhido), sistemas de escoamento mais complicados, em caso de conserto, poderão ser mais caros e algumas coberturas precisam de estruturas mais resistentes (FERREIRA; COSTA, 2010).

2.5 Dificuldades na Construção Sustentável

Ferreira e Costa (2010, p. 56) ressaltam que são poucas as desvantagens do telhado verde. O que pode ser considerado como tal é a questão do custo de implantação de sistema e sua manutenção, que é um pouco mais elevado que um telhado convencional com telha de cerâmica. Este custo de instalação é de aproximadamente R\$150,00 o m², incluindo todos os materiais e serviços necessários. O custo pode ser relativamente elevado, porém o retorno deste investimento surge ao longo do tempo a partir da instalação da

estrutura. Segundo Ferreira e Costa (2010, p. 58 apud PEREIRA, 2010): as desvantagens da instalação do telhado verde são as seguintes: Sistema construtivo mais caro, mas rapidamente compensado pela poupança energética; Custos de manutenção podem ser maiores, dependendo do tipo de cobertura verde escolhida para a estrutura de telhado verde; Sistemas de escoamento mais complexos, que saem mais caros em caso de reparação;

Alguns tipos de coberturas verdes necessitam de estruturas mais resistentes para suportar o peso adicional da estrutura do telhado verde. Mesmo com pequenas desvantagens, a relação custo e benefício é atrativa.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho seguiu uma abordagem que é caracterizada como pesquisa qualitativa. Esse tipo de pesquisa tem como objetivo o entendimento de informações que não podem ser quantificadas, aderindo um método de compreensão do universo amostral. Os dados coletados neste estudo são descritivos, retratando o máximo possível de elementos da realidade estudada, em que se concentram mais no processo do que no produto (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Quanto aos objetivos, esta pesquisa é classificada como exploratória. A pesquisa exploratória tem o intuito de se aproximar mais do problema da pesquisa quando ele está na fase preliminar, fornece mais informações sobre os temas a serem estudados para que possam ser definidos e divididos, ou seja, ajuda a determinar temas de pesquisa, orientar a formulação de objetivos e hipóteses, ou descobrir novas pesquisas e métodos (GERHARDT *et al.*, 2009).

O procedimento empregado neste trabalho configurou-se em pesquisa bibliográfica por intermédio de dados já elaborados e disponíveis na literatura. Esse procedimento é realizado com o levantamento de fontes secundárias por meio de livros, artigos científicos, monografias, dissertações e teses.

A pesquisa foi realizada em maio de 2021 e a coleta de dados foi composta por toda a literatura relacionada ao tema da pesquisa, nos seguintes bancos de dados: *Scielo*, *Google Acadêmico* e *Periódicos Capes*, além de sites relacionados ao assunto. As palavras-chave utilizadas foram: construção civil, construção sustentável, telhado verde e sustentabilidade.

Para compor os critérios de inclusão, foram selecionados trabalhos elaborados no idioma português entre os anos de 2010 e 2020. Para os critérios de exclusão, não

foram aceitos estudos que não estavam de acordo com o tema da pesquisa e nem os de anos anteriores aos que foram determinados na pesquisa.

A análise dos dados foi realizada por meio da leitura criteriosa dos trabalhos identificados na revisão bibliográfica. Foram selecionados e compilados cinco estudos de autores que estudaram sobre os benefícios do telhado ecológico para a sustentabilidade na construção civil. Os dados identificados foram organizados em um quadro contendo os seguintes tópicos: o título do trabalho, o nome do autor/ano de publicação e custo-benefício do telhado verde.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionados cinco artigos (quadro 1) que abordam e preconizam a utilização do telhado verde na construção civil, além dos custos e benefícios que implicaram na sua implantação.

Quadro 1: Autores que abordaram sobre o telhado verde:

Título	Autor/ano	Custo-benefício
Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura	Savi (2012)	O autor discutiu a respeito do custo e peso elevado à vida útil do telhado verde comparando com o telhado convencional a fim de tornar mais visíveis as diferenças existentes entre eles.
Cobertura verde: estudo de caso no município de São José dos Campos - SP	Neto (2014)	O autor optou por um projeto que demonstrou através de um estudo de caso a utilização da cobertura verde em um edifício em construção no município de São José dos Campos (SP).

Viabilidade técnica e econômica para um telhado verde para Município de Varginha/MG	Oliveira (2018)	Na busca pela apresentação de um projeto que seja agregador à cidade de Varginha (MG), o autor definiu o custo-benefício por meio de ilustrações do empreendimento que implantaria o telhado verde.
Proposta de implantação de telhado verde em uma escola no município de Borba/AM	Colares (2019)	Para alcançar os objetivos propostos, o autor abordou a execução do projeto baseando-se na planta da escola.
Telhado verde: uma proposta sustentável para a construção civil	Santos <i>et al.</i> (2017)	Os autores realizaram uma pesquisa de revisão bibliográfica objetivando demonstrar a utilização benéfica do telhado verde dentro da construção civil, bem como, seus custos como uma técnica crescente no Brasil.

Fonte: SAVI (2012); NETO (2014); SANTOS *et al.* (2017); OLIVEIRA (2018); COLARES (2019).

Dentre os artigos analisados, é notório que o denominador comum entre eles seja a abordagem do custo-benefício do telhado verde, bem como a comparação com os telhados tradicionais e suas noções em longo prazo.

A concretização do telhado verde se mantém diretamente por meio da utilização de materiais da construção de fácil acesso. Savi (2012) correlaciona o custo à vida útil por meio das fundamentações a quem recorre. Foram destacados alguns autores que permitiram a conclusão de que o telhado verde é uma técnica economicamente viável e que deve ser incentivada pelo poder público.

Savi (2012) ressalta ainda os valores da implantação na Alemanha (\$18,50 m²) e nos Estados Unidos (\$47,30 m²) no período do ano 2006 e que, em comparação com o Brasil, necessita-se de domínio e transmissão de conhecimento sobre a técnica.

Paralelo ao âmbito dos valores estrangeiros, Neto (2014) traz uma pesquisa destacando a viabilidade econômica da técnica de acordo com uma estimativa de preços apresentada na tabela 1 dentro dos padrões brasileiros.

Tabela 1 – Materiais para composição do telhado verde e valores estimados

Materiais	Valores estimados
Vegetação	R\$10,00/m ²
Substrato	R\$10,00/m ²
Camada drenante	R\$15,00/m ²
Suporte	R\$30,00/m ²
Mão de obra	R\$30,00/m ²

Fonte: Adaptado de Neto (2014).

A partir da pesquisa de Neto (2014), foi identificado um custo total de R\$95,00/m² e, com a consideração do acréscimo de 15% referente ao frete dos materiais, o autor define este custo total como R\$110,00/m². Além disso, Neto (2014), salienta que este preço está dentro dos valores estipulados por empresas especializadas (entre R\$100,00 a R\$150,00 por metro quadrado). Assim, o estudo chegou à conclusão de que em se tratando de custos totais, a implementação fica entre os valores de R\$7.150,00, sendo o alto preço compensado pelos benefícios.

Savi (2012) também relatou em seu trabalho que o telhado verde tem um custo maior que o telhado convencional e uma sobrecarga na estrutura, sendo essa relatada como uma das causas de patologias que impedem a disseminação desse tipo de tecnologia. Entretanto, o autor apresentou, em seu trabalho, novas alternativas para construção sustentável. Apontou o sistema de telhado verde com estrutura de madeira e chapa de compensando e sistema vernacular de telhado verde como uma opção mais viável com menor custo entre todos os sistemas analisados.

Similarmente, Oliveira (2018) expôs uma estimativa de valores a respeito do projeto realizado em uma residência de dois pavimentos com o total de 212,30 m² de área construída e 169,41 m² de cobertura por meio de uma tabela quantitativa com pesquisas realizadas pelo SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices

da Construção Civil) e a partir do comércio local de Varginha/MG, demonstrada resumidamente na tabela 2.

Tabela 2 – Materiais para composição do telhado verde e valores estimados

Materiais	Valores estimados
Vegetação	R\$10,00/m ²
Substrato	R\$10,00/m ²
Camada drenante	R\$15,00/m ²
Suporte	R\$30,00/m ²
Mão de obra	R\$30,00/m ²

Fonte: Adaptado de NETO (2014).

Dentro das estimativas de Oliveira (2018), o custo total foi de R\$12.757,21 sendo R\$ 75,30 m², enquanto o telhado convencional possui um preço de R\$15,06 m². Conforme os outros autores, Oliveira (2018) também chegou à conclusão de que, apesar do alto custo de implantação, o valor é suprido por meio dos grandes benefícios proporcionados pelo telhado verde.

Oliveira (2018) também abordou sobre a sobrecarga na estrutura, sendo necessária uma estrutura que suporte o peso do telhado verde. Em uma construção que já existe, para implantar esse tipo de telhado, seria necessário reforçar a estrutura acarretando um custo mais alto em relação a uma estrutura que ainda não foi construída. Recomenda-se, portanto, considerar as cargas do telhado na fase de projeto para que o custo final da edificação seja menor.

Para Colares (2019) ao analisar as possibilidades de inserção do telhado verde em uma escola no município de Borba (AM), o autor destacou a importância da utilização de um telhado verde extensivo por se adequar melhor às especificações do local. Apesar do alto custo, como dito anteriormente, os autores entram em consenso ao salientar as vantagens garantidas em longo prazo. Como Colares (2019) destaca, a vida útil prolongada que a cobertura verde possui é de 36 anos por conta das camadas que compõem o telhado, estendendo os anos dele.

Seguindo essa mesma linha de pensamento, Santos *et al.* (2018) estabeleceram dados referentes à composição orçamentária para maior entendimento e optou por realizar um estudo de revisão bibliográfica. Assim, ao abordar os custos da implantação do telhado verde, basearam-se em uma empresa especializada em

ofertar esse serviço. Os autores elaboraram uma tabela explicitando os custos de acordo com três sistemas principais e esses valores referem-se à instalação do telhado verde em uma cobertura de laje plana.

Sistema	Custo em R\$ por m ²
Laminar	76,55
Alveolar	87,75
Modular	66,00

Figura 8 – Custos do telhado verde de acordo com os sistemas. Fonte: SANTOS et al. (2017).

Diante dos custos mencionados, é evidente que o telhado verde é uma técnica de alto custo e pouco reconhecida no Brasil. Dessa forma, com a ausência de empresas especializadas torna a disseminação dessa prática milenar mais dificultosa. Ainda assim, com os valores superando os do telhado convencional, a cobertura verde, além de proporcionar diversos benefícios, possui uma longa vida útil ainda maior que a dos telhados tradicionais.

Como forma de melhor visualizar a atuação dos prós e contras da técnica, o quadro abaixo versa a respeito disso a partir da visão de Santos *et al.* (2017); Santos (2018) e Oliveira (2019).

Quadro 9 – Vantagens e desvantagens do telhado verde

Vantagens	Desvantagens
Redução do pico de escoamento	Ausência de conhecimento sobre a técnica
Eficiência energética	Falta de incentivo para a implantação

Dentre as vantagens observadas, Oliveira (2019) ressalta a redução do pico de escoamento por meio da retenção da água da chuva pela vegetação e pelo substrato e posterior liberação para o ambiente com a evapotranspiração. No que tange à eficiência energética, Santos *et al.* (2017) apontaram que o conforto térmico é proporcionado pela redução dos gastos com resfriamento do ambiente.

Referente à redução das ilhas de calor, Santos (2018) descreveu que, por conta dos processos de desmatamento e crescimento das cidades, as construções e pavimentos absorvem a energia solar e criam concentrações de calor formando essas ilhas de calor nas áreas com maior população. Assim, com o uso dos telhados verdes, uma parcela significativa das coberturas das cidades poderia alcançar reduções de 1°C a 2°C.

A respeito da melhora na qualidade do ar, Santos (2018) apontou que os telhados verdes podem atuar como uma solução aos efeitos da poluição atmosférica ao diminuir e filtrar a poluição, auxiliando no aumento da qualidade do ar e da redução de problemas respiratórios. Sobre a estética urbana e valorização do imóvel, Santos *et al.* (2017) definem que, com o crescimento da valorização dos jardins nas cidades, o telhado verde proporciona um local de destaque ao imóvel por conta de sua diferenciação e, esteticamente, possui uma visão agradável.

A partir do que definiu Oliveira (2019), o telhado verde pode ser um grande agente atuante na devolução da biodiversidade às cidades, como a atração de borboletas, besouros, joaninhas, entre outros. Santos *et al.* (2017) ainda conceituaram a possibilidade de uma agricultura no meio urbano por meio dos telhados verde.

Entre as desvantagens, Santos (2018) apontou que estas possuem um caráter pautado na falta de conhecimentos sobre a prática o que gera a falta de incentivo para a implantação e a redução de empresas especializadas. Também interferem o alto custo na implantação e manutenção da técnica e a sobrecarga na estrutura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos dados, concluiu-se que o telhado verde possui um custo alto de implementação/manutenção e sobrecarga na estrutura em comparação ao telhado convencional. Entretanto, apesar de os autores confirmarem o elevado custo da implantação do telhado verde, é perceptível que essa técnica é muito mais viável do que o telhado convencional devido aos benefícios mencionados, como: a redução do custo de energia elétrica, diminuição de enchentes, melhora da temperatura, entre outros.

Nesse sentido, o que se deve ser feito para que essa técnica seja difundida é criar políticas públicas de incentivo a sua utilização, mostrando suas vantagens para uma construção civil sustentável. Além disso, buscar formas para diminuir o custo de

implementação, utilizando materiais com um custo/benefício melhor e mais atrativos. Além disso, novos estudos acerca do assunto também são importantes para que essa técnica seja mais conhecida pela sociedade.

Sendo assim, o estudo sobre o telhado verde foi de suma importância e proporcionou grande aprendizado acerca do assunto. Fazendo-se perceber que, devido ao atual cenário mundial e a busca por alternativas mais sustentáveis para preservação do meio ambiente, essa técnica precisa ser mais estudada e aperfeiçoada, seja por meio do uso das atuais tecnologias, seja na retomada de antigos hábitos/costumes, a fim de minimizar os impactos ocasionados, principalmente, pelo processo de urbanização.

Por fim, as pessoas precisam se conscientizar e se informar mais. É importante perceber que o desenvolvimento urbano necessita ocorrer de forma sustentável e consciente, respeitando o meio ambiente, utilizando seus recursos de forma eficaz e eficiente. A construção sustentável é uma das formas de contribuir para um ambiente saudável e equilibrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTO, E. Z. *et al.* **Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis.** Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress. 2013. p.171-173. AMBIENTE GAIA. Telhado Ecológico. 2013. Disponível em: <<http://www.ambientegaia.com.br/noticias.php?p=41>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

ALMEIDA, S. C.; BRITO, G. P.; SANTOS, S. M. Revisão Histórica dos Telhados Verdes: da Mesopotâmia aos dias atuais. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.2, n.1, p. 042-051, 2018.

ANGELOS NETO, G. **Gestão de Resíduos Sólidos na Cidades Litorâneas do Estado do Paraná.** 366 f. Tese (Pós-Doutorado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2015.

ARAUJO, A. A. **A moderna construção sustentável.** [S.l.]: IDHE. Disponível em: <https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/01_moderna.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2021.

ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE. **Telhado Verde – Tipos e**

Implementação. [S.I.]: Arquitetura E Sustentabilidade, 2012. Disponível em: <<https://arquiteturaesustentabilidade.wordpress.com/2012/10/01/telhado-verde-tipose-implementacao/>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

BIOCLIMATISMO. **Telhado Verde.** Disponível:<<https://bioclimatismo.com.br/telhado-verde/>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

BUILD UP. **Quais são os diferentes tipos de telhado verde?** [S.I.]: Build Up, 2017. Disponível em: <<http://www.buildup.eu/en/learn/ask-the-experts/which-aredifferent-types-green-roofs/>> Acesso em: 10 jun. 2021.

COLARES, K. F. Proposta de implantação de telhado verde em uma escola no município de Borba/AM. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 01, n. 000160, p. 1-19, abr. 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Brasília: DOU, 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 08 jun. 2021.

CP PAISAGISMO. **Telhado verde saiba o que é e para que serve.** Disponível em: <<https://cppaisagismo.com.br/telhado-verde-saiba-o-que-e-e-para-queserve/>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

ECO TECNOLOGIAS. **Telhados Verdes – Conceito.** Disponível em: <http://ecotecnologias.org/?page_id=561>. Acesso em: 10 jun. 2021.

FARIAS, V. B. **Terraço verde:** aplicação nas edificações de Curitiba. 2019. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gerenciamento de Obras) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

FERREIRA, B. Z. M.; COSTA, C. C. **Sustentabilidade nas edificações:** telhado verde. 2010. 112f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Positivo, Curitiba 2010.

GERHARDT, T. E. *et al.* **Estrutura do projeto de pesquisa.** Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 67-90, 2009.

GUIMARÃES, G. **Sustentabilidade.** [S.I.]: Meio Sustentável, 2019. Disponível em: <<https://meiosustentavel.com.br/sustentabilidade/>>. Acesso em: 09 jun. 2021.

HOLANDA, R. M.; SILVA, B. B. Cerâmica Vermelha – Desperdício na Construção Versus Recurso Natural Não Renovável: Estudo de Caso nos Municípios de Paudalho/PE e Recife/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 4, p. 872-890, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa anual Indústria Construção**. v. 22. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/PAIC2012.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano**. Brasília: IPEA, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Relatório Construção Civil. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos na Construção Civil**. Brasília: IPEA, 2012. Disponível em: <www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf>. Brasília, 2012. Acesso em: 08 jun. 2021.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V.; GOLDEMBERG, J. **O desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Editora Blucher, 2011.

NETO, A. C. O. **Cobertura verde: estudo de caso no município de São José dos Campos – SP**. 2014. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, S. H. R. **Telhado verde: Uma possibilidade sustentável**. 2019. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Brasília: ONU. Disponível em: <<https://brasil.un.org/ptbr/sdgs>>. Acesso em: 08 jun. 2021.

OTOBO, A. O.; SANTANA, A. C.; COSTA, C. F. Índice de responsabilidade socioambiental empresarial no distrito administrativo De Icoaraci (Daico), Belém – Pará. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 287-310, jan./abr. 2016.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Guia PCS – Produção e Consumo Sustentáveis**, 2016. Disponível em: <<http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/assets/conteudo/uploads/dma-guia-pcsweb.pdf>>.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTOS, L. R. L. *et al.* Telhado verde: uma proposta sustentável para a construção civil. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Alagoas, v. 4, n. 2, p. 195-205, nov. 2017.

SANTOS, L. C. **Análise do custo-benefício da implantação do sistema construtivo de telhado verde em uma edificação no município de Barra do Garças – MT.** 2018. 96 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2018.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM. **Série Meio Ambiente: Educação Ambiental.** Brasília: SENAI/DN, cap. 4, 2012.

SILVA, A. C. B. *et al.* **Século XXI Cupinzeiro: estrutura e construção sustentável.** **Exacta**, Belo Horizonte, v.4, n.2, p. 75-85, 2011.

TEODORO, N. F. G. **Contribuição para a Sustentabilidade na Construção Civil: Reciclagem e Reutilização de Materiais.** 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, 2011.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. **A sustentabilidade dos materiais de construção.** 2. ed. Portugal: TecMinho, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1822/28852>>. Acesso em: 09 jun. 2021.

VECHI, N. R. G.; GALLARDO, A. L. C. F.; TEIXEIRA, C. E. Aspectos ambientais do setor da construção civil: roteiro para a adoção de Sistema de Gestão Ambiental pelas pequenas e médias empresas de prestação de serviços. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, [S.l.], v. 11, n. 1, 2016.

WIECZYNSKI, V. J. **Construções mais sustentáveis: alternativas para uma habitação de baixo custo econômico.** 2015. 13 f. Monografia (Especialização em Captação de Recursos e Projetos de Investimento) – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Chapecó, 2015.

CONTROLE DE ENCHENTES: DETENÇÃO DOS ESCOAMENTOS DO CÓRREGO PURYS- TRÊS RIOS- RJ

ACADÊMICOS: Walber Luiz Oliveira Rosa e Matheus Lima Pimentel.

ORIENTADOR: Prof. *Esp.* Leonardo Martins Sleutjes.

LINHA DE PESQUISA: Saneamento e Meio Ambiente.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar controle de enchentes-detenção dos escoamentos do córrego Purys- Três Rios- RJ. As inundações refletem fatores da urbanização precária, alterações dos cursos d'água que, por vezes, são retificados, remoção de cobertura de matas ciliares, ocupação das desordenada das margens, impermeabilização do solo. A metodologia utilizada nesta pesquisa foi baseada em coleta e leitura de material bibliográfico e uma pesquisa de campo. Resultado são os problemas ocasionados, em sua maioria, pela ocupação desordenada que se ocorreu em todo país há vários anos, estes problemas se intensificam a cada ano. Concluímos com este estudo que por alvo microbacia do córrego Purys, mostrando os problemas com as inundações na cidade de Três Rios, que possivelmente são consequência deste histórico de ocupação e alterações na macrodrenagem natural dos córregos e rios que os banham. Faz-se necessário um planejamento para a sua recuperação nas áreas ocupadas e uma avaliação da macrodrenagem da bacia.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de Enchentes; Detenção dos Escoamentos; Drenagem.

1. INTRODUÇÃO

Na maioria das cidades brasileiras a cada período de chuvas, acontecem inúmeros problemas com alagamentos e inundações. As inundações refletem fatores da urbanização precária, alterações dos cursos d'água, por vezes são retificados, remoção de cobertura de matas ciliares, ocupação desordenada das margens, impermeabilização do solo, e outros mais (SILVA, 2018).

Assim, a ocupação desordenada do solo que ocorre em todo país há vários anos, faz com que esses problemas se intensifiquem a cada ano. O crescimento da população, a diminuição das áreas das matas ciliares e as fortes chuvas dos últimos anos acabam acarretando inúmeras inundações (SILVA, 2018).

Os componentes sociais em relação à habitação, à saúde, ao saneamento e a outros aspectos devem ser bem estudados e conhecidos. Com avanço das inovações no geral e dentro da construção civil, gera-se uma infinidade de ferramentas para solucionar esses problemas pelos quais dezenas de famílias brasileiras estão passando. Há várias formas de conter uma enchente, desde criação de um projeto de drenagem até uma melhoria no sistema já utilizado. O sistema que foi analisado foi o famoso "piscinão", comumente conhecido por ser uma estrutura, capaz de conter a água da chuva para que ela faça um escoamento controlado, a fim de não sobrecarregar o sistema de drenagem (MARINHO, 2021).

O presente estudo apresenta os problemas com inundações nas diversas cidades do país e, com base em bibliografias, pesquisas de campo e obras já criadas no mesmo segmento, analisará possíveis soluções para a cidade de Três Rios, que sejam eficazes e economicamente viáveis.

A justificativa deste trabalho está na necessidade de se conhecer e obter mais informações sobre o problema de drenagem nesta área da cidade, principalmente por se tratar da área em que o Campus da Universidade Vértice Trirriense está inserido. Isso proporcionará aos discentes e docentes do curso de Engenharia Civil da referida instituição a oportunidade de retornar à sociedade possíveis soluções para o problema de inundação. Será possível, ainda, buscar dados e técnicas aprovadas e eficientes em cidades brasileiras e até de outros países possíveis de serem implantadas na cidade de Três Rios.

Em uma pesquisa de campo identificou-se que há alguns trechos do canal do córrego Purys cujas seções não suportam as vazões estimadas para a bacia nos períodos de maior volume de precipitações. Acarretadas pelo sistema de drenagem

urbana e o aumento no volume de precipitações, essas ocorrências de alagamentos têm incidido na cidade de forma frequente e grave. Segundo Canholi (2014), deve-se buscar soluções estruturais e não estruturais e principalmente conhecer bem os fenômenos climáticos, hidrológicos, ambientais e a hidráulica do problema. Além disso, os componentes sociais em relação a habitação, a saúde, saneamento e outros aspectos devem ser bem estudados e conhecidos.

Por isso uma intervenção na solução desses problemas se faz necessária, ações de conscientização da população sobre como suas ações podem influenciar significativamente no aumento dos efeitos dessas enchentes.

As causas mais comuns das enchentes nas cidades estão relacionadas com os efeitos nocivos de algumas práticas humanas sobre o meio ambiente. A primeira delas é a poluição excessiva, que entope bueiros e galerias construídas para reter e impedir o acúmulo de água das chuvas nas ruas. Essa poluição também aumenta o volume dos rios e faz com que eles inundem uma área maior do que o normal (PENA, 2014, p.89).

No caso da bacia do Purys, será necessário avaliar a capacidade de escoamento da macrodrenagem do córrego e de sua adequação ao cenário atual. É necessária, também, uma projeção a um cenário futuro de mudanças climáticas, considerando, assim, a urbanização no ritmo atual e a necessidade de acondicionamento e preservação das áreas ainda intocadas. Acrescentam-se a essas medidas, a verificação das implicações legais ao uso e na recuperação de APPs e implantação de parques lineares em áreas propícias e a proposição da inclusão de APPs e parques lineares nos Planos Diretores Municipais (PDMs) (SILVA, 2018).

O planejamento de drenagem deve ser entendido como parte de um abrangente processo de planejamento urbano e, portanto, coordenado com demais planos, principalmente os de saneamento básico (água e esgoto), uso do solo e transportes.

Na bacia do Purys há trechos de pequena urbanização e outros de maior urbanização. De acordo com Tibola, Tiepo, Londero, Kalil, (2014, pág.2, *apud* Liu, Chen e Peng, 2014) existem as áreas impermeáveis que são as calçadas, vias de tráfego, pátios e estacionamentos e áreas edificadas, diminuindo, assim, a infiltração das águas de precipitações no solo. Os trechos sem pavimentação e ocupação do solo são as áreas de matas e pastagem, vias sem pavimentação, jardins e gramados que podem ser conservadas ou, no futuro, receber um tipo de pavimento que propicie manter o nível de permeabilidade. São trechos em que podem ser instalados reservatórios de contenção de vazão, auxiliando para uma vazão controlada mais a

jusante. São os famosos “Piscinões”, parques lineares proporcionando um local para receber o volume das águas de inundações e utilização pela população em épocas de seca. Ainda mais a jusante se apresenta a área mais crítica em relação a ações diretas pois, nesse trecho, já não há áreas sem solo revestido. Para ações mais diretas, o poder público teria que lançar mão de muitos recursos indenizatórios e haveria um grande impacto no deslocamento de famílias que residem ali há anos, muitas há décadas.

O objetivo deste trabalho é analisar controle de enchentes-detenção dos escoamentos do córrego Purys- Três Rios- RJ. Os objetivos específicos são: descrever o referencial teórico sobre as águas em nosso planeta; coletar dados por meio de revisão bibliográfica que se enquadrem na realidade vivida e encontrada na atual situação da bacia do córrego; analisar comparativamente as características geomorfológicas da bacia, tanto quanto a as características sócias ambientais da mesma e analisar e dimensionar o escoamento enquanto a capacidade de drenagem e escoamento da bacia e seu talvegue.

Este artigo, que está dividido em quatro tópicos, no primeiro a introdução, no segundo descreve o referencial teórico, que mostra a água no planeta terra. No terceiro retrata a metodologia e no quarto a análise discussão dos dados. Por último, as considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água do planeta sempre obedece a um ciclo que é chamado de ciclo hidrológico. “O ciclo da água é o permanente processo de transformação da água na natureza, passando de um estado para outro (líquido, sólido ou gasoso)” (BATISTA, 2021, p.70).

As águas no estado líquido na superfície do planeta evaporam pela ação de aquecimento pela energia irradiada do sol, pela evapotranspiração das plantas e do solo como mostra a figura 1 (BATISTA, 2021).

Figura. 1 – Ciclo Hidrológico



Fonte: <https://www.cpt.com.br/artigos/ciclo-hidrologico-como-explicar-esse-conceito>, 2021.

O termo evapotranspiração foi utilizado pela primeira vez, em 1944, por Thornthwaite & Wilm, em referência à ocorrência simultânea da água presente no solo e à transpiração dos vegetais. Para o autor, essas águas que passaram do estado líquido para o estado gasoso se elevam para a atmosfera e se juntam e condensam voltando ao estado líquido e caindo de volta em forma de chuvas, precipitações. Essas precipitações caem na superfície terrestre em determinadas áreas que, pela sua geomorfologia, fazem com que as águas escoam para determinados pontos mais baixos, podendo se infiltrar no solo que apresentem uma boa absorção e escoam de forma subterrânea ou se tornam fluxo de escoamento superficial, até os canais e áreas mais baixas. Essa determinada área denominou-se bacias hidrográficas, figura 2, ou seja, é um determinado terreno em que suas áreas são limitadas topograficamente em seus pontos mais altos, “mais a montante” e suas águas são direcionadas a escoar para os pontos mais baixos, “a jusante e exutório”(SANTOS, 2013).

Figura.2–Esquema representando bacia hidrográfica



Fonte: Google imagens adaptado

Fonte: <https://noticias.botucatu.com.br-2017>.

Todo rio tem sua calha natural chamada curso d'água. Essa calha, também denominada leito menor, resume-se ao nível alcançado pelas águas em tempos de estiagem ou pouco volume de precipitações. Os rios também apresentam um leito em que, possivelmente, seja invadido por suas águas em tempos de maior volume de precipitações. A esse leito chamado de leito maior ou várzea (figura 3). “Eventualmente, dependendo do curso d'água e das condições meteorológicas e locais, o leito maior é inundado, provocando as cheias em sua área” (PENA, 2014, p.21).

Figura 3 – Esquema de um rio, com o seu leito maior e menor representados.



Fonte: <https://brasile scola.uol.com.br/geografia/enchentes.htm-2021>

2.1 Detecções de escoamentos

Obras e equipamentos de detenção de escoamentos têm a finalidade reduzir o pico de enchentes por meio do amortecimento das ondas de cheia, realizando armazenamento de parte do volume que escoaria normalmente pelo canal do córrego (CANHOLI, 2014).

2.2 Retenção na fonte

Retenção na fonte consiste na retenção de volume de águas pluviais próximo ao escoamento direto, ou seja, próximo às áreas mais a montante e principalmente nas áreas urbanizadas. São as águas que precipitam nas coberturas e terrenos dos imóveis. Grande exemplo é a lei: 13276/02 de 05 de janeiro de 2002, na cidade de São Paulo, que, em seu artigo 1º, estabelece:

Nos lotes edificados ou não que tenham área impermeabilizada superior a 500m² deverá ser executado reservatórios para acumulação das águas pluviais como condição para obtenção do Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização previstos na Lei 11.228, de 26 de junho de 1992 (JUS BRASIL, 2021, p.45).

No seu artigo 2º, a lei ainda estipula a forma de cálculo do volume a ser retido.

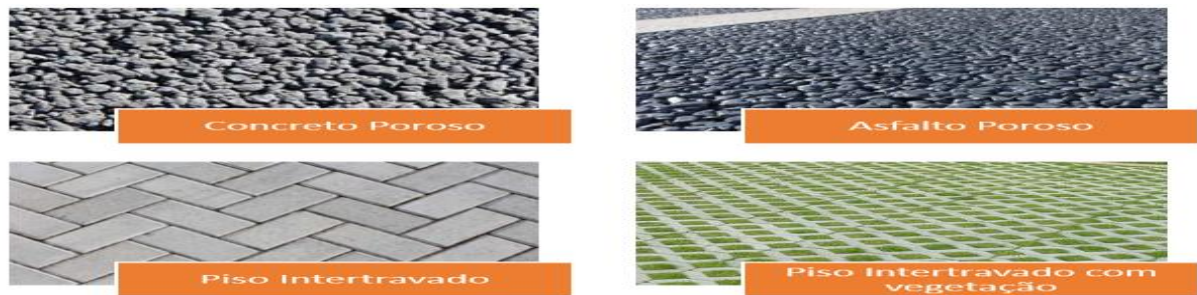
Art. 2º - A capacidade do reservatório deverá ser calculada com base na seguinte equação:

$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$, V = volume do reservatório (m³), A_i = área impermeabilizada (m²), IP = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h, t = tempo de duração da chuva igual a uma hora (JUS BRASIL, 2021, p.46).

Tendo em vista no exemplo dessa lei, o volume a ser retido por imóvel com área igual ou maior que 500m², mostrado na figura 4, é (BONNECARRÉRE, 2017):

$$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t \implies V = 0,15 \times 500 \times 0,06 \times 1 \implies V = 4,5 \text{ m}^3$$

Figura 4 – Revestimentos permeáveis



Fonte: <https://engenharia360.com>.

Ainda no mesmo artigo da referida lei, o inciso 2º determina que as águas retidas pelo reservatório deverão, preferencialmente, infiltrar-se no solo, podendo ser despejadas na rede pública de drenagem após um período mínimo de uma hora de chuva. Também podem ser conduzidas para outro reservatório para serem utilizadas com outras finalidades desde que não sejam para consumo humano. Essas ações colaboram muito para que seja retido um grande volume de escoamento superficial e, conseqüentemente, menor volume a jusante. Além disso afirma que: “o proprietário não tem o direito de provocar inundações para jusante e passar os custos de controle para a sociedade”. Este exemplo mostra o aumento a área permeável do solo colabora para o abastecimento de aquíferos, diminui o volume de escoamento superficial, colabora para diminuir a sobrecarga no sistema de drenagem e respeita as vazões de restrição. Assim, economicamente também é relevante, tendo em vista que o volume de água retida pode ser usado para diminuir a quantidade de água utilizada nas companhias abastecedoras (BONNECARRÉRE, 2017).

2.3 Controle a jusante

O controle de vazão a jusante pode ocorrer de vários tipos, sendo eles: retenção, detenção e condução.

Mano (2008) afirma que retenção de vazão ocorre quando o escoamento é retido em determinado ponto propício e descarregado o mais posteriormente possível ao evento. Nesse sistema, há sempre um volume retido que pode ser aproveitado para fim de irrigação, recreativo, entre outros exemplos. Um exemplo disso é o próprio lago do América FC, na própria bacia do córrego Purys. Este lago, atualmente, foi preparado para que tenha essa função na bacia do córrego Purys, como mostra a figura 5.

Figura. 5 – Lago do América FC-TR.



Fonte: Prefeitura de Três Rios-2021.

A detenção de vazão ocorre quando o armazenamento do volume vazão é feito em curto prazo, com diminuição do pico de vazão de saída a um volume menor ao de entrada. O volume de água descarregada é igual ao de entrada, apenas distribuído em um tempo maior. Geralmente o equipamento de detenção tem seu volume descarregado no mesmo dia e essa área é mantida normalmente seca e pode ser utilizada como parque linear e áreas de lazer. Um exemplo de equipamento de detenção é o *Metropolitan Area Outer Underground Discharge Channel (MAOUDC)*, como mostra a figura 6 (BONNECARRÉRE, 2017).

Figura. 6 – Tanque “Catedral” do sistema antiinchentes Tóquio-Japão.



Fonte: <https://coisasdojapao.com/2019>.

Outro exemplo é o reservatório “Piscinão” da Praça da Bandeira, no bairro da Tijuca na cidade do Rio de Janeiro. Neste equipamento, as águas das chuvas na região do Maracanã são direcionadas para o reservatório cuja capacidade é de 18 milhões de litros e são paulatinamente descarregadas no córrego que drena até a Bahia de Guanabara.

Figura. 7 – Praça da Bandeira-Rio de Janeiro-RJ. **Figura. 8**– Sistema antiincheantes Praça da Bandeira.



Fonte: <http://www.rio.rj.gov.br-2015>

Mais um tipo de reservatório de retenção são os piscinões, podendo ser “*in stream*” que significa no fluxo do escoamento, ou seja, que é instalado na linha do canal do córrego; ou “*off stream*”, como mostram nas figuras 7 e 8, que significa fora do fluxo do escoamento, ou seja, é instalado ao lado do canal do córrego e recebe o volume excedente que transbordaria nas ruas, sendo direcionado para este equipamento, descarregando no canal do córrego em momento mais propício e mais a jusante (BREMBATTI, 2016).

Figura. 9 – Reservatório “*in Stream*”

Figura 10. Reservatório “*Off Stream*”



Fonte: confea.org.br-2017

Fonte: <https://www.ofitexto.com.br>-2017.

Condução de escoamento: é o modelo mais utilizado a muitos anos, consiste nos alargamentos dos canais e condução das vazões para áreas mais a jusante. Este sistema geralmente resolve o problema nos locais pontuais e que em muitos casos são áreas que devem ser protegidas por questões históricas, sociais, econômicas, entre outros, mas transferem o problema para áreas mais a jusante aumentando ali o pico de vazão e transformando ou intensificando os alagamentos, identificado na figura 11.

Figura. 11. Córrego do Lenheiro em São João Del Rei- MG



Fonte: Arquivo pessoal - 2021

3. METODOLOGIA

Esse trabalho tem a finalidade de trazer possíveis soluções para a drenagem urbana da bacia do córrego Purys. Para tanto, foi feita uma pesquisa aplicada alicerçada em diversos trabalhos acadêmicos, livros e sites na internet relacionados ao tema do trabalho. Foram pesquisados conceitos sobre a drenagem e recursos hídricos, buscando-se o entendimento das formas de cálculos em artigos de outros autores. Essa pesquisa se fez de forma descritiva e exploratória, tendo em vista que foi baseado em literaturas estudadas sobre o tema específico. Nessas fontes foram selecionados os conceitos necessários com o objetivo de encontrar a solução ideal e de forma exploratória, ou seja, fazendo uma pesquisa de campo em que foi possível coletar os dados necessários para adequar estes conceitos à realidade atual da bacia.

O sistema sugerido trata-se de uma iniciativa que proporciona um controle de vazões que permita um fluxo controlado das águas. Isto é, uma possibilidade de solução para o problema de drenagem do córrego Purys tanto no bairro de mesmo nome, quanto nas regiões a jusante no seu curso.

O método utilizado foi o hipotético dedutivo, pois está sendo analisado especificamente a bacia do córrego Purys na cidade de Três Rios. Essas soluções não necessariamente serão eficazes em outras bacias, pois cada bacia tem características próprias, seja pela sua geomorfologia, seja pelo tipo e nível de ocupação territorial, seja pela região e sua característica meteorológica etc.

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica não sistematizada, em que foram utilizados os seguintes critérios: artigos científicos publicados em periódicos nacionais, teses, dissertações e livros. Foi realizada, ainda, uma pesquisa de campo, onde foram colhidos dados para um conhecimento das particularidades da área e das condições e dimensão do curso d'água do Talvegue. O levantamento de dados topográfico dos locais se deu a partir de aplicativos eletrônicos como *Google Earth*, *Qgiz*, *Gps Visualizer*. Com essas ferramentas, foi possível levantar o máximo de dados disponíveis e economicamente viáveis a esta pesquisa. O país encontra-se em tempos de pandemia e nossa equipe que foi ao campo de pesquisa não possuía os equipamentos adequados para tal, como: equipamentos de topografia aferidos, *softwares* apropriados a área específica.

Foi desenvolvida a pesquisa bibliográfica a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos buscando conhecimento e informações científicas a respeito (GIL, 2007).

No levantamento topográfico foi analisada a profundidade e o comprimento que o reservatório poderá ter, pois ele mesmo não pode comprometer as casas vizinhas. Caso o espaço escolhido seja inadequado, será necessário buscar soluções mais a montante para que seja feita uma retenção ou diminuição da vazão do fluido antes desse ponto. Diante de todos os dados dessa pesquisa, levando em consideração aspectos geográficos, econômicos e sociais, acredita-se que essa seja uma opção, pois seria possível diminuir o volume de água excessivo que é levado às áreas a jusante do córrego descrita anteriormente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados tornaram possíveis conseguir informações sobre o controle de enchentes-detenção dos escoamentos do córrego Purys, Três Rios-RJ. As informações coletadas no caso da cidade de Três Rios mostram que há uma grande ocupação destas áreas de eventuais inundações. Essas áreas, muitas vezes por passarem um período sem serem ocupadas pelas águas dos rios, são exploradas para habitação ou para vias de locomoção nas cidades e em eventuais episódios de cheias acontecem os alagamentos.

Tratando-se de enchentes, não é possível excluir críticas ao mau planejamento urbano e à urbanização descontrolada vivenciados no Brasil. Tais temas se encontram vinculados e são influência direta a uma problemática, que somatizada às questões de mudanças climáticas, vem se intensificando ainda mais nos últimos anos. A ocupação das bacias hidrográficas tem ocorrido de forma intensa e desordenada, com usos inadequados do solo e da água (AZEVEDO, 2015, p.145).

O crescimento das áreas urbanizadas e as impermeabilizações do solo fazem com que cada vez mais o escoamento superficial seja maior e mais rápido a áreas a jusante, o que acarreta maior incidência de alagamentos nas cidades (AZEVEDO, 2015).

Esses dados comprovam que, nas décadas passadas, as soluções que a Engenharia procurou para solucionar os problemas de alagamentos sempre foram em pontos de caráter localizado e a ampliação dos canais de drenagem nos pontos mais críticos reduzem o impacto nessas áreas, mas fazem uma transferência de vazões que levam o problema direcionado mais abaixo. Todavia, com o natural aumento da ocupação mais a montante, cada vez mais será necessário alargar trechos, o que irá onerar os cofres públicos, por isso um sistema de controle de e retenção de vazão proporciona minimizar o problema de uma forma mais racional (CANHOLI, 2014).

Os resultados deste trabalho foram baseados nas orientações de projetos do DAEE-(Departamento de Água e esgoto e efluentes- SP). Será utilizado o método I PAI WU, modificado e elaborado pelo professor Doutor Kokei Uehara é indicado para bacias com mais de 2km² até 30 km² (MARINHO, 2021).

A bacia do córrego Purys consiste em uma microbacia hidrográfica de aproximadamente 6km², como retrata a figura 10. Essa bacia apresenta uma característica de uma ocupação de solo que vai de uma baixa ocupação em suas cabeceiras, ou seja, em sua área mais a montante, até uma densa ocupação nas suas áreas mais a jusante (SILVA, 2017).

Figura. 12. Microbacia do córrego Purys.



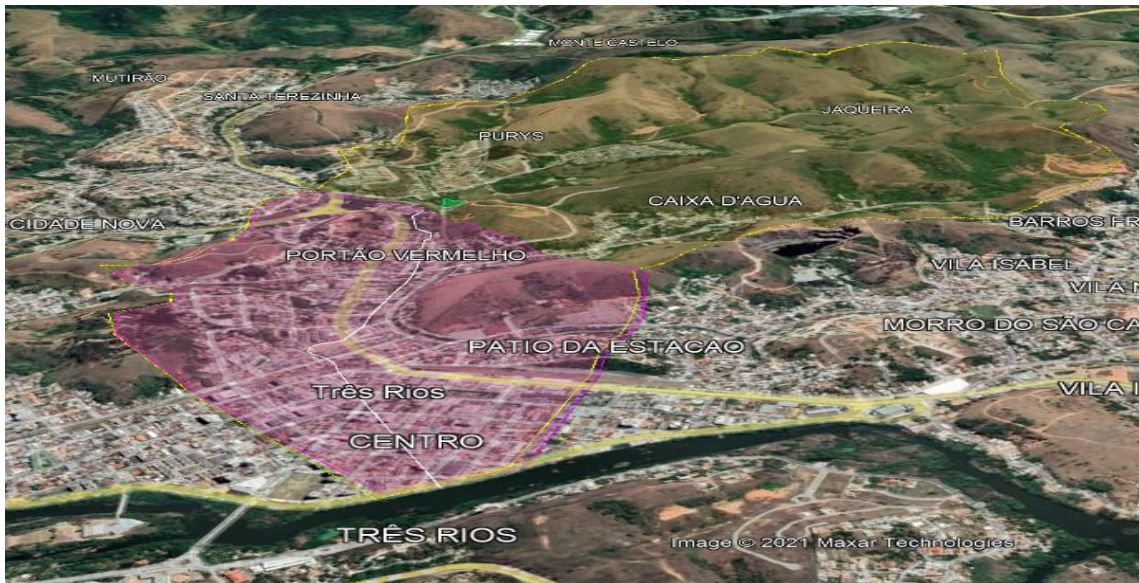
Fonte: SILVA, H; M. Macrodrenagem aplicada à sustentabilidade municipal em cenários de mudanças climáticas, 2018.

Seu talvegue com um comprimento de 5,37 km, vai de sua nascente a montante no bairro homônimo ao córrego e seu exutório no leito do rio Paraíba do Sul no centro da cidade. Como a intenção é encontrar soluções menos impactantes possíveis, a bacia foi dividida em 6 trechos distintos e com uma solução para que a vazão de cada trecho cause menor impacto possível a jusante.

Analisando os dados e cálculos foi usado a equação de Manning para condutos abertos e de escoamento livre. “Um conduto livre, nada mais é, do que um conduto em que o escoamento no líquido se dá com a pressão atmosférica atuando na superfície do líquido” (MARINHO, 2021, p.45).

A análise do córrego foi em escoamentos livres em canais abertos, pois a maioria do curso do córrego é para conduto fechado. Em escoamento livre, temos o trecho de galeria do centro da cidade no percurso entre a rua Ana Barbosa Pereira, no bairro Jardim Estrela, e o no bueiro que atravessa a linha férrea vindo do bairro Purys e o seu exutório no Rio Paraíba do sul, na avenida Prefeito Alberto Lavinias. Já no Trechos “I”, do Talvegue no centro de Três Rios o córrego tem dimensões de 3 m por 2,5m de altura, e é aconselhado deixar uma margem de folga entre 20 e 30% para que o conduto seja capaz de suportar o escoamento, além do assoreamento que pode diminuir a área da seção causando alagamentos. O escoamento nesse trecho é definido de forma livre, ou seja, não ocupa toda a seção do conduto.

Figura 13: Trecho I.



Fonte: Google Earth-2021

Figura 14: Fórmula da equação Manning.

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} \sqrt{i} \quad (6)$$

onde:

V = velocidade média (em m/s)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

i = declividade média (em m/m)

R_H = raio hidráulico (em m)

Neste trecho a cota mais a montante é a Barbosa Pereira de 282 m a partir do nível médio do mar e de 266m na sua foz. Então 282m-266m, logo um desnível de 16m. Para achar "i" usa-se a relação da diferença de cota a montante pela cota a jusante dividido pelo comprimento da galeria, é de 2.170m.

Assim "i" = Δh/L, Temos "i" = 16/2.170; "i" = 7,373x10⁽⁻³⁾m/m.

Através do coeficiente de rugosidade de Manning "n", indica galeria que é feita de Pedra argamassada e, por isso, será usado 0,025 conforme tabela 1 (Botelho, 2011).

Tabela 1- Coeficiente de rugosidade

REVESTIMENTO	n
Terra	0,035
Rachão	0,035
Gabião	0,028
Pedra argamassada	0,025
Aço corrugado	0,024
Concreto ⁶	0,018

Valores sugeridos pelo DAEE.

Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica-DAEE.

Portanto, o raio hidráulico é a relação entre a área molhada pelo perímetro da área molha; encontrado por meio da equação:

Figura 15: Fórmula do raio hidráulico.

$$R_H = \frac{A_m}{P_m}$$

com:

R_H = raio hidráulico (em m)

A_m = área molhada (em m²)

P_m = perímetro molhado (em m)

A área molhada “Am” com 3 m de largura multiplicado pela altura do escoamento 1,8m; então “Am” = 3*1,8 → Am= 5,4m².

O perímetro molhado o conduz com a base de 3m mais 2 vezes a altura 2m. Assim “Pm” = 3+(2x1,8); “Pm” = 6,6m

Para achar “Rh” basta calcular esta relação; Rh=Am/Pm Rh=5,4/6,6 Rh=0,818.

A partir da equação de Manning

$$V(\text{Velocidade}) = 1/n * Rh^{2/3} * \sqrt{i} \rightarrow V = (1/0,025) * (0,818^{2/3}) * \sqrt{7,373 \times 10^{-3}} \rightarrow V = 0,095 \text{ m/s}$$

Para obtenção da vazão do trecho, a velocidade agora podemos achar a vazão do trecho. Esse valor foi obtido pela equação da vazão.

Figura 16: Fórmula da vazão do trecho.

$$Q = V A_m$$

8

onde:

V = velocidade média (em m/s)

A_m = área molhada (em m²)

Q = vazão (em m³/s)

A velocidade do escoamento “V” já temos, a área molhada “Am” também já temos então: Q=0,095*5,4, logo Q=0,513 m³/s.

Esta é a capacidade máxima de escoamento para este trecho I.

O volume de detenção para o Trecho “III”, da nascente até o lago do América FC.

Figura 16: Trecho “III”.



Fonte: Google Earth-2021

Analisado os melhores lugares para que se instalassem equipamentos de retenção que minimizem esses efeitos recorrendo a planilhas desenvolvidas pelo Engenheiro Mestre José Costa — que por sua vez baseou-se nas obras Urbanas — , e utilizando um tempo de 2hs de chuva, intensidade de 99 mm/h e tempo de retorno de 100 anos para analisar a vazão e volume a ser retido em cada trecho. No trecho entre a nascente do córrego Purys até o lago do América FC, a bacia apresenta uma área de 1,25 km² e com uma área impermeabilizada em torno de 11%, e, portanto, uma predominância de escoamento superficial menor, volume de retenção (URBANO E GLIDDEN, 1982, p.144):

Área de drenagem (A)= 1,25 km²

Área de impermeabilização (I)= 11%

Chuva de Denver, 2h, TR10= 47mm

Chuva de Denver, 2h, Tr100= 73mm

Chuva da cidade, 2h, TR10= 68mm

K10= 1,4468

Chuva da cidade, 2 h, TR100= 99mm

K100= 1,3562

Volume de retenção para 10 anos

$V_{10} = 304,8 * A(0,951-1,9) \rightarrow V_{10} = 3.257,55m^3$

Correção para a cidade de estudo.

$V_{10c} = V_{10} * K_{10} \rightarrow V_{10c} = 4.713,05m^3$

Vazão Efluente:

$Q_{10} = 1,68^a \rightarrow Q_{10} = 2,1 m^3/s$

Volume de retenção para 100 anos:

$$V_{100} = 304,8 \cdot A(1,781 - 0,0021^2 - 3,56) \rightarrow V_{100} = \mathbf{6.011,42m^3}$$

Correção para a cidade de estudo.

$$V_{10c} = V_{10} \cdot K_{10} \rightarrow V_{100c} = \mathbf{8.152,47m^3}$$

Vazão Efluente:

$$Q_{10} = 7,00A \rightarrow Q_{10} = \mathbf{8,75 m^3/s.}$$

Para efeito de consideração de um possível volume maior que a capacidade do reservatório, teve que ser analisada a vazão pelo vertedouro a cota maior da barragem, ou seja, a 2m da cota de fundo da barragem que é 301m ao nível do mar.

Característica do vertedouro Tulipa.

$$Q = C \cdot (2\pi R) H^{3/2}; Q = 8,75 m^3/s \quad H = 2m \quad C = 1,8 \text{ admissível}$$

$$8,75 = 1,8 \cdot (2\pi R) \cdot 2^{3/2} \quad \square \quad 2\pi R = 3,06 \quad \square \quad R = 3,06/6,28 \quad \square \quad R = 0,49m.$$

Característica do vertedouro de fundo:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (H - H_s)$$

Quantidade= 2 linhas

$$D = 3,64m^2$$

C=0,65 admissível

Cota de eixo= 282m

Definição do intervalo de tempo:

$$\Delta t \leq t_p/5$$

$$t_p = 8h \quad \square \quad t_p/5 = 1,6h$$

$$\Delta t = 1h = 3600s \quad \square \quad \Delta t \leq (8 \cdot 3600)/5 \rightarrow \Delta t \leq 28.800/5 \rightarrow \Delta t \leq 5.760$$

Verificação: OK

TABELA 2- Cota por volume.

Cota(m)	Volume (milhões m³)	Vol.(M³)	Q Verted. Q= C*L*(H-Hs)^(2/3)	Q Descarregador Q= C*A*√(2*g*(H-Hs))	Q Total	2*s/Δt+Q(m3/s)
282	0	0	0	0	0,0	0,0
283	0,002691	2691	0	4,546556435	4,5	6,0
284	0,005382	5382	0	6,429801772	6,43	9,4
285	0,008073	8073	10,8	7,874866745	18,7	23,2

Fonte: Arquivo pessoal

Este reservatório tem uma vazão efluente de 8,75m³/s no momento de pico de vazão que seria liberado por um descarregador de fundo de barragem, com 2 condutos de concreto armado de diâmetro 0,8 m, que já há uma linha no local e passa por baixo do estádio com cerca de 163 m. O volume de detenção para o Trecho "I",

entre o Alto da rua Geraldo Monerat Purys até o Bueiro na travessia da linha Férrea no trecho entre o Alto da rua Geraldo Monerat, Purys até o Bueiro na travessia da linha férrea, a bacia apresenta uma área de 0,73km² e com uma área impermeabilizada de 31%, por isso os cálculos são de uma bacia medianamente urbanizada o que indicariam maior escoamento superficial.

Figura 17:Trecho "II".



Fonte: Google Earth-2021

Volume de detenção – Urbano e Glidden (1982)

Área de drenagem (A)= **0,73 km²**

Área de impermeabilização (I)= **31%**

Volume de detenção para 10 anos

$$V_{10} = 304,8 * A(0,951-1,9) \rightarrow V_{10} = \mathbf{6129,99 \text{ m}^3}$$

Correção para a cidade de estudo.

$$V_{10c} = V_{10} * K_{10} \rightarrow V_{10c} = \mathbf{8.868,91 \text{ m}^3}$$

Vazão Efluente:

$$Q_{10} = 1,68A \rightarrow Q_{10} = \mathbf{1,2264 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Volume de detenção para 100 anos:

$$V_{100} = 304,8 * A(1,781-0,0021^2-3,56) \rightarrow V_{100} = \mathbf{11.058}$$

Correção para a cidade de estudo.

$$V_{100c} = V_{100} * K_{100} \rightarrow V_{100c} = \mathbf{14.996,47 \text{ m}^3}$$

Vazão Efluente:

$$Q_{100} = 7,00A \rightarrow Q_{100} = \mathbf{5,11 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (p.145)}}.$$

Nesse caso, não há a possibilidade de um vertedouro de crista, pois a própria base da rua fica à margem da linha férrea funcional como barragem para o reservatório. Para efeito de consideração de um possível volume maior que a capacidade do reservatório, foi necessário analisar a vazão pelo vertedouro a cota

maior da barragem, ou seja, a 3m da cota de fundo da barragem que é 282m ao nível do mar.

Característica do vertedouro Tulipa:

$$Q = C \cdot (2\pi R) H^{3/2}; Q = 8,75 \text{ m}^3/\text{s} \quad H = 3\text{m} \quad C = 1,8 \text{ admissível}$$

$$8,75 = 1,8 \cdot (2\pi R) \cdot 3^{3/2} \quad \square \quad 2\pi R = 9,35 \quad \square \quad R = 9,35/6,28 \quad \square \quad R = 1,49\text{m}$$

Característica do vertedouro de fundo:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (H - H_s); \text{Quantidade} = 2 \text{ linhas}$$

$$D = 0,8\text{m}$$

$$C = 0,65 \text{ admissível}$$

$$\text{Cota de eixo} = 283\text{m}$$

Definição do intervalo de tempo:

$$\Delta t \leq (8 \cdot 3600)/5 \quad \square \quad \Delta t \leq 28.800/5 \quad \square \quad \Delta t \leq 5.760$$

Verificação: OK

Tabela 3- Cota por volume:

Cota(m)	Volume (milhões m³)	Volume (M³)	Q Vertedouro	Q Descarregador	Q Total	2*s/Δt+Q(m³/s)
283	0	0	0	0	0,0	0,0
284	0,5	500000	0	2,9	2,9	280,7
285	3,5	3500000	0	4,1	4,1	1948,5
286	8	8000000	23,04	5,0	28,1	4472,5

Fonte: Arquivo pessoal

Acreditamos que para obter o melhor dimensionamento dos equipamentos de retenção de escoamentos, a bacia deveria ser dividida em 3 trechos. Foi feita uma consulta com os moradores das áreas mais afetadas pelos alagamentos na bacia e foi relatado que a incidência de alagamentos acontece geralmente na área que vai do centro da cidade até a área conhecida como várzea do Otorino e na área mais baixas do bairro Purys. Geralmente o volume de água que vem do bairro Jardim Glória não proporciona problemas na área do bairro vila estrela. Ele fica mais a montante da boca do bueiro que vem do bairro Purys na mesma localidade. Pela análise das bacias, acredita-se que são poucas as chances do volume que é direcionado ao talvegue proveniente do bairro caixa d'água traga problemas nele. Isso indica que as água que trazem maior problema vem da área do bairro Purys, por isso é nesta área que se deve concentrar a maioria das intervenções para diminuição da vazão.

Com análise dos dados desta área "III" se chegou a um volume a ser retido de 6.011,42m³, então para um reservatório seria ideal deixar uma margem de 20% com segurança, ficando assim um volume a ser retido de 7.214m³. Trabalhando com um reservatório de 3m de altura, seria necessária uma área de 2.404,6m². Para este

reservatório teria uma vazão efluente de 8,75m³/s no momento de pico de vazão que seria liberado por um descarregador de fundo de barragem, com 2 linhas de condutores com 0,8m de diâmetro, como no local onde se encontra instalado. Seria necessário um vertedouro com um diâmetro de 3m em formato tulipa para que se possa receber a vazão extra que porventura venha a extrapolar a capacidade do lago.

Já no trecho “II” se chegou a um volume a ser retido de 8.868,91m³, então para um reservatório seria ideal deixar uma margem de 20% com segurança, ficando, assim, um volume a ser retido de 10.642,7m³. Trabalhando com um reservatório de 3m de altura seria necessária uma área de 3.547,56m². Logo, este reservatório teria uma vazão efluente de 5,11m³/s no momento de pico de vazão que seria liberado por um descarregador de fundo de barragem, com 2 condutos de concreto armado de diâmetro 0,8m, que já há no bueiro que passa por baixo da linha férrea.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho nos mostra que o problema de alagamentos na bacia do córrego Puryz são de difícil solução e que um levantamento mais aprofundado pode e deve ser feito em trabalhos futuros a fim de trazer mais soluções para amenizar o impacto que a vazão efluente do bairro Puryz pode causar nas áreas mais a jusantes. Outros equipamentos e soluções se fazem necessárias para tentar diminuir os efeitos de alagamentos e diminuir a possibilidade de sobre cargas nos equipamentos sugeridos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barreto, M. (30 de Maio de 2019). *post/drenagem-pluvial-saneamento-basico*. Fonte: **Benv Soluções 360°**: <https://www.benv360.com/post/drenagem-pluvial-saneamento-basico>

Barreto, M. (28 de Maio de 2019). *post/esgotamento-sanitario-saneamento-básico*. Fonte: **Benv soluções 360°**: <https://www.benv360.com/post/esgotamento-sanitario-saneamento-b%C3%A1sico>

Brembatti, K. (07 de Julho de 2016). *vida-e-cidadania/saiba-como-funcionam-os-piscinoes-construidos-na-praca-do-atletico-para-conter-enchentes-aaoc6z4pt48h6l2mw3k6hhqn/*. Fonte: [/www.gazetadopovo.com.br/](http://www.gazetadopovo.com.br/)

BRK Ambiental. (2018). *chuva-e-esgoto-nao-se-misturam*. Fonte: blog.brkambiental.com.br: <https://blog.brkambiental.com.br/chuva-e-esgoto-nao-se-misturam>

Canholi, A. P. (2014). **Drenagem Urbana e controle de enchentes** (Vol. 2). (A. P. Chaves, Ed.) São Paulo, Brasil: oficina de textos.

Carvalho, D. F. (01 de 06 de 2006). <http://www.ufrj.br/>. Fonte: <http://www.ufrj.br/http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf>

Costa, J. (1 de 11 de 2021). <https://engjosecosta.kpages.online/download>.
Fonte: <https://engjosecosta.kpages.online/download>:
<https://engjosecosta.kpages.online/download>

Cristiane Tiepo, V. T. (5 de Novembro de 2014). **Permeabilidade urbana e infraestrutura verde: alternativas para sustentabilidade urbana**. Fonte: imed.edu.br: <https://www.imed.edu.br>

DAEE. (01 de Agosto de 2018). **engcivil 2014-2**. Fonte: UNIFTC-BA: <https://engcivil20142.files.wordpress.com/2016/08/capitulo02.pdf>

EOS Organização e sistemas. (24 de 07 de 2018). **BLOG, DRENAGEM URBANA**.
Fonte: www.eosconsultores.com.br: <https://www.eosconsultores.com.br/como-funciona-drenagem-urbana/>

Festi, A. w. (31 de 10 de 2021). <https://www.confea.org.br>. Fonte: confea: https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/palestra_vanderleifesti2017.pdf
Folha de São Paulo. (24 de Novembro de 1999). [fsp/cotidian/ff2411199926.htm](http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff2411199926.htm).
Fonte: <https://www1.folha.uol.com.br/>: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff2411199926.htm>

Fundação COPPETEC. (31 de 10 de 2021). [agevap.org.br](http://www.agevap.org.br). Fonte: <http://www.agevap.org.br/http://www.agevap.org.br/downloads/Diagnostico-Estudos-Hidrologicos.pdf>

Grupo Globo de Telecomunicação. (30 de Dezembro de 2013). rio-de-janeiro/noticia/2013/12/piscinao-da-praca-da-bandeira-e-inaugurado-no-rio.html.
Fonte: G1.globo.com: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2013/12/piscinao-da-praca-da-bandeira-e-inaugurado-no-rio.html>

<http://www.ofitexto.com.br/cursos>. (2021). **Águas Pluviais - Controle de Inundação**.
Fonte: <https://www.confea.org>. <https://www.ofitexto.com.br/>. (31 de 10 de 2021).

JusBrasil. (31 de 10 de 2021). jusbrasil.com.br/legislacao. Fonte: [jusbrasil.com.br](https://cm-sao-paulo.jusbrasil.com.br/legislacao/813965/lei-13276-02):
<https://cm-sao-paulo.jusbrasil.com.br/legislacao/813965/lei-13276-02>

Marinho, F. (28 de 10 de 2021). *Guia da engenharia*.
Fonte: <https://www.guiadaengenharia.com/>: <https://www.guiadaengenharia.com/author/filipemarinho/>

Marinho, F. (2021). <https://www.guiadaengenharia.com/>.
Fonte: <https://www.guiadaengenharia.com/author/filipemarinho/>

Ministério de Minas e energia. (31 de 10 de 2021). <https://rigeo.cprm.gov.br/>. Fonte: Rigeo: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/17549/1/idf_saojoao_meriti_rj_suscet.pdf

Pena, C. M. (2014). **Artificialização de cursos d'água urbanos e transferência de passivos ambientais entre territórios municipais - Reflexões a partir do caso do Ribeirão Arrudas, Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG**. Belo Horizonte.

Pena, R. A. (31 de 10 de 2021). <https://brasilecola.uol.com.br/>. Fonte: **Brasil escola**: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/enchentes.htm>

Pena, R. A. (10 de 2021). <https://brasilecola.uol.com.br/>. Fonte: Brasil escola.

Reis, F. (01 de 10 de 2018). **Hidromundo**. Fonte: <http://www.hidromundo.com.br/>: <http://www.hidromundo.com.br/metodo-i-pai-wu-modificado-parte-1/>

Reis, F. (8 de 10 de 2018). **Hidromundo**. Fonte: <http://www.hidromundo.com.br/>: <http://www.hidromundo.com.br/metodo-i-pai-wu-modificado-parte-2/>

Silva, H. M. (01 de 12 de 2018). **Macro Drenagem aplicada a sustentabilidade ambiental em cenários de mudanças climáticas** . Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

Sousa, L. T. (31 de 10 de 2021). <https://www.even3.com.br/>. Fonte: [even3.com.br](https://www.even3.com.br/): <https://www.even3.com.br/anais/mpct2017/48148-calculo-de-vazao-de-canal-aberto-por-metodos-numericos/>

Sousa, L. T. (2021). <https://www.even3.com.br/>.

Fonte: <https://www.even3.com.br/anais/mpct2017/48148-calculo-de-vazao-de-canal-aberto-por-metodos-numericos/>

Suçarana, M. d. (s.d.). *biomas/varzea*/. Fonte: www.infoescola.com.

Tomaz, P. (11 de 1 de 2014). <https://docplayer.com.br/>. Fonte: <https://docplayer.com.br/>: <https://docplayer.com.br/111424993-Capitulo-156-metodo-do-professor-kokei-uehara.html>.

RESTAURAÇÃO DE PONTES

ACADÊMICOS: Daniel de Oliveira Mattos e Renato de Paula Melo.

ORIENTADOR: Prof. *M.Sc.* Lucas Machado Rocha.

LINHA DE PESQUISA: Patologias na construção.

RESUMO

As estruturas de concreto armado, assim como qualquer tipo de estrutura, podem ser acometidas por patologias. Como decorrer do tempo, é percebido que a falta de manutenções e inspeções de pontes ocasiona às estruturas má condições para o uso, estando sujeito a ataque físicos, químicos e mecânicos, podendo acarretar diversos fatores que comprometam o seu uso. As pontes têm o seu imenso valor no sistema de desenvolvimento econômico, disponibilizando o acesso a transportes, turismo e deslocamento em geral. Assim, o estado precário desses elementos traz desconforto e insegurança aos usuários. Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo analisar as principais patologias encontradas no concreto armado, em especial às obras de artes referente às pontes. Nessa análise, buscou-se investigar a origem desses fenômenos patológicos e as principais técnicas utilizadas para reparar esses problemas no projeto, comparando a importância da manutenção para nutrir a segurança e a economia. Com base em revisões bibliográficas de ponte e vários estudos patológicos, este trabalho é um estudo de caso qualitativo que analisa patologias de ponte, possíveis causas e remédios para essas patologias, identifica problemas patológicos, mau, design construtivo e aplica contramedidas para resolver problemas. Em geral, as pontes apresentaram principalmente patologias de carbonização do concreto armado e oxidação da armadura. No entanto, a maioria dos problemas patológicos tem origem no meio ambiente e a má proteção e os conceitos de construção podem agravar ainda mais as patologias existentes, necessitando de medidas paliativas, problemas ambientais e falhas no projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Patologias; Pontes; Concreto armado.

1.INTRODUÇÃO

Com a diversidade da tecnologia e dos materiais, a arte de construir pontes encantou muitas gerações e vem encantando cada vez mais com sua altivez estrutural e suas grandezas arquitetônicas. A importância das pontes para o desenvolvimento e relacionamento dos seres humano tem sido o maior incentivo ao avanço nos conhecimentos das técnicas de construção e manutenção destas magníficas estruturas.

A história das pontes é tão antiga quanto a civilização humana. Atualmente é uma das estruturas mais complexas da engenharia civil e requer atenção especial do projetista, que deve considerar não apenas a segurança, mas fatores como economia, viabilidade construtiva, durabilidade, sustentabilidade, estética e adaptação à paisagem e ao meio ambiente (NEDEV; KHAN, 2011).

Pontes e viadutos, que são conhecidas como obras-de-arte especiais (OAE), são estruturas que têm como objetivo vencer os obstáculos existentes em caminhos dos veículos e crescimento das cidades, tais como avenidas, vales, rios, entre outros. Quando são construídas sobre rios, córregos ou onde a cursos d'água, são denominadas pontes; sobre avenidas ou vales secos, são chamados de viadutos. São partes importantes de muitos sistemas viários do mundo pelas facilidades e rapidez de acesso de um local a outro e podem ser construídas e elaboradas de vários materiais, sendo as mais usadas as de madeira, aço, concreto armado e concreto protendido. Esses tipos de construções estão submetidas às ações externas provenientes das cargas móveis de veículos e das ações da natureza como o vento, ação das águas de rios, e variações de temperatura, que influenciam na estrutura e nas infraestruturas das pontes principalmente no concreto.

O presente trabalho tem como objetivo fazer um levantamento de principais patologias que possam danificar as estruturas das pontes e viadutos e apresentar um estudo bibliográfico, expondo os cruciais fatores que causa a formação e manifestações das patologias, trazendo soluções para as atuais patologias encontradas nas pesquisas, com todo embasamento teórico obtido por meio de pesquisa em literaturas existentes, artigos científicos, dissertações de mestrados, e teses de doutorados.

Diversas pesquisas já foram efetuadas com a intenção de se ter uma avaliação isolada de cada obra examinada, apresentando os eminentes problemas. Este estudo

se justifica, pois pretende se aprofundar incidências de infiltrações e eflorescência, deslocamento de concreto no tabuleiro e juntas de dilatação deficientes em pontes. O estudo teórico desses problemas certamente contribuirá para a formação do engenheiro, refletindo em sua atuação profissional. As discussões neste trabalho poderão, também, comprovar que a maioria das pontes estão relativamente com algum problema, seguidas de obras sofríveis, e obras em situação crítica, com isso podendo sofrer colapso estrutural com o passar do tempo de sua vida útil (NASCIMENTO; MIRANDA, 2017).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Todas as estruturas, em algum momento de sua vida útil, irão apresentar algum tipo de patologia, muitas vezes dependendo da predominância de material empregado e do ambiente no qual a estrutura foi construída. Esta degradação ocorre porque nenhum material possui durabilidade eterna, levando à certeza de criação de um novo campo de pesquisa dentro da Engenharia de Estruturas, projetando futuros estudos de durabilidade, correlacionando parâmetros que a afetam.

A durabilidade se define pela capacidade de resistência que a estrutura oferece às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo engenheiro estrutural e o contratante no início da etapa de elaboração do projeto.

Segundo a ABNT NBR 9452: "Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto- Procedimento" é a norma de abrangência nacional, tendo sua primeira publicação em 1986 e, em 2019, sua quarta edição. A norma possui como escopo a especificação das exigências para a realização de inspeções que objetivem avaliar o estado de conservação de Obras de Arte Especiais (OAE) de concreto. O documento estabelece os conceitos pertinentes às inspeções, orienta quanto aos processos de coleta e registro de dados e define os critérios de classificação, provendo assim instrução aos inspetores e gestores que a utilizem.

Além disso, essas verificações são realizadas com o intuito de conseguir manter os aspectos estruturais, funcionais e de durabilidade das obras-de-arte especiais, sendo uma medida de prevenção a futuras patologias nas estruturas. Contudo, Rocha e Oliveira (2017) declaram que antes do avanço da tecnologia não se apresentavam, assertivamente, critérios a serem realizados para desenvolver

protocolos de análises e classificações estruturais em relação as patologias nas OAEs.

Conforme Araújo (2017) havia apenas um roteiro superficial para realização das vistorias nas pontes e nos viadutos, contendo uma base de dados a serem levantados e as principais ocorrências a serem observadas (sem padronização). Esse cenário, em alguns casos, não garantia credibilidade ao relatório final levantado, pois cada profissional tinha um roteiro de inspeção ao seu critério.

De maneira análoga, Curió (2008) afirma que antes da evolução da tecnologia as estruturas eram executadas com um elevado dimensionamento, gerando obras resistentes a certas patologias. Mas, atualmente, com o avanço das tecnologias são possíveis melhorias nos cálculos e no conhecimento dos materiais, conduzindo, assim, à execução de obras mais esbeltas, exigindo, maiores cuidados. Considerando as novas patologias que surgiram com uso de novos materiais, há necessidade de estudos sobre esses agentes de deterioração das estruturas.

A durabilidade das estruturas de concreto requer, ainda, cooperação e esforços coordenados do proprietário, do usuário e dos responsáveis pelo projeto arquitetônico e pelo projeto estrutural, e pela construção (CHUST, 2016).

De acordo com Lourenço *et al.* (2009), pontes e viadutos apresentam uma maior susceptibilidade às patologias características dessas construções, devido sua singularidade estrutural. Tendo em vista essa tendência natural à deterioração, programas de manutenção ineficientes aceleram o surgimento de problemas patológicos

Meira (2017) afirma que há três condições distintas que caracterizam o estado da armadura: corrosão, passivação e imunidade, as quais são definidas em função do pH do meio e do potencial eletroquímico da armadura.

O concreto representa não apenas uma proteção física — que separa o aço do meio externo — mas também uma proteção química, em função do seu elevado pH, que contribui para a formação e estabilidade da capa passiva que protege a armadura da corrosão futura (MEIRA, 2017).

A relação água-cimento e a espessura do recobrimento são fatores determinantes no processo de corrosão, porque o primeiro define a porosidade do concreto e o segundo influencia na velocidade de carbonatação (CURCIO, 2008).

O dióxido de carbono, agente grave de deterioração química do concreto, quando em ação, resulta na carbonatação, cuja principal responsável é a ação do gás carbônico (CÁNOVAS,1988).

Cascudo (1994) afirma que o processo de carbonatação, geralmente, é um condicionador da corrosão das armaduras de estruturas de concreto armado.

A carbonatação é a redução do pH na pasta de cimento do concreto, que geralmente tem valores entre 12 e 14, possui alta alcalinidade gerada principalmente ao hidróxido de cálcio, produto originado das reações de hidratação do cimento. Juntamente com os hidróxidos ferrosos da armação, forma uma proteção e ela, desenvolvendo uma capa passivadora (película protetora).

O processo tem como agente causador o gás carbônico que penetra da superfície externa para a interna, geralmente por meio da difusão. Conforme Barin (2008):

A carbonatação é a ação do CO₂, em presença de umidade e outros gases ácidos presentes na atmosfera, como SO₂ e H₂S , que reagem nas superfícies expostas do concreto, com os produtos de hidratação do cimento, principalmente com o hidróxido de cálcio, composto cristalino, que forma produtos sólidos, como o carbonato de cálcio (CaCO₃)” (BARIN 2008, p.40).

Sartorti (2008) descreve que concreto é um material com baixa resistência à tração e a fissuras inerentes a essa solicitação é comum. Já no caso de fissuras por compressão, o estado da estrutura é mais crítico, pois o concreto está sob efeito de esmagamento e ruptura frágil.

Lourenço (2009) analisou severamente as patologias e chegou à conclusão de que mais de 50% dos problemas de obras são causados por má execução do projeto, seguido da má utilização dos materiais. Esse resultado pode ser visto na Figura 1.

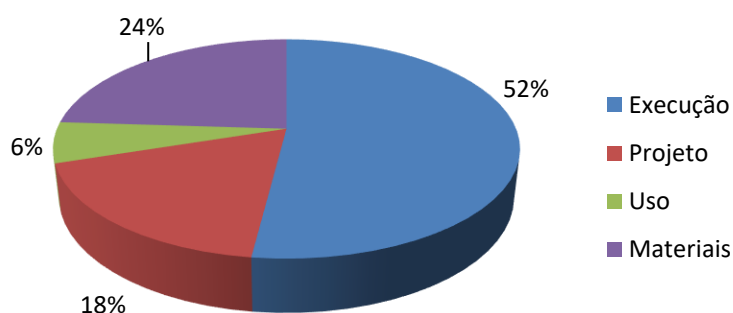


Figura 1– Distribuição percentual dos processos responsáveis por falhas patogênicas nas estruturas. Fonte: Adaptado de Lourenço (2009)

Conforme Curcio (2008), rachaduras são pequenas fissuras que aparecem em estruturas de concreto e são inevitáveis mesmo se as regras e regulamentos de construção forem seguidos. Essas manifestações se apresentam ao extenso tempo da vida do concreto, podendo ser dividida em uma das três fases: plástica, de endurecimento e endurecida, de acordo com Lapa (2008). Em resumo, o concreto armado é alcançado pela associação entre concreto simples e armadura passiva corretamente colocada, de maneira que ambos consigam resistir aos esforços requeridos.

Lourenço *et al.* (2017) afirmam que a ocorrência de fissuras é um fenômeno bastante comum nas pontes de concreto armado em todo mundo. Sua origem está relacionada a uma distribuição irregular de tensões no interior das estruturas, embora também possa ser originada a partir da decomposição ou desagregação do concreto. Ou seja, a formação das fissuras está ligada a situações externas ou internas dos concretos.

No concreto protendido, as tensões prévias de compressão são aplicadas nas regiões dos elementos que serão tracionadas pelo carregamento. Assim, as tensões de tração são diminuídas ou, até mesmo, anuladas pela compressão pré-aplicada. De acordo com Vitório (2013) essa força de pretensão é resultado do pré-alongamento da armadura ativa.

A protensão é um sistema construtivo no qual, por meio de processo mecânico, o aço é tensionado, aproveitando ao máximo a resistência do material (CHOLFE, 2015).

De acordo com Vitório (2013), mesmo sendo bastante resistente, o concreto pode sofrer alterações físicas e estruturais quando sujeito a agentes agressivos, como: os ácidos, os sulfatos, o cloro e os nitratos. Sendo assim eles os principais destruidores de concreto armado. Ainda conforme Vitório (2013), até a água pode acionar patologia mesmo sendo pura. As águas das chuvas nas pontes podem agredir também o concreto, por meio de sua infiltração, pela falta de pingadeiras e a carência de juntas e drenagem do tabuleiro.

Há também a mudança abrasão no concreto, isto é, ele sofre deterioração na sua forma física e perda gradativa da argamassa superficial, de sua capa. Também pode haver a extinção de agregados em uma restrita área, como em pisos, estruturas

sob a ação de fluídos, tabuleiros de pontes entre outras esferas de atividade do concreto (GEMELLI; BELING, 2007).

De acordo com Laner (2001), a deterioração por reação química é um processo que ocasiona a desagregação e o lascamento do concreto proporcionando características de hidrólise, lixiviação e eflorescência.

A lixiviação, segundo Sartorti (2008), é estabelecida como sendo a solução Ca(OH)_2 , e outros compostos e hidratados. É determinada quando as águas puras com pouco ou nenhum íon de cálcio compartilham com o concreto, promovendo a hidrólise ou dissolução e alimentação das matérias contendo cálcio para o meio externo. O hidróxido de cálcio junta-se a outras substâncias com a função de articular a coesão do concreto. A lixiviação causar a perda da resistência e agressões estéticas, por meio do produto lixiviado que interage com o dióxido de carbono [CO_2] existente no ar, formando carbonatos que aparecem na forma de manchas brancas e estalactites na superfície (DNIT, 2006, p. 5).

Segundo Gonçalves (2015), a eflorescência é causada pelo acúmulo de sal, das áreas marinhas que contraem no concreto pela infiltração ou pela mudança de temperatura do ambiente. Os sais constituintes podem provocar desgaste do concreto e mudanças de cores entre os sais e os substratos em relação a qual se depositam.

Na corrosão com formação de fissuras, além das condições propícias para a corrosão, o metal se encontra submetido a tensões importantes de tração. Tais circunstâncias provocam o aparecimento de fissuras no material que se propagam na direção transversal à carga, produzindo rupturas com níveis baixos de tensão (MEIRA, 2017).

3. METODOLOGIA

Este trabalho tem como finalidade apontar alguns pontos de deterioração das obras de artes que podem ser encontrados com frequência. Essas ocorrências passam despercebidas por muitas pessoas, por não terem conhecimento do assunto. Assim, para auxiliar e esclarecer sobre o tema, este estudo se propôs a buscar em sites específicos na internet como o *Google Acadêmico*, *Scielo* e *Scopus* estudos sobre os diversos tipos de patologias mais encontradas no dia a dia em pontes e viadutos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho trata-se de um estudo, pesquisa em bibliografia em artigos. Os resultados encontrados são importantes para estudos e elaboração de planos para preservação de pontes. As patologias em questão, inevitavelmente, aparecem em algumas estruturas de Pontes em Concreto Armado e são prejudiciais. Melhorias pontuais devem ser executadas a fim de garantir sua segurança e funcionalidade, além de também majorar o tempo de vida útil das estruturas, a fim de criar planos de manutenção preventivas, evitando os desgastes físicos e naturais.

A partir de cuidadosas pesquisas e estudos sobre viadutos e pontes, foi possível observar que várias manifestações patológicas desenvolvidas são devido à falta de manutenção ao longo da vida útil da obra, logo encontram-se com patologias consideráveis devido aos grandes desgastes, do dia a dia durante tempos. Os responsáveis pela manutenção são os órgãos públicos, porém eles adotam melhorias paliativas para melhorar a trafegabilidade, todavia, no futuro, as patologias voltam a causar transtornos aos usuários das obras de artes.

Métodos e Técnicas de Recuperação

“Reparos são chamados de intervenções destinadas a corrigir pequenos danos aos elementos estruturais” (PIANCASTELLI, 1997). Segundo Souza e Ripper (1998), os serviços qualificados de reparação e de reforços utilizados nas estruturas de concreto dependem principalmente da análise das causas que ocasionaram essa patologia e do estudo detalhado dos efeitos que estas patologias podem causar à estrutura. Piancastelli (1997) menciona, em seus estudos, que, para um bom desenvolvimento de uma restauração, é importante que o substrato analisado possa ser adequadamente tratado. Segundo Piancastelli (1997), as aplicações da restauração são: retirar todo material deteriorado ou contaminado e propiciar as melhores condições entre o substrato que está sendo analisado e o material que irá repará-lo. Os autores Helene (1992), Souza e Ripper (1998) e Piancastelli (1997) abordam características idênticas quando se fala em técnicas de restauração. Para cada tipo patológico identificada no canteiro de obras, há técnicas de reparo especificação necessárias.

Diante dos problemas que afetam as estruturas, avaliando a situação, é possível determinar suas causas. A demora para prevenção e reparação de estruturas danificadas pode acarretar sérios riscos. A deterioração estrutural envolve a

possibilidade de desabamentos e acidentes. Quando a estrutura é considerada em risco, são necessários testes para determinar se é possível recuperar ou se exige demolição. As estruturas não são perpétuas, seu bom desenvolvimento depende do plano de manutenções, o importante é sempre verificar como vai ser o comportamento em comparação ao ambiente. Em volta pode-se definir a necessidade de proteções ou impermeabilizações.

Corrosão e oxidação

Segundo Helene (1992), no caso de corrosão de armadura, primeiramente, deve-se remover cuidadosamente o concreto afetado pela corrosão e, em seguida, limpar as superfícies e fazer a proteção da armadura, com aplicação de alguma argamassa de reparo, que pode ser até um tipo de graute. Porém, antes de usar a argamassa de reparo, deve-se ter o cuidado de corrigir a armadura com um primer rico em zinco e uma barreira epoxídica entre o concreto contaminado e a argamassa de reparo.

No caso de corrosão prematura, sem afetar o concreto ou as barras de aço, recomenda-se restaurá-lo para manter seu tamanho, utilizando grauteamento, maior que o concreto original ou a argamassa de reparo. No caso de corrosão mais severa, pode ser necessário reforçar os elementos estruturais aumentando a seção transversal e colocando novas barras de aço.

A presença de manchas marrom-avermelhadas pode indicar a presença de agentes corrosivos do ambiente que foram imersos na estrutura ou incorporados involuntariamente ao concreto durante o processo de mistura, como os cloretos.

É de grande importância considerar os estudos de desempenho da proteção do aço juntamente ao concreto, antes de dar início ao método de reparo das armaduras abaladas pela corrosão. Para isso, é importante comparar o pH e a capacidade de corrosão de o aço está sujeito.

Conforme Stotz (2014), um dos motivos que mais induzem à corrosão é a presença de água no concreto. A umidade relativa do ar é um dos fatores que mais intervêm na quantidade de água que um concreto apresenta, sendo esta, o instrumento de aceleração de corrosão. Stotz (2014) afirmam que um dos altos potenciais de corrosão, causadores de grandes problemas nas estruturas, são os agentes químicos junto com a água. A água pura tem um potencial de corrosão baixo.

Quanto aos métodos de utilização de materiais nas estruturas, é preciso de uma maior atenção, pois são procedimentos minuciosos. A seguir, será detalhado o processo de recuperação das estruturas de concreto contaminado pela corrosão, especialmente nas armaduras.

- 1) O primeiro passo é escarificar a estrutura degradada de fora para dentro, lentamente, de modo a evitar pancadas em volta da área contaminada. A finalidade da raspagem é a eliminação de todo o material desagregado impactado pela corrosão, que esteja mal comprimido e segregado, até chegar ao concreto compactado, estipulado em projeto.
- 2) Depois de escarificado, nasce um perímetro com uma forma geométrica de fácil conhecimento e acesso para substância aderente e selante.
- 3) Os cortes devem ser feitos em ângulos retos sem mudanças nas profundidades. O disco a ser utilizado para esse processo deve sempre ser usado em posição ortogonal sem mudanças, para isso é muito importante marcar com lápis ou giz o local que sofrerá o corte para que não haja erro.
- 4) Por meio de processo manual ou mecânico deve-se limpar totalmente as armaduras. No processo manual, deve-se retirar todos os materiais soltos e indesejáveis, recorrendo à escovação com escovas de aço. Já no mecânico, pode ser feito com de pistola de agulha que deve ser colocada em contato a pistola com as chapas de concreto que se deseja limpar, tentando remover todos os materiais que sofreram corrosão, até mesmo a tinta corroída. E pelo processo lava jato, inicia-se a limpeza pela parte superior, mantendo uma pressão adequada para remover todas as partículas soltas.
- 5) O projetista será responsável pelo processo de reconstrução das juntas de forma completa e pode ser que seja necessária a implantação de novas juntas.
- 6) O projetista deverá realizar uma análise para verificar se há necessidade de novas armaduras e novos estribos, comparando a resistência das partes que estão boas às que sofreram corrosão, pelas seções transversais.
- 7) Se houver a necessidade de soldas na restauração das estruturas, todos os materiais a ser utilizados para a solda deverão ser à base de eletrodos. O tempo e a temperatura deverão ser controlados constantemente para que não haja variação na estrutura do aço.

Técnicas de Reparo de Ninhos (Segregação)

Nas estruturas de concreto, há os ninhos que são patologias que aparecem devido à deficiência na hora da concretagem ou por falta dela. Helene (1992) sugere como solução para o problema, com grandeza superficial, a limpeza do substrato por uma escarificação manual, em que ocorra a limpeza do concreto que está presente. Em seguida, aplica-se uma ponte de aderência no concreto e preenche-se com argamassa polimérica ou base de epóxi.

De acordo Mazer (2008), para a reparação de ninhos mais profundos, é preciso ter cuidados durante este processo. Inicialmente, ao limpar o substrato, é necessário utilizar suportes em locais apropriados por questões de segurança. Após o apoio, tomar cuidado ao limpar o concreto e observar a peça como um todo para determinar o ponto de dano do concreto. Imediatamente, após o processo de limpeza do substrato, uma ponte adesiva deve ser aplicada ao material de reparo. A solução adotada é utilizar concreto com resistência a compressão superior à presente no componente, pois o material utilizado no reparo não encolhe. Outra solução é usar rejuntamento ou a base de epóxi.

Já para as “bicheiras”, a intervenção é mais complexa e carece de um estudo mais elaborado, pois se faz necessário corrigir mais regiões da estrutura, que não apresentaram ninhos de concretagem, mas que estão sofrendo com a falha de solidarização entre a armadura e o concreto, devido ao espaçamento e ao cobrimento inadequado das barras de aço. Talvez o mais aplicável seja um projeto de reforço para as Obras de Arte.

Tratamento de fissuras, fendas e trincas

Para a análise de trincas, são classificadas de acordo com sua estabilidade. Quando a causa da fissura é eliminada e a fissura não se move longitudinalmente ou lateralmente, diz-se que a fissura é estável, passiva ou morta. Quando a causa da fissura continua existindo, a fissura está ativa, portanto, tem mobilidade (TEJEDOR, 2013).

Mazer (2008) relatou que, quando a trinca está ativa, é impossível eliminá-la, sendo necessário vedar a trinca para que os agentes corrosivos não penetrem. Este procedimento muda as fissuras de ativas para passivas, para que as fissuras possam ser tratadas e eliminadas.

Fissuras causadas por retração hidráulica, recalque estável e juntas de concreto mal executado pode ser considerada ineficazes. Em alguns

casos, devido ao grande esforço excessivo, especialmente nos tipos de intervenções de armaduras, as trincas ativas desempenham um papel da estrutura como “juntas naturais”, devem, portanto, ser tratadas como tal. As causadas por mudança de temperatura são exemplos típicos. (PIANCASTELLI, 2007 p. 19)

Técnicas de injeção de fissuras

Conforme Souza e Ripper (1998), devem ser injetadas fissuras com orifícios maiores que 0,1 mm, processo este que sempre é realizado em baixa pressão, a menos que as fissuras tenham ultrapassado 3,0 mm, momento em que a injeção é realizada por gravidade.

A injeção é entendida como uma técnica para garantir que o espaço formado entre as bordas das fissuras seja totalmente preenchido. Assim deve-se injetar para restabelecer a integridade da legenda passiva, no caso de utilizar materiais rígidos, como epóxi ou grouts, para atividades de selagem de rachaduras. É um caso raro em que resinas acrílicas ou poliuretânicas estão sendo injetadas (SOUZA E RIPPER, 1998).

As resinas a base de epóxi são mais comumente usadas neste procedimento porque são produtos não retráteis com baixa viscosidade, alta resistência e adesão e bom comportamento na presença de agentes corrosivos.

De acordo com Souza e Ripper (1998), “Se a primeira etapa da injeção for bem-sucedida, ou seja, a resina sai do tubo imediatamente após, o primeiro tubo é selado, a injeção pelo segundo tubo é iniciada, o terceiro aberto e assim por diante”

Técnica de Selagem de Fissuras

De acordo com Souza e Ripper (1998), a selagem é uma técnica de vedação de fissuras ativas que requer, essencialmente, um material adesivo com boa resistência mecânica e química não esticável e com capacidade de suportar a possibilidade de fissuras ou rachaduras.

“Costuma-se usar primer (geralmente os produtos epóxi têm melhor desempenho) para escovar as bordas das juntas e o próprio cabo, como ponte de ligação entre o concreto e o selante” (SOUZZA E RIPPER, 1998).

Técnica de costura de fissuras (Grampeamento)

Souza e Ripper (1998), conforme relatos, apontam que, se houver fissuras formadas por linhas isoladas e por insuficiência local de resistência, pode ser

conveniente o uso de barras de aços adicionais para aumentar a resistência à tração que ocasionou essas fissuras na obra. Essas armaduras mencionadas são chamadas de grampos.

De acordo com Mazer (2008), os grampos são adicionados em cima da estrutura em forma de “U” e cujas dimensões são conforme os esforços a que aquela fissura estará sujeita. Eles serão fixados com material a base de epóxi e devem ser realizados desalinhados para que não vire uma linha de fissura.

Carbonatação e eflorescência

As eflorescências em pequenas porções do concreto podem ser corrigidas com ajuda de lixamento da superfície eflorescida e limpeza com o uso de alguma solução ácida de baixa concentração, testando previamente para não danificar o concreto. Após a limpeza, deve-se lavar plenamente a superfície com água.

Conforme Santos (2016), quando for necessário, temos que impermeabilizar o elemento estrutural, mas antes é preciso se atentar à eliminação de qualquer fonte de umidade no interior do elemento. Em caso de eflorescências mais profundas (criptoflorescências) e generalizadas, com forte desagregação do concreto, pode ser necessário retirar a porção de concreto afetada e substituir por um concreto novo.

Segundo Helene (1992) no caso das carbonatações mais profundas, principalmente as que já atingiram as armaduras causando sua despassivação, é preciso remover todo o concreto contaminado, limpar a superfície das armaduras, caso ainda apresentem seção utilizável (ativa), retirando os produtos da corrosão. Existe a possibilidade de se verificar a penetração da carbonatação por meio do ensaio com solução de fenolftaleína. Após a retirada e limpeza das partes contaminadas e proteção das armaduras por pinturas especiais, é então aplicada alguma argamassa de reparo sobre uma superfície áspera e limpa do concreto e, ainda, há a possibilidade de se fazer uma ponte de aderência entre o concreto antigo e a argamassa de reparo com o uso de algum látex polimérico ou sistema epóxi.

Limpeza do substrato

De acordo Helene(1992) as Técnicas de limpeza e de preparação do substrato são tão importantes como as táticas de reforço. O êxito superior de 50% na correção das patologias se encontra nos modos de limpeza do substrato. Uma limpeza

inapropriada pode ocasionar grandes danos a estrutura, lesando integralmente as restaurações, mesmo que utilizem equipamentos e materiais de primeira linha.

Segundo Piancastelli (1997), “Para uma boa execução na prática de um reparo é de extrema importância que o substrato (superfícies de concreto e aço) seja corretamente tratado.”

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de analisar a literatura selecionada para este trabalho, ficou claro que uma obra de arte especial, como uma ponte de concreto armado, é diretamente afetada por anomalias, cuja origem é o meio ambiente ou as próprias pessoas, que danificam diretamente sua estrutura.

Diante dessa situação, faz-se necessário um estudo aprofundado das estruturas de concreto armado, conforme explicado por diversos autores citados no decorrer deste trabalho. Esse processo é realizado analisando os motivos que podem causar a anormalidade. Portanto, é necessário reconhecer os tipos patologias presentes e propor medidas adequadas para combatê-las, como técnicas de reparo ou reforço estrutural, utilizadas para manter a integridade da estrutura e aumentar sua durabilidade em caso de problemas, aumentando, assim, sua durabilidade e vida útil.

Portanto, a conclusão é que a melhor forma de evitar lesões é a prevenção. Essa prevenção vem desde a correta concepção e construção do empreendimento até, principalmente, os procedimentos de manutenção. Esses procedimentos são aplicáveis a qualquer tipo de estrutura, auxiliando na verificação de problemas e na redução de custos de processamento.

REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, C.J.R.V. **Soluções inovadoras: vistoriando Obras de Arte Especiais.** Notícias da construção, São Paulo: SindusCon, v.11, n.138, p. 60-62, 2017.

BARIN, D. **Carbonatação e Absorção capilar em concretos de cimento Portland branco com altos teores de adição de escória de alto forno e ativador químico.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2008

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado.** 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988. 522 p.

CASCUDO, Oswaldo. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. Goiânia: Editora UFG, 1994.

CHOLFE, Luiz e Luciana Bonilha. **Concreto protendido**. 2º ed. SP: Pini, 2015

CURCIO, Ronald Cristhian de Lima. **PONTES RODOVIÁRIAS: Levantamento das principais patologias estruturais**. 2008. 88 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco – Usf, Itatiba, 2008.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª edição – São Paulo: Pini, 1992.

LANER, Felice José. **Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do município de Porto Alegre**. 2001.

LAPA, José Silva. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REPARO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**. 2008. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

LOURENÇO, Líbia C. et al. **Parâmetros de avaliação de patologias em obras-de-arte especiais**. Revista Engenharia Civil, Braga, n. 34, p. 5-14, 2009. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista/n34/Pag_5-14.pdf>. Acesso em: 06 set. 2015.

LOURENÇO, L. C.; ALVES, V. R.; JORDY, J. C.; MENDES, L. C.; LOURENÇO, M. V. C. **Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais**. Disponível em: http://www.civil.uminho.pt/revista/n34/Pag_5-14.pdf. Acesso em: 27 de abril de 2017.

MARCHETTI, Osvaldemar, 2008. **PONTES DE CONCRETO ARMADO**. 1 Reimpressão 2009. Editora BLUCHER

MAZER, Wellington. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**. Curitiba: Departamento Acadêmico de Construção Civil, 2008.

MEIRA, G. R. **Corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado: Fundamentos, diagnóstico e prevenção**. João Pessoa: IFPB, 2017.

PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES. Corrosão em armaduras para concreto armado. Disponível em: . Acesso em: 08 de nov. de 2019

PIANCASTELLI, E. M. **Patologia e terapia das estruturas, sintomas e causas das enfermidades**. Curso de graduação em engenharia civil. Notas de aula. Universidade Federal de Minas Gerais

SANTOS, Rafael Pinheiro dos. **REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO POR MEIO DE PROTENSÃO EXTERNA**. Revista Especialize On-line Ipog, Goiânia, v. 12, n. 13, p.1-19, 20 out. 2016.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**. São Paulo: Pini, 1998.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1a edição - São Paulo: Pini, 1998

SARTORTI, Artur Lenz et al. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP**. 2008.

STOTZ, Manoel Vicente Zeredo. **Métodos de Recuperação de Estruturas de Concreto Armado Deterioradas pela Corrosão nas Armaduras**. Revista Especialize On-line Ipog, Goiânia, v. 1, n. 10, p.1-14, 20 nov. 2014.

TEJEDOR, Cristina Mayán. **PATOLOGIAS, RECUPERAÇÃO E REFORÇO COMPROTENSÃO EXTERNA EM ESTRUTURAS DE PONTES**. 2013. 139 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Um Estudo Comparativo sobre Métodos de Alargamento de Pontes Rodoviárias de Concreto Armado, com a utilização das normas brasileiras e Eurocódigos**. 2013.

VITÓRIO, José Afonso Pereira; BARROS, Rui Manuel Meneses Carneiro de. **Análise dos danos estruturais e das condições de estabilidade de 100 pontes rodoviárias no Brasil**. Segurança, Conservação e Reabilitação de Pontes, ASCP, Porto: Portugal, p. 6270, 2013.

ESTRUTURAS METÁLICAS NO BRASIL: DESAFIOS E INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

ACADÊMICOS: Daniel Lavinias Jefferson de Aguiar e Kayque Tenente Mello.

ORIENTADOR: Prof. *M.Sc.* Lucas Machado Rocha.

LINHA DE PESQUISA: Construção Civil.

RESUMO

O cenário atual da construção civil é muito competitivo, logo novos materiais ou métodos construtivos são introduzidos a cada dia para aumentar a diversidade. Dentre elas, diversas estruturas como estrutura de aço e estrutura de concreto armado são as mais destacadas. Este artigo é uma análise comparativa dessas estruturas, apresentando as regras básicas de implantação de estruturas metálicas. Os resultados mostram que as estruturas metálicas são um excelente método construtivo, não só em edifícios industriais, mas também em edifícios residenciais, em termos de produtividade, tempo de fabricação e execução. Por sua praticidade, rapidez e arquitetura, pode ser adotado no Brasil de forma mais abrangente no futuro, como aconteceu nos Estados Unidos e no Reino Unido, uma abordagem construtiva que se estabeleceu. No entanto, ainda existem muitos aspectos das pesquisas atuais sobre este assunto que precisam ser quebrados, um dos mais relevantes pode ser a questão cultural em um país onde os edifícios são construídos principalmente em concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas de Aço; Sustentabilidade; Meio Ambiente.

1. INTRODUÇÃO

Aproximadamente, a partir do ano de 1500 AC, iniciava-se a exploração regular do ferro como material para produção de artefatos. No entanto, os metais ainda não eram utilizados como matéria prima para estruturas, o que só ocorreu alguns séculos mais tarde, por volta de 1780, para construção de pontes (figura 1) na Europa (PFEIL, 2008).

Essas construções em ferro fundido, tornaram-se um marco histórico, uma alternativa de material mais resistente que permitiu a concepção de construções cada vez mais robustas.

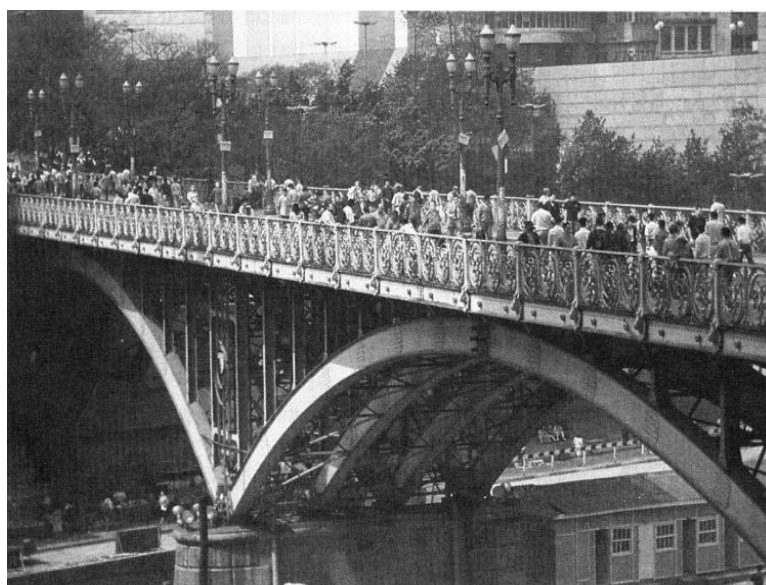


Figura 1: Viaduto Santa Ifigênia

Fonte: São Paulo in foco, 2020

De acordo com Freire (2021), por volta de 1840, o ferro forjado passou a substituir o ferro fundido, todavia com uso ainda restrito. Mais tarde, com a evolução industrial, o aço começou a ser generalizado. Uma das maiores ajudas para isso ocorrer foi devido ao encarecimento da matéria prima e da mão-de-obra para estruturas de madeira.

No Brasil, o aço se fortaleceu apenas no século XIX para a construção civil, porém as peças ainda eram importadas, pois, no país, ainda não havia sido criada nenhuma fábrica especializada em siderurgia. Logo, em 1946, foi inaugurada a CSN Companhia Siderúrgica Nacional, possibilitando a fabricação de peças por uma indústria brasileira.

A estrutura metálica é um material composto por metais, principalmente aço. Pode ser aplicado em diversos tipos de empreendimentos, como residências, pavilhões, supermercados, shoppings, centros de distribuição, entre outros.

O sistema é formado por um conjunto de peças de diferentes formatos que permite a construção de vãos mais amplos, sem interrupção de vigas ou pilares, permitindo, assim, maior aproveitamento do espaço. Isso pode ser explicado pelo fato de as peças serem fabricadas com as medidas exatas, necessárias para cada projeto, o que facilita a montagem correta dos perfis, diminuindo o risco de atraso por erro de cálculo. Tais fatores podem vir a ter uma influência direta no tempo de execução, nos gastos e nos desperdícios (BEKAERT, 2018).

Com isso, pode-se notar que o processo fica mais ágil, já que as peças chegam prontas para uso no canteiro de obras. Além disso, é notório que demanda um menor quantitativo de mão de obra humana e menos tempo para execução do projeto. Segundo Fonseca (2021, pág. 6), a construção com estrutura de aço acelera a execução do projeto.

Segundo Lippi (1979), estrutura metálica é um processo considerado mais sustentável comparado à alvenaria. Tendo em vista que, além de tudo, a construção sustentável visa uma minimização do consumo de recursos naturais e a maximização da sua reutilização. Devido às características naturais do aço, os metais podem otimizar os recursos naturais e proteger o meio ambiente. Esse material pode ser reciclado inúmeras vezes sem perder qualquer uma das suas qualidades, contribuindo, assim, para a minimização do consumo de recursos naturais e para a maximização da reutilização desses mesmos recursos.

No entanto, assim como em todos os materiais usadas na construção civil, o aço também possui suas desvantagens. Mesmo tendo certa facilidade em diminuí-las, é importante estar atento para manter a obra extremamente segura e não haver nenhum tipo de complicação na execução do projeto.

Essa facilidade a corrosão produz alterações prejudiciais e indesejadas aos elementos estruturais, podendo piorar com a falta de manutenção. Além disso, devido às possíveis instabilidades e ruídos, altura das estruturas e pela flexibilidade do aço, há uma vulnerabilidade maior com os ventos em alta velocidade além da dilatação térmica. Com isso, a estrutura pode se contorcer, vibrar e trazer ruídos indesejados. Também deve se considerar a questão da falta de mão de obra especializada, problema mais comum e encontrado em muitas áreas do território brasileiro, tornando-

se recorrentes vários erros de execução. Assim, podendo causar diversas falhas estruturais na edificação. De acordo com Cavalcante (1999, pág. 8), em nosso país, muito pouco se conhece sobre essa metodologia construtiva, entretanto este trabalho prova que já existem muitos estudos desde de então.

Segundo o INBEC (2020), Instituto nacional de educação continuada, apesar de a busca por esse tipo de estrutura ter crescido, existe uma cultura no país de utilização em massa da estrutura de concreto. Muitos profissionais nem conhecem essa nova tecnologia. Além disso, as graduações não dão ênfase ao assunto que mais uma vez fica em segundo plano em relação ao concreto, perpetuando essa cultura existente.

A falta de preparo dentre os profissionais da construção civil e o progresso de crescimento da área urbana trazem também impactos ambientais e uma urgência de estratégias para servir o mercado. Hoje em dia, há uma demanda muito grande de um público cada vez mais consciente sobre os impactos que a construção civil gera no mundo, entretanto, esse tipo de construção ainda é muito caro, não podendo atender a todos.

A urgência em obter construções ecologicamente corretas e garantir mais rapidez na execução de obras para fins lucrativos viabilizaram a elaboração desse trabalho de conclusão. Dessa forma, o estudo pretende romper a principal temática, que é a falta desta cultura no país, cujas edificações são predominantemente de concreto, para se tornar um método construtivo bem difundido, como ocorre nos Estados Unidos da América e Inglaterra, vencendo, assim, os desafios que por aqui se encontram. Portanto, este trabalho visa a apresentar um método que está sendo pouco utilizado no país e uma análise comparativa de viabilidade entre estruturas metálicas e estruturas de concreto.

Diante disso, pode-se observar a necessidade e a importância de novos trabalhos acadêmicos sobre essa tecnologia com o intuito de popularizar a participação da construção em aço no mercado nacional. Com os avanços da tecnologia e a consciência de preservação do meio ambiente, foram desenvolvidas técnicas para a construção civil, fazendo uso materiais reciclados. Esses materiais além de contribuir com o meio ambiente, geram menos lixo com entulho, resultando em economia no final da obra (COUTELLE, 2007).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o aumento do desperdício de materiais na construção civil, provocando entulhos que prejudicam o meio ambiente, cada vez mais estão sendo discutidos meios viáveis para a diminuição desse problema. A estrutura metálica é uma ótima maneira de minimizar os impactos causados citados acima, além de diminuir, consideravelmente, o tempo total de execução da obra. Para Rodrigues (2006), por sua praticidade, rapidez e o aspecto arquitetônico, futuramente poderá ser adotada no Brasil, como ocorre nos Estados Unidos da América e Inglaterra um método construtivo bem difundido. Porém, atualmente, ainda existem muitos aspectos que precisam ser rompidos com estudos sobre a temática, um deles talvez o mais relevante seja a questão cultural em um país cujas edificações são predominantemente construídas de madeira e concreto.

A sua facilidade de construção e organização do canteiro de obras possibilitam construções mais rápidas e com menor desperdício como já citado acima. Conforme Bellei, Pinho (2008), a utilização de estruturas metálicas permite a elaboração de projetos arquitetônicos arrojados, com maior facilidade para otimização de espaços e com elevada precisão construtiva. Outra vantagem é a compatibilidade com outros materiais (tijolos, lajes, painéis).

2.1 A utilização das estruturas metálicas no Brasil

No Brasil, a estrutura metálica passou a ser utilizada nas construções, em maior escala, somente após a Segunda Guerra Mundial com a criação da Companhia Siderúrgica Nacional e da Usina de Volta Redonda, no Rio de Janeiro. Antes disso, as obras realizadas no país utilizando aço precisavam importar matéria-prima que possuíam valores exorbitantes por conta do transporte.

O primeiro edifício a ser construído com aço no Brasil foi o Garagem América, no ano de 1954, em São Paulo (figura 2). Nessa construção, o fato de o terreno escolhido para erguer o prédio ser irregular foi o principal desafio encontrado, mesmo assim a estrutura em aço possibilitou sua construção (SÃO PAULO CITY, 2020).



Figura 2: garagem América construída em 1954
Fonte: São Paulo city, 2020

Ademais, existem outras grandes construções brasileiras famosas com estruturas metálicas. Uma delas é o Cristo Redentor (figura 3) no Rio de Janeiro. Também se encaixam nesse tipo de construção a Esplanada dos Ministérios e o Congresso Nacional, em Brasília. Diante disso, é importante observar suas características e configurações para maior desempenho do sistema estrutural (ENGENHARIA 360, 2021).



Figura 3: Cristo redentor
Fonte: Engenharia 360,2021

Dessa maneira, os últimos dez anos mostram que a construção civil brasileira está em pé de igualdade com o que existe de mais moderno no mundo, sendo prova definitiva de que a construção em aço atingiu um novo patamar em solo nacional.

Afirma Cardoso, (2014) que a construção civil é um mercado altamente competitivo, dessa forma, as construtoras buscam uma redução de custos de modo a atender às necessidades dos investidores, conseguir retorno financeiro lucrativo e, ainda, manter a atratividade do setor.

Nesse sentido, as estruturas metálicas, podem ter preço maior em relação às estruturas de concreto. Todavia, ao se considerar tempo estimado para finalização e entrega do projeto, vale o custo/benefício. Esse método construtivo vem ganhando espaço no cenário mundial da construção, devido à suas vantagens em relação à alvenaria convencional tais como: rapidez e flexibilidade construtiva. Ela é uma opção moderna e de boa qualidade (ROMAN; PARIZOTTO, 2006).

Além disso, o design pode ser uma boa opção ao se procurar qualidade, e maior eficiência. Em conjunto, atende à necessidade de se promoverem práticas e técnicas ecológicas e autossustentáveis na indústria e de tornar mais eficiente a utilização e a gestão dos recursos e dos resíduos, ora requisitos fundamentais do Desenvolvimento Sustentável. Nesse sentido, a indústria do aço desenvolve um papel de extrema importância. Para Gervásio (2008), execução consegue gerar menos resíduo dentro da construção, cumprindo com o papel no desenvolvimento sustentável citado.

2.2 A utilização das estruturas metálicas em Três Rios

Até o ano de 2019, na cidade de Três Rios-RJ, só se conhecia uma única construção em que se utilizou a estrutura metálica como base. Localizada no bairro Triângulo, a ponte que atravessa o Rio Paraíba do Sul foi a primeira a ser construída na cidade de Três Rios-RJ, no século XIX, servindo por muito tempo como uma travessia tanto rodoviária quanto ferroviária. Essa ponte, possui o nome de Ponte do Paraíba, mas ganhou popularmente o nome de Ponte das Garças (figura 4). O engenheiro que projetou esse empreendimento — que inaugurou o uso da estrutura de metal na construção civil em Três Rios-RJ — se chama José Koeller. Devido ao seu grande valor cultural, hoje faz parte do patrimônio histórico da cidade.



Figura 4: Pontes das Garças

Fonte: Prefeitura de Três Rios, 2021

3. METODOLOGIA

Este presente estudo se trata de uma pesquisa documental e bibliográfica com o objetivo exploratório. Foi realizado por meio da plataforma científica *Google Acadêmico* (*Scielo*, Elsevier). A partir disso, foram selecionados sites de empresas especializadas neste campo de trabalho bem como artigos científicos cujo foco é o uso da estrutura metálica, sua história no país e na esfera global. Além disso, foram selecionados artigos que trouxeram dados quantitativos e qualitativos das estruturas de concreto armado e da estrutura metálica para que pudesse ser apresentado uma comparação entre essas estruturas com a finalidade de descobrir qual a viabilidade e possível peculiaridade delas. Ainda, foram selecionadas revistas acadêmicas que ressaltavam a sustentabilidade do aço, trazendo tal fato como uma de suas maiores vantagens. Por fim, foi feita uma pesquisa de dados de duas construções na cidade de Três Rios-RJ: um prédio residencial A construído em concreto armado, com 19 andares e um Supermercado B construído em estrutura metálica, com dois pavimentos buscando entender o uso das estruturas em construções na cidade em que se localizam.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Logo no ano de 2020, devido à evolução e ao crescimento econômico da cidade, uma rede de supermercados iniciou a construção de um novo empreendimento. Com a necessidade de uma construção mais rápida, optou-se por usar estrutura metálica para a execução do seu projeto, pois os materiais de aço permitem maior liberdade de criação aos arquitetos e podem ser aplicados em qualquer local, o que tornou possível o estudo em loco. Além disso, permite a existência de um espaço mais amplo, com menos paredes, colunas ou divisórias, assim, atende com mais eficácia às exigências desse tipo de comércio.

Após o estudo de campo, realizado no canteiro de obras localizado na Avenida Zoelo Sola, no dia 30/11/2020, foram observados os benefícios que esse método construtivo trouxe e como foi feita a execução, que consistiu na fixação das peças entre si e com a fundação. Dessa forma, todos os elementos de estacas já foram

devidamente alocados, executados e prontos para servir de suporte. Nas ligações, serão utilizados solda ou parafusos. Inaba *apud* Nakamura (2006) faz uma importante reflexão sobre como analisar o custo-benefício das estruturas metálicas em relação à estrutura de concreto. Para ele, é relevante fazer a comparação de custos de forma global, pois se compararmos os elementos, individualmente, como dois pilares certamente o pilar metálico será mais caro. Para o autor não é possível apenas falar das vantagens de um sistema sobre o outro, mas atrelar as vantagens desse sistema à aplicação.

Um estudo comparativo entre as estruturas de Concreto Armado e Estrutura Metálica foi realizado por Rossatto (2015) e Freire (2017), que pôde ser resumido na Tabela 1 deste trabalho. Ali fica evidente que cada sistema construtivo possuirá vantagens e desvantagens, a depender unicamente da utilização da construção em questão.

Freire (2017) afirma que, em se tratando de fundações, em terrenos de condições normais, pode-se obter reduções de até 30% no custo, valores que podem ser superados em se tratando de "terrenos ruins".

Tabela 1. Detalhamento construtivo
 Fonte: Adaptado de Rossatto (2015) e Freire (2017)

Aspectos	Estrutura metálica em aço	Estrutura em concreto armado
Resistência	Maior resistência em comparação ao concreto.	Menor resistência em comparação ao aço.
Peso	Menor peso da estrutura.	Estruturas mais pesada.
Mão de obra	Dificuldade em encontrar mão de obra qualificada.	Métodos construtivos tradicionais como concreto armado e alvenaria.
Custo por m2	Mais econômica em relação às fundações.	Mais cara em relação às fundações.

Pilares	As colunas de aço ocupam um menor espaço e gasta menor quantidade de pilares necessários.	As colunas de concreto ocupam um maior espaço e gasta maior Quantidade de pilares.
Prazo de construção	Prazo de 35% nos edifícios comerciais e 25% nos edifícios habitacionais.	

Outras vantagens da estrutura metálica são elencadas por Freire (2017), como: altura do conjunto viga-laje em estruturas metálicas representando 2/3 da altura do conjunto viga laje em concreto convencional, o que pode representar, dependendo do projeto, substanciais reduções das áreas totais de alvenarias e revestimentos, causando economia no custo total da obra; o projeto arquitetônico que permite facilidades na utilização de materiais complementares pré-fabricados; condições para projetar economicamente grandes vãos livres; flexibilidade de utilização dos espaços construídos; liberdade de formas; desmontagem e remontagem da edificação em outro local e ampliação e reforma da edificação com o mínimo de interferência e transtornos na utilização normal do edifício. Dessa forma, a análise desses autores aponta que o custo da estrutura é apenas um dos parâmetros do orçamento total de uma obra.

Dessa forma, a análise daqueles autores aponta que o custo da estrutura é apenas um dos parâmetros do orçamento total de uma obra. Identificar qual estrutura apresenta melhor custo-benefício requer estudos que envolvam todas as variáveis, tais como tempo de execução da obra, retorno do investimento, custo de materiais e de execução como mão de obra e equipamentos, além de custos relacionados à fundações, limitações arquitetônicas e finalidade da edificação. Assim, de acordo com a finalidade da obra, são muitos os fatores a serem comparados na hora da escolha do método construtivo a escolher. Foi feita uma pesquisa de campo, na obra do Edifício A construído em concreto armado, localizado na Praça São Sebastião, em Três Rios – RJ e no Supermercado B construído em estrutura metálica .



*Figura 5: Garagem do Supermercado B
Fonte: Elaborado pelos autores*



*Figura 6: Garagem do Edifício A
Fonte: Elaborado pelos autores*

Durante a pesquisa de campo no supermercado B e no Edifício A, foi possível concluir que as colunas de aço ocuparam um menor espaço em relação às colunas de concreto. Com 5 andares de garagem, o Edifício possui um total de 130 vagas, já o Supermercado, com um só pavimento, tem capacidade para 200 carros estacionarem.

O Supermercado B precisou fazer uma análise preliminar e, com sua área construída de 11.000 metros quadrados, optou por realizar uma obra com estrutura horizontal para poder ter um melhor aproveitamento do terreno levando em conta as exigências do projeto arquitetônico, o tipo de empreendimento e o prazo para conclusão da obra. Para isso, escolheu uso da estrutura metálica que, para este tipo de construção foi mais viável, levando 3 anos para sua inauguração.

O edifício A fez um estudo de viabilidade com sua área de 930 m² e elaborou um projeto em estrutura de concreto. Com isso, o Ed. Barros Franco, construído em forma vertical, teve um tempo maior de conclusão da obra (6 anos).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto à determinação da estrutura que apresenta melhor custo-benefício, verificou-se que o aço é uma das melhores alternativas sustentáveis por aliar velocidade, qualidade e racionalização, além de retirar do canteiro de obras diversas atividades precárias e artesanais. Uma das prioridades do setor da construção deve ser o de desenvolvimento e o fornecimento de soluções inovadoras com vista à minimização desse problema.

Portanto, a economia de uma obra com estrutura metálica depende de diferentes fatores em comparação a uma obra em concreto armado e, por isso, devem ser muito bem analisadas para que haja um melhor custo benéfico na escolha do sistema construtivo. Estruturas metálicas geram cargas menores para a fundação, menor tempo de construção, menor consumo de revestimento, maior área útil e maior velocidade de giro do capital investido.

Com a crescente conscientização ecológica, com a constante pressão dos movimentos ambientais, a estrutura metálica tem tudo para ganhar espaço nos projetos de Engenharia Civil e de Arquitetura, na preferência dos clientes e na conservação ambiental. A estrutura metálica pode substituir com vantagens a estrutura convencional de madeira e concreto. A Engenharia Civil tem muito a colaborar por meio da pesquisa, da técnica e da experiência, colocando em prática um potencial importante no desenvolvimento do Brasil. Isso se dá pelo fato do material utilizado ser 100% reciclável tendo em vista que ele pode ser levado ao forno novamente, derretido e se tornar uma nova peça.

Segundo Cruz (pág. 16), embora um dos seus principais componentes, o ferro, seja extraído do meio ambiente, a possibilidade de reciclagem faz com que o aço diminua o impacto ambiental gerando um número de resíduos muito pequeno. Uma situação oposta ao concreto cuja utilização em estruturas impossibilita a reciclagem, além de extrair todos os recursos do meio ambiente e de ter restrições.

Apesar disso, as pesquisas sobre o uso dessa estrutura ainda são muito limitadas no país em relação ao contexto internacional. Tendo em vista que este tipo de construção vai se tornar cada vez mais comum, pois já está em ascensão e tem projeção de se expandir e se sobressair em comparação a outros materiais. Por se tratar de um produto de fácil acesso e com uma enorme diversidade de perfis estruturais, torna-se bastante versátil com as mais diversas aplicações. Assim, ao se considerar qual tipo de estrutura adotar deve-se analisar a obra como um todo, considerando a demanda de tempo. A estrutura metálica é mais rapidamente construída e consegue cobrir grandes vãos, características que a torna uma opção vantajosa opção ao construir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEKAERT, Belgo. **A Tecnologia na construção civil e seus seus dobramentos**, 2018. Disponível em: blog.belgobekaert.com.br/a-tecnologia-na-construcao-civil-e-seus-desdobramentos/.

BELLEI, ILDONY H. **Edifícios de Múltiplos Andares em Aço**. 2ª edição. São Paulo. Pini, 2008

CARDOSO, S.O. **Estudo comparativo entre estrutura metálica e estrutura pré-moldada**. Disponível em: <https://revista.uniplac.net/ojs/index.php/engcivil/article/view/1409>>. Acesso em: 28 set. 2020.

CARDOSO, Silvia Scalzo; GONZALES, Maria Alice. **Identificação de práticas de engenharia simultânea em edifícios estruturados em aço**. In: CONGRESSO AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA. Associação Brasileira da Construção Metálica. São Paulo, Anais... 2014.

CAROLINA FONSECA. **Estruturas metálicas reduzem o tempo de construção em até 40%**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/estruturas-metalicas-reduzem-o-tempo-de-construcao-em-ate-40/10301>. Acesso em> 10 nov. 2021.

COUTELLE, José Eduardo. **O uso da reciclagem na construção civil.** Disponível em: <http://recicla.wordpress.com/2007/11/29/o-uso-da-reciclagem-na-construcao-civil/> novembro 29, 2007. Acesso: 18 dez. 2021.

CRUZ, M.S.A.D. **Análise das viabilidades da construção de edifícios residenciais de múltiplos andares em estrutura metálica,** ANÁPOLIS / GO, v.1, n.1, p.1-57, jun./2018. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/105/1/2018_1_TCC_MARCELO%20SAMUEL.pdf. Acesso em: 29 jun. 2021.

ENGENHARIA 360. **Como o cristo redentor foi construído?** Disponível em: <https://engenharia360.com/como-o-cristo-redentor-foi-construido/>. Acesso em: 28 jun. 2021.

FREIRE, C. **Análise comparativa: custos estrutura metálica X estrutura de concreto.** PORTAL METÁLICA construção civil. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/analise-comparativa-estrutura-metalica-x-concreto>. Acesso em 28 mai. 2021.

Gervásio, H., Simões da Silva, L. e Bragança, L., 2005. **“Sustainability assessment of new construction technologies: a comparative case study”**, in Schaur, C., Mazzolani, F., Huber, G., de Matteis, G., Trumpf, H., Koukkari, H., Jaspert, J.- P. and Bragança, L. (eds.), Improvement of Building’s Structural Quality by new Technologies - COST C12 Final Conference Proceedings, Balkema, Leiden, pp. 527-536.

INABA, Roberto. **A Evolução da Construção em Aço no Brasil.** Revista arquitetura e aço,2015. Disponível em: < <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7074> > Acesso em: 17, outubro ,2020.)

INBEC. **Conheça as vantagens de utilizar estruturas metálicas em edifícios.** Disponível em: <https://inbec.com.br/blog/conheca-vantagens-utilizar-estruturas-metalicas-edificios> >. Acesso em: 25, set. 2020.

Lippi, I. R. (1979). **Estrutura de Aço e suas aplicações** (1º fascículo). São Paulo: Biblioteca do Metrô”.

NAKAMURA, J. Era do aço. **Revista aU arquitetura e urbanismo**, São Paulo. Ed. 152, 2006.

PREFEITURA DE TRÊS RIOS. **Pontos turísticos.** Disponível em:<https://tresrios.rj.gov.br/index.php/secretarias-e-departamentos/>. Acesso em: 21 jan./2021

PFEIL, Walter; PFEIL, Michele; **Estrutura de Aço: Dimensionamento Prático.** 8 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2008. P.1-380

ROCHA, L. M. **Estruturas Metálicas.** Notas de Aula de Estruturas Metálicas, Aula XX. Faculdade Vértix Trirriense. 2021.

ROMAN, Humberto. PARIZOTTO, Sergio Filho. **Manual de Alvenaria Estrutural com Blocos Cerâmicos.** 2006. Disponível em:

<http://revista.faifaculdades.edu.br/index.php/infinity/article/view/422>. Acessado em 18 dez. 2021.

ROSSATTO, Bárbara Maier. **Estudo comparativo de uma edificação em estrutura metálica/concreto armado**: estudo de caso. Santa Maria, RS, Brasil, v.1, n.1, p.1-90, jul./2015. Disponível em: http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_BARBARA%20MAIER%20ROSSATTO.pdf. Acesso em: 28 mai. 2021

RODRIGUES, F.C. **Steel Framing**: Engenharia. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006, 127p. ISBN 85-89819-11-6.

SÃO PAULO CITY. **Edifício Garagem América, o primeiro estacionamento vertical da cidade!** Disponível em: <https://spcity.com.br/edificio-garagem-america-o-primeiro-estacionamento-vertical-da-cidade/>. Acesso em 24 set/ 2020

SÃO PAULO IN FOCO. **Especial Fotográfico-Viaduto Santa Ifigênia**. Disponível em: <https://www.saopauloinfoco.com.br/viaduto-santa-ifigenia>. Acesso em 18 ago./2020

segurança do transporte rodoviário que, aliadas à relativa rapidez e às boas condições de operação, possibilitam tarifas e fretes competitivos com os preços finais das outras modalidades;

A evolução da indústria automobilística, com aumento da capacidade média produtiva da frota nacional de veículos rodoviários de passageiros e de cargas, com ênfase para estes últimos;

A expansão da produção agrícola nacional, em novas e amplas fronteiras, com maior utilização efetiva da frota de caminhões;

O grande desenvolvimento econômico e urbanização acentuada, gerando crescente demanda de transportes de cargas diversificadas;

O aumento da participação do modo rodoviário no transporte integrado, em face do próprio desenvolvimento nacional e, em particular, pelo incremento das exportações.

No Brasil, o transporte rodoviário tem uma participação prevaemente na matriz de transporte de cargas e de passageiros. Segundo dados da Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (Geipot), no transporte regional de cargas, em milhões de toneladas por quilômetro útil (TKUs) sua participação é de aproximadamente 61,1%.

Na **Tabela 1** é possível identificar a área territorial de cada região e a extensão das rodovias do Brasil e suas respectivas regiões geográficas.

Analisando a **Tabela 1**, nota-se que as rodovias das regiões Sudeste, Nordeste e Sul apresentam os maiores percentuais de quilômetros pavimentados em relação ao total de quilômetros de rodovias. Essa realidade se consolida devido à íntima relação das rodovias com o desenvolvimento socio-econômico, que é superior nas regiões litorâneas do Brasil. Porém, mesmo nas regiões predominantes, observa-se um grande déficit de pavimentação rodoviária. Essa realidade se agrava quando são analisadas as regiões Norte e Centro-Oeste.

Tabela 1. Área territorial e Extensão das Rodovias do Brasil e por Região Geográfica

REGIÃO	GEOMETRIA DA VIA	EXTENSÃO DAS RODOVIAS - KM	
		TOTAL*	PAVIMENTADAS
BRASIL	8.510.820,6	1.720.700	213.453
NORTE	3.851.991,4	148.028	22.389
NORDESTE	1.551.991,4	445.403	59.9961
SUDESTE	924.565,5	533.795	62.520
SUL	576.743,3	388.079	38.323
CENTRO-OESTE	1.606.239,0	205.395	30.260

Nota: Somatório das rodovias federais, estaduais transitórias, estaduais, municipais pavimentadas, não pavimentadas e planejadas.

Fonte: CNT (2019, p. 158)

Na pesquisa CNT de Rodovias 2019, que investigou um total de 108.863 km de rodovias entre malha federal e as principais estatais pavimentadas, foram abordadas as seguintes características: Estado geral da via, pavimento, sinalização e geometria da via. Essas características foram identificadas segundo um dos critérios: Ótimo, Bom, Regular, Ruim ou Péssimo.

Em relação ao estado geral encontrado, a **Tabela 2** apresenta os valores numéricos encontrados pela pesquisa, enquanto a **Figura 1** apresenta os mesmos dados em um gráfico.

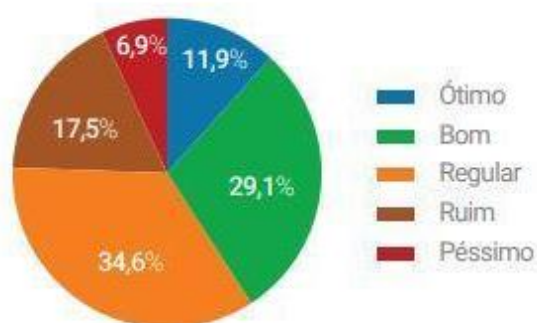
Tabela 2. Classificação do Estado Geral das Vias Analisadas.

ESTADO GERAL	EXTENSÃO TOTAL	
	KM	%
Ótimo	12.951	11,9

Bom	31.714	29,1
Regular	37.628	34,6
Ruim	19.039	17,5
Péssimo	7.531	6,9
TOTAL	108.863	100,0

Fonte: CNT (2019, p. 73)

Gráfico 1. Classificação do Estado Geral das Vias Analisadas.



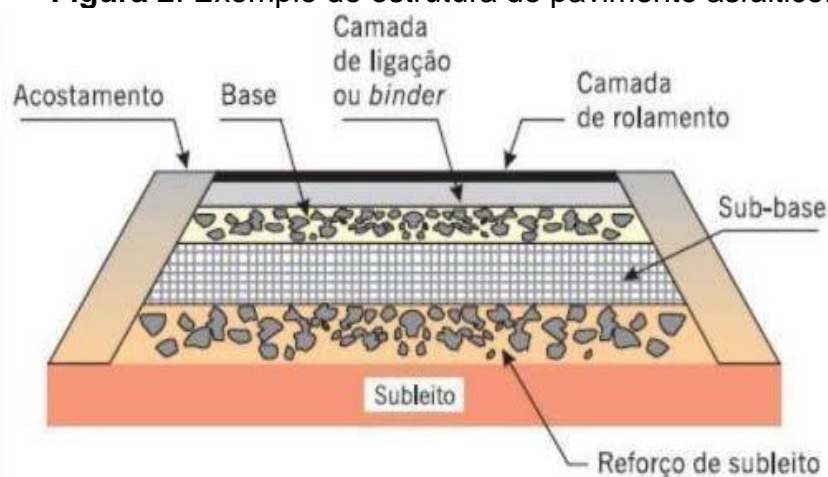
Fonte: CNT (209, p. 73)

Confirma-se, dessa maneira, que as rodovias pavimentadas além de terem uma pequena participação na malha total, apresentam condições insatisfatórias em uma considerável parcela da sua extensão. Os gargalos físicos decorrentes disso, ao aumentar o Custo Brasil, prejudicam todo o sistema logístico e dificultam a competitividade do país no que diz respeito à sua infraestrutura (ROCHA, 2015, p. 61).

Esta seção trata dos materiais ligados à execução de obras rodoviárias pavimentadas, especificamente acerca dos pavimentos flexíveis. Estes são estruturas multicamadas com a finalidade de suportar esforços de uma combinação entre a ação das cargas do tráfego e os efeitos do clima, com variações de temperatura e umidade ao longo do tempo (VILLELA, 2012).

Um modelo esquemático da construção do pavimento flexível pode ser visto na **Figura 1**. Suas partes constituintes são especificadas como:

Figura 2. Exemplo de estrutura de pavimento asfáltico.



Fonte: FILHO (2018, p. 5)

- **Camada de rolamento:** Segundo o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná (DER-PR), camada de rolamento ou “capa asfáltica” é a camada superior da estrutura destinada a receber diretamente a ação do tráfego. A mistura empregada deve apresentar estabilidade e flexibilidade compatíveis com o funcionamento elástico da estrutura e condições de rugosidade que proporcionem segurança ao tráfego (DER-PR, 2005);

- **Camada de ligação ou binder:** Camada de ligação é a camada posicionada imediatamente abaixo da “capa”. Apresenta, em relação à mistura para camada de rolamento, diferenças de comportamento, decorrentes do emprego de agregado de maior diâmetro máximo, existência de maior porcentagem de vazios, menor consumo de Filer (Material a base de calcário utilizado para aumentar a trabalhabilidade e diminuir a capilaridade e a permeabilidade de argamassas e concretos), (quando previsto) e de ligante. (DER-PR, 2005);

- **Base:** Camada destinada a resistir e distribuir ao subleito os esforços oriundos do tráfego (MARQUES, 2006, p. 7);

- **Sub-base:** Camada de pavimentação, complementar à base e com as mesmas funções desta, executada sobre o subleito ou reforço do subleito devidamente compactado e regularizado (DNIT, 2010);

- **Reforço de subleito:** Camada estabilizada granulometricamente, executada sobre o subleito devidamente compactado e regularizado, utilizada quando se torna necessário reduzir espessuras elevadas da camada de sub-base, originadas pela baixa capacidade de suporte do subleito (DNIT, 2010);

• **Subleito:** É o terreno de fundação onde será apoiado todo o pavimento. Deve ser considerado e estudado até as profundidades em que atuam significativamente as cargas impostas pelo tráfego (de 60 a 1,50 m de profundidade) (MARQUES, 2006, p. 6).

• **Leito:** É a superfície do sub-leito (em área) obtida pela terraplanagem ou obra de arte e conformada ao greide (perfil longitudinal de uma estrada de rodagem) e seção transversal (MARQUES, 2006, p. 6).

“Concreto Asfáltico (CA) ou Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) é um revestimento flexível cuja mistura é executada a quente em usina apropriada, com características específicas, é espalhada e compactada a quente.”. (DNIT, 2006).

Figura 3: Modelo de usina móvel de mistura de Concreto Asfáltico a Quente.



Fonte: (SOUZA, 2017, p. 10)

Após usinagem, o CA é transportado até o local da pavimentação e aplicado com Vibroacabadora de distribuição da massa asfáltica.

Figura 4: Vibroacabadora de Distribuição da Massa Asfáltica.



Fonte: Autor.

Após a aplicação pela vibroacabadora, são utilizados rolos compactadores para selar a superfície asfáltica de modo que a água não penetre em sua estrutura, garantindo a durabilidade do pavimento.

Preferência para rolos pneumáticos.

“Os rolos tandem liso normalmente são evitados pois as rodas lisas formam espécie de ponte sobre as partículas maiores causando pequenas depressões. Podem esmagar partículas maiores causando deterioração do revestimento.”. (MARQUES, 2006, p. 156).

Figura 5: Rolo Compactador Vibratório Tandem.



Fonte: ECIVIL (2019).

Figura 6: Rolo Compactador Pneumático.



Fonte: M&T (2019).

“Anualmente, são geradas cerca de 35 milhões de carcaças de pneus e há mais de 100 milhões de pneus abandonados no país que, reciclados, podem ser utilizados na pavimentação das estradas.”. (DI GIULIO, 2007).

O primeiro impacto positivo no uso de borracha em misturas asfálticas está no ambiente, pois a restauração de pavimento com esse tipo de asfalto pode usar até mil pneus por quilômetro, o que reduz o depósito desse material em aterros ou fora deles, diz o pesquisador Luciano Specht, da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Unijuíapud DI GIULIO, 2007).

As primeiras tentativas de se utilizar borracha de pneus inservíveis em asfalto datam da década de 1950. Entretanto, o desempenho do material resultante não instigou os pesquisadores a continuarem os testes experimentais. Na década seguinte, o engenheiro de materiais Charles McDonald atravessava os Estados Unidos em um trailer para inspecionar rodovias quando utilizou uma mistura de pó de pneu com asfalto para selar trincas no teto do seu veículo. Ele observou que, com o passar do tempo, a mistura emborrachada não oxidava, ao contrário daquelas com asfalto convencional. O engenheiro, então, experimentou a mistura de pó de pneu e asfalto quente para os usuais serviços de tapa-buracos. Em 1963, começaram a ser publicados os primeiros artigos científicos apontando para as qualidades do novo material que surgia (DI GIULIO, 2007).

De forma geral, pode-se verificar que em muitos pavimentos, após um curto período, os defeitos começam a aparecer na superfície de rolamento, causando desconforto, reduzindo a segurança e aumentando os custos para os usuários. Os principais tipos de defeitos que ocorrem nos pavimentos são as trincas por fadiga e o acúmulo de deformação permanente nas trilhas de rodas. Uma das causas da ocorrência acentuada de deformação permanente nas trilhas de rodas é a baixa resistência ao cisalhamento das misturas asfálticas, que depende da susceptibilidade térmica do ligante asfáltico e do esqueleto dos agregados minerais. (FILHO, 2004).

Há várias décadas, alguns pesquisadores vêm desenvolvendo novas técnicas de modificação do asfalto, sendo a sustentabilidade um dos temas mais abordados. Atualmente, propõe-se então a incorporação de borracha reciclada de pneus inservíveis, como aditivos, com a finalidade de melhorar as propriedades do ligante e minimizar o impacto ambiental decorrente da destinação de pneus (ROSA; SANTOS; et al, 2012, p. 32).

A Borracha proporciona um aumento da flexibilidade, tornando a mistura asfáltica mais resistente ao envelhecimento e ao aparecimento de deformações (trilhas de rodas). Quando comparado ao pavimento convencional, o pavimento com asfalto-borracha apresenta maior durabilidade. Além disso, quando utilizada uma curva granulométrica adequada, reduz o nível de ruído causado pelo fluxo de veículos e auxilia na drenagem em dias de chuva. Pode-se dizer que uma pista com asfalto-borracha proporciona maior conforto, economia e segurança aos usuários, além do desempenho e da durabilidade serem superiores aos de uma pista convencional (ODA; et al, 2005, p. 2).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho de conclusão de curso caracteriza-se como um estudo exploratório. Pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 1995, p. 27). Tendo abordagem qualitativa, são realizados: comparativo de bibliografia teórica existente, levantamento de dados em manuais e normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), do Departamento de Estradas de Rodagem (DER), e da Confederação Nacional de Transportes (CNT), relacionados à tecnologia de pavimentação.

As características técnicas abordadas são em função das normas “DNIT 112/2009-ES. Pavimentação Flexível – Cimento Asfáltico Modificado por Borracha de Pneus Inservíveis pelo Processo Vida Úmida do Tipo “Terminal Blending.” e “DNIT 031/2006-ES. Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico.” Que apresentam metodologia de dimensionamento dos pavimentos, bem como os valores quantitativos e qualitativos para confecção de material adequado para pavimentação.

As características financeiras abordadas são em função do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) na versão de Abril de 2020, onde o mesmo apresenta os valores de custos de implantação do Asfalto-Borracha, do Asfalto de Petróleo convencional e o custo de manutenção de pavimentos asfálticos. A partir desta análise do SICRO, são realizados cálculos de custo de manutenção em função do tempo de desgaste de cada tipo de pavimento, obtendo novos valores percentuais de manutenção em função do tempo de uso de cada pavimento.

A exposição dos resultados será em tabelas e gráficos, visando otimizar a compreensão do leitor.

Também são realizadas análises de casos específicos de artigos e dissertações para obtenção de conclusão geral, cuja finalidade é aplicada principalmente à economia na construção e manutenção de estradas, mas também à viabilidade técnica e ambiental utilizando material tecnológico não convencional.

Os subitens deste tópico serão referenciados exclusivamente por normas e manuais vigentes do DNIT, visando padronização, compatibilidade e garantindo a qualidade das informações apresentadas.

Os materiais constituintes do concreto asfáltico com asfalto-borracha são: agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento (filer), cimento asfáltico e Melhorados de Adesividade (dope), se necessário (DNIT, 2009, p. 2-3).

Tabela 3 – Materiais Constituintes do Concreto Asfáltico com Asfalto-Borracha.

MATERIAL	DESCRIÇÃO
<p>Agregado Graúdo</p> <p>Fragmentos são, duráveis, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas.</p>	<p>Deve ser Pedra Britada, Escória, Seixo Rolado, preferencialmente Britado, ou outro material indicado em normas complementares.</p>
<p>Agregado Miúdo</p> <p>Deve ser resistente, livre de torrões de argila e de substâncias nocivas.</p>	<p>Deve ser Areia, Pó de Pedra, ou ambos.</p>
<p>Material de Enchimento (Filer)</p> <p>Deve ser colocado em todas as misturas na proporção de no mínimo 0,5%.</p> <p>Deve estar seco e isento de grumos.</p>	<p>Deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, como Cimento Portland, Cal Extinta, Pós-calcários, etc.</p>
<p>Cimento Asfáltico</p> <p>Podem ser empregados os seguintes tipos de asfalto:</p> <p>AB-8 (Faixas A, B, C e Gap Graded).</p> <p>AB-22 (Gap Graded).</p>	<p>Deve ser utilizado o Asfalto-borracha via úmida, do tipo “Terminal Blending”.</p>

<p>Melhorador de Adesividade (dope)</p> <p>A determinação da adesividade do ligante com o melhorador de adesividade deve ser definida por métodos definidos em diversas normas técnicas apresentadas na norma DNIT 112/2009-ES.</p>	<p>Não havendo boa adesividade entre o ligante asfáltico e os agregados graúdos ou miúdos, deve ser empregado melhorador de adesividade, na quantidade fixada no projeto.</p>
--	---

Fonte: (DNIT, 2009, p. 4)

A composição do concreto com asfalto-borracha deve satisfazer aos requisitos da **Tabela 4** com as respectivas tolerâncias, no que diz respeito à granulometria e aos percentuais do ligante asfáltico, determinados pelo projeto da mistura (DNIT, 2009, p. 4)

Tabela 4 – Tolerâncias de Granulometria.

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando					Tolerâncias máx
		Faixas Contínuas			Faixa Descontinua	GAP GRADED	
Série ASTM	Abertura (mm)	A	B	C			
2"	50,8	100	-			-	-
1 ½"	38,1	95 - 100	100			-	± 7%
1"	25,4	75 - 100	95 - 100			-	± 7%
¾"	19,1	60 - 90	80 - 100	100		100	± 7%
½"	12,7	-	-	80 - 100		90 - 100	± 7%
3/8"	9,5	35 - 65	45 - 80	70 - 90		78 - 92	± 7%
Nº 4	4,8	25 - 50	28 - 60	44 - 72		28 - 42	± 5%
Nº 10	2,0	20 - 40	20 - 45	22 - 50		14 - 24	± 5%
Nº 40	0,42	10 - 30	10 - 32	8 - 26		8 - 17	± 5%
Nº 80	0,18	5 - 20	8 - 20	4 - 16		5 - 11	± 3%
Nº 200	0,075	1 - 8	3 - 8	2 - 10		2 - 7	± 2%
Asfalto solúvel no CS ₂ (%)		4,0 - 7,0 Camada de ligação (Binder)	4,5 - 7,5 Camada de ligação e rolamento	4,5 - 8,0 Camada de rolamento		5,0 - 8,0 Camada de rolamento	± 0,3%

Fonte: (DNIT, 2009, p. 5)

A faixa usada deve ser aquela cujo diâmetro máximo é inferior a 2/3 da espessura da camada. As porcentagens de ligante se referem à mistura de agregados, considerada como 100%. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deve ser inferior a 4% do total (DNIT, 2009, p. 5).

Devem ser observados os valores limites para as características especificadas na **Tabela 5**.

Tabela 5 – Características de Composição da Mistura de Concreto Afaltico com Asfalto-Borracha.

Características	Método de ensaio	Camada de Rolamento	Camada de Rolamento GAP GRADED	Camada de Ligação (Binder)
Porcentagem de vazios, %	DNER-ME 043	3 a 5	4 a 6	4 a 6
Relação betume/vazios	DNER-ME 043	65-78	65 - 78	65 – 78
Estabilidade, mínima, (Kgf) (75 golpes)	DNER-ME 043	800	700	700
Resistência à Tração por Compressão Diametral estática a 25°C, mínima, MPa	DNER-ME 138	0,75	0,50	0,65

Fonte: (DNIT, 2009, p. 5)

As misturas devem atender às especificações da relação betume/vazios ou aos mínimos de vazios do agregado mineral, dados pela **Tabela 6**:

Tabela 6 – Relação Betume/Vazios e Mínimos de Vazios do Agregado Mineral.

Tamanho máximo nominal	VAM			
	Vazios 3 %	Vazios 4 %	Vazios 5 %	Vazios 6 %
1 ½" – 37,5 mm	10	11	12	13
1" – 25 mm	11	12	13	14
¾" – 19 mm	12	13	14	15
½" – 12,5 mm	13	14	15	16
3/8" – 9,5 mm	14	15	16	17
Nº 4 – 4,75 mm	16	17	18	19
Nº 8 – 2,36 mm	19	20	21	22
Nº 10 – 1,18 mm	21,5	22,5	23,5	24,5

Fonte: (DNIT, 2009, p. 5)

A quantidade e a frequência de determinações correspondentes aos diversos ensaios para o controle tecnológico da execução e do produto devem ser estabelecidas segundo um Plano de Amostragem aprovado pela Fiscalização, elaborado de acordo com os preceitos da Norma DNER-PRO 277/97. (DNIT, 2009, p. 10).

“A verificação final da qualidade do revestimento de Concreto Asfáltico (Produto) deve ser efetuada através das determinações, executadas de acordo NORMA DNIT 112/2009-ES 10 com o Plano de Amostragem Aleatório.”. (DNIT, 2009, p. 9).

A Espessura da Camada deve ser medida por ocasião da extração dos corpos-de-prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compactação da mistura. Admite-se a variação de $\pm 5\%$, em relação às espessuras de projeto (DNIT, 2009, p. 10).

A verificação dos alinhamentos do eixo e dos bordos deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes

às estacas da locação. Os desvios verificados não devem exceder ± 5 cm (DNIT, 2009, p. 10).

A verificação do acabamento da superfície: durante a execução deve ser feito em cada estaca de locação o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00 m e outra de 1,20 m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das réguas. O acabamento longitudinal da superfície deve ser verificado por aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta, devidamente calibrados (DNER-PRO 164/94 e DNERPRO 182/94), ou outro dispositivo equivalente para esta finalidade. O Quociente de Irregularidade - QI deve apresentar valor inferior ou igual a 35 contagens/km ($IRI \leq 2,7$ m/km). (DNIT, 2009, p. 10).

As condições de segurança do revestimento de concreto asfáltico acabado devem ser determinadas por meio de métodos e equipamentos de medida de textura para avaliação da resistência à derrapagem. Para avaliação desta resistência devem ser utilizados o Ensaio do Pêndulo Britânico, de acordo com o Método ASTM E 303/93 (1998) e o Ensaio de Mancha de Areia, de acordo com o Método ASTM E 965-96 (2006), ambos citados no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, do DNIT, 2006 (DNIT, 2009, p. 10).

“Ensaio de Mancha de Areia: $0,6 \text{ mm} \leq HS$ (Altura da Mancha de Areia) $\leq 1,2$ mm.”. (DNIT, 2009, p. 10).

Ensaio do Pêndulo Britânico: VRD (Valor de Resistência à Derrapagem) ≥ 47 . Além da microtextura e macrotextura, medidos pelo Pêndulo Britânico e Mancha de Areia, a resistência à derrapagem pode ser avaliada por meio de quaisquer dos equipamentos contemplados (ou homologável) na Norma ASTM E-1960 (2001) ((DNIT, 2009, p. 10).

Esta Norma avalia o Índice Internacional de Atrito IFI (International Friction Index), cujos valores mínimos de IFI recomendados são:

- Valor de IFI (F60) $\geq 0,22$ para obras rodoviárias novas (DNIT, 2009, p. 10).
- Valor de IFI (F60) $\geq 0,15$ para pavimentos restaurados (DNIT, 2009, p. 10)

Concreto Asfáltico (CA)

Os subitens deste tópico serão referenciados exclusivamente por normas e manuais vigentes do DNIT, visando padronização, compatibilidade e garantindo a qualidade das informações apresentadas.

“Os materiais constituintes do concreto asfáltico são agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento (filer), cimento asfáltico (ligante)” (DNIT, 2006, p. 4).

Tabela 7: Materiais Constituintes do Concreto Asfáltico.

MATERIAL	DESCRIÇÃO
Agregado Graúdo	Pode ser pedra britada, escória, seixo rolado preferencialmente britado ou outro material indicado nas Especificações Complementares na norma DNIT 031/2006-ES.
<p>Agregado Miúdo</p> <p>Suas partículas individuais devem ser resistentes, estando livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deve apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER-ME 054).</p>	Pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos ou outro material indicado nas Especificações Complementares na norma DNIT 031/2006-ES.
Cimento Asfáltico	<p>Podem ser empregados os seguintes tipos de cimento asfáltico de petróleo:</p> <ul style="list-style-type: none"> – CAP-30/45 ; – CAP-50/70 ; – CAP-85/100
Material de Enchimento (filer)	Deve estar seco e isento de grumos, e deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós-calcários, cinza volante, etc; de acordo com a Norma DNER-EM 367.

Fonte: DNIT (2006, p. 4).

A composição do concreto com asfalto-borracha deve satisfazer aos requisitos da **Tabela 8** com as respectivas tolerâncias, no que diz respeito à granulometria e aos percentuais do ligante asfáltico, determinados pelo projeto da mistura (DNIT, 2006, p. 5).

Tabela 8 – Tolerâncias de Granulometria.

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando			
Série ASTM	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerâncias
2"	50,8	100	-	-	-
1 ½"	38,1	95 - 100	100	-	± 7%
1"	25,4	75 - 100	95 - 100	-	± 7%
¾"	19,1	60 - 90	80 - 100	100	± 7%
½"	12,7	-	-	80 - 100	± 7%
3/8"	9,5	35 - 65	45 - 80	70 - 90	± 7%
Nº 4	4,8	25 - 50	28 - 60	44 - 72	± 5%
Nº 10	2,0	20 - 40	20 - 45	22 - 50	± 5%
Nº 40	0,42	10 - 30	10 - 32	8 - 26	± 5%
Nº 80	0,18	5 - 20	8 - 20	4 - 16	± 3%
Nº 200	0,075	1 - 8	3 - 8	2 - 10	± 2%
Asfalto solúvel no CS2(+) (%)		4,0 - 7,0 Camada de ligação (Binder)	4,5 - 7,5 Camada de ligação e rolamento	4,5 - 9,0 Camada de rolamento	± 0,3%

Fonte: (DNIT, 2006, p. 5).

A faixa usada deve ser aquela cujo diâmetro máximo é inferior a 2/3 da espessura da camada. As porcentagens de ligante se referem à mistura de agregados, considerada como 100%. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deve ser inferior a 4% do total (DNIT, 2006, p. 5).

Devem ser observados os valores limites para as características especificadas na **Tabela 9**.

Tabela 9 – Características de Composição da Mistura de Concreto Afaltico.

Características	Método de ensaio	Camada de Rolamento	Camada de Ligação (Binder)
Porcentagem de vazios, %	DNER-ME 043	3 a 5	4 a 6
Relação betume/vazios	DNER-ME 043	75 – 82	65 – 72
Estabilidade, mínima, (Kgf) (75 golpes)	DNER-ME 043	500	500
Resistência à Tração por Compressão Diametral estática a 25°C, mínima, MPa	DNER-ME 138	0,65	0,65

Fonte: (DNIT, 2006, p. 5)

As misturas devem atender às especificações da relação betume/vazios ou aos mínimos de vazios do agregado mineral, dados pela **Tabela 10**:

Tabela 10 - Relação Betume/Vazios e Mínimos de Vazios do Agregado Mineral.

VAM – Vazios do Agregado Mineral		
Tamanho Nominal Máximo do agregado		VAM Mínimo %
#	m m	
1½"	38,1	13
1"	25,4	14
¾"	19,1	15
½"	12,7	16
⅜"	9,5	18

Fonte: (DNIT, 2006, p. 5)

O número e a freqüência de determinações correspondentes aos diversos ensaios para o controle tecnológico da produção e do produto são estabelecidos segundo um Plano de Amostragem aprovado pela Fiscalização, de acordo com a **Tabela 11** de controle estatístico de resultados da Norma DNER-PRO 277 (DNIT, 2006, p. 12).

Tabela 11 – Tabela de Amostragem Variável.

N	5	6	7	8	9	10	11	12
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16
A	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,13	0,10

Tabela 11 – Tabela de Amostragem Variável. - CONTINUAÇÃO

n	13	14	15	16	17	19	21
K	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
A	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01

Fonte: (DNIT, 2006, p. 12).

Onde:

n= nº de amostras

k= Coeficiente Multiplicador

α = Risco do Executante

Verificação do Produto

“A verificação final da qualidade do revestimento de Concreto Asfáltico (Produto) deve ser exercida através das seguintes determinações, executadas de acordo com o Plano de Amostragem Aleatório.”. (DNIT, 2006, p.10).

A Espessura da Camada deve ser medida por ocasião da extração dos corpos-de-prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos; antes e depois do espalhamento e compactação da mistura. Admite-se a variação de $\pm 5\%$ em relação às espessuras de projeto (DNIT, 2006, p.11).

“A verificação do eixo e dos bordos deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. Os desvios verificados não devem exceder $\pm 5\text{cm}$.”. (DNIT, 2006, p. 11).

A verificação do Acabamento da Superfície: durante a execução deve ser feita em cada estaca da locação o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00m e outra de 1,20m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5cm, quando verificada com qualquer das réguas. O acabamento longitudinal da superfície deve ser verificado por aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta devidamente calibrados (DNER-PRO 164 e DNER-PRO 182) ou outro dispositivo equivalente para esta finalidade. Neste caso o Quociente de Irregularidade - QI deve apresentar valor inferior ou igual a 35 contagens/km ($\text{IRI} \leq 2,7$) (DNIT, 2006, p. 11-12).

As Condições de Segurança do revestimento de concreto asfáltico acabado: deve apresentar Valores de Resistência à Derrapagem - VDR ≥ 45 quando medido com o Pêndulo Britânico (ASTM-E 303) e Altura de Areia – $1,20\text{mm} \geq \text{HS} \geq 0,60\text{mm}$ (NF P-98-216-7). Os ensaios de controle são realizados em segmentos escolhidos de maneira aleatória, na forma definida pelo Plano da Qualidade (DNIT, 2006, p. 12).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando dois trechos de cada tipo de pavimento foi verificado maior desgaste por parte do asfalto convencional. Como os dois modelos estiveram sob ação das mesmas intempéries, pode-se associar os defeitos somente ao tipo de material utilizado (SANCHES et al, 2012, p. 59).

Após 7 anos de utilização da via em estudo, fez-se uma análise visual e chegou-se à conclusão que aproximadamente 70% do trecho com CAP-50/70 sofreu algum tipo de manutenção, enquanto o asfalto-borracha precisou somente de 10% de reparo (SANCHES et al, 2012, p. 59).

Para comparação dos custos no período atual, foi consultado o Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) do DNIT do estado do Rio de Janeiro, versão de Abril de 2020.

“Vale ressaltar que o custo de manutenção é o mesmo para o asfalto convencional e o os asfalto-borracha, uma vez que a manutenção se dá da mesma forma para ambas as formas de pavimentação.”. (SANCHES et al, 2012, p. 59).

Segue tabelas com Custos de Execução e Manutenção de ambos os tipos de Pavimento.

Tabela 12 – Custos de Unitários de Execução e Manutenção de Pavimentos.

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNIDADE	CUSTO (R\$)
1		EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM ASFALTO CONVENCIONAL COM PREPARO DE BASE		
1.1	4011219	Base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com material de jazida	m³	7,1
1.2	4011454	Concreto asfáltico - faixa A - areia e brita comerciais	t	116,02
2		EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM ASFALTO BORRACHA COM PREPARO DE BASE		
2.1	4011219	Base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com material de jazida	m³	7,1
2.2	4011472	Concreto asfáltico com borracha - faixa GAP GRADED - brita comercial	t	145,29
3		MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO		
3.1	4915703	Correção de defeitos com mistura betuminosa	m³	143,05

Fonte: DNIT, 2020

Observando a Tabela 12, percebemos incoerência entre as unidades de medida de cada item, impossibilitando a soma de custo total do pavimento.

Portanto torna-se necessária a transformação das unidades de toneladas (t) para metros cúbicos (m³).

Esta conversão é possível utilizando o valor da densidade do asfalto que possui a seguinte fórmula:

$$d=m/v$$

onde:

d= Densidade.

m= Massa.

v= Volume.

Foi utilizada a densidade 2,34t/m³ por se tratar do valor máximo esperado para a densidade de uma mistura asfáltica no teor ótimo da dosagem pelo método Marshall (DNIT, Edital nº0074/13-12).

Deste modo, substitui-se na equação:

$$2,34 = 1/v$$

$$v = 1/2,34$$

$$v = 0,42735\text{m}^3$$

Portanto, o volume-te de asfalto em uma tonelada é 0,42735m³

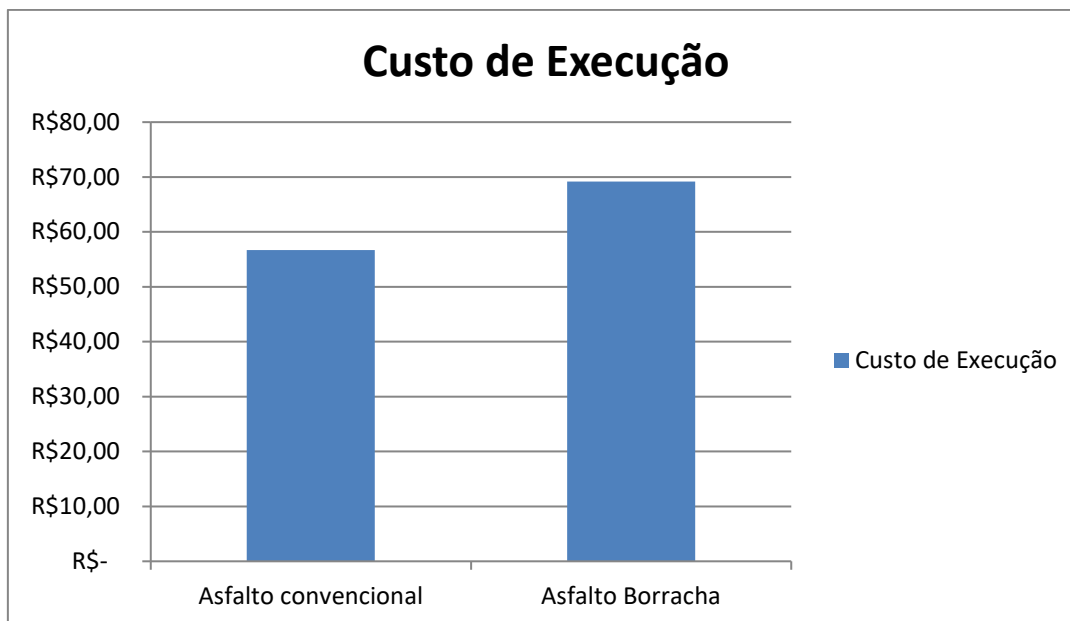
Multiplica-se os custos dados em toneladas, pelo volume encontrado e obtem-se a **Tabela 13**.

Tabela 13 – Custos de Unitários de Execução e Manutenção de Pavimentos – Valores em m³.

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNIDADE	CUSTO (R\$)
1		EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM ASFALTO CONVENCIONAL COM PREPARO DE BASE	m ³	56,681147
1.1	4011219	Base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com material de jazida	m ³	7,1
1.2	4011454	Concreto asfáltico - faixa A - areia e brita comerciais	m ³	49,581147
2		EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM ASFALTO BORRACHA COM PREPARO DE BASE	m ³	69,1896815
2.1	4011219	Base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com material de jazida	m ³	7,1
2.2	4011472	Concreto asfáltico com borracha - faixa GAP GRADED - brita comercial	m ³	62,0896815
3		MANUTENÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO		143,05
3.1	4915703	Correção de defeitos com mistura betuminosa	m ³	143,05

Fonte: Autor.

Gráfico 2 – Custo de Execução de Pavimentos Asfálticos.



Fonte: Autor.

Em primeira análise, observa-se que o custo de execução do Asfalto-Borracha é percentualmente 22,07% maior que o Asfalto Convencional.

Porém, os níveis de desgaste na via, como citado anteriormente, foram maiores no trecho pavimentado com Asfalto Convencional, onde foi necessária manutenção em 70% da área pavimentada. Em contrapartida, no trecho pavimentado com Asfalto-Borracha, foi necessária manutenção em somente 10% da área pavimentada. Multiplicando o custo unitário de manutenção pelo percentual de manutenção realizada, encontram-se novos valores de manutenção

Portanto, os novos valores encontrados como custos de manutenção são

1) Manutenção do asfalto-borracha: $R\$ 143,05/m^3 \times 0,10 = R\$ 14,30/m^3$

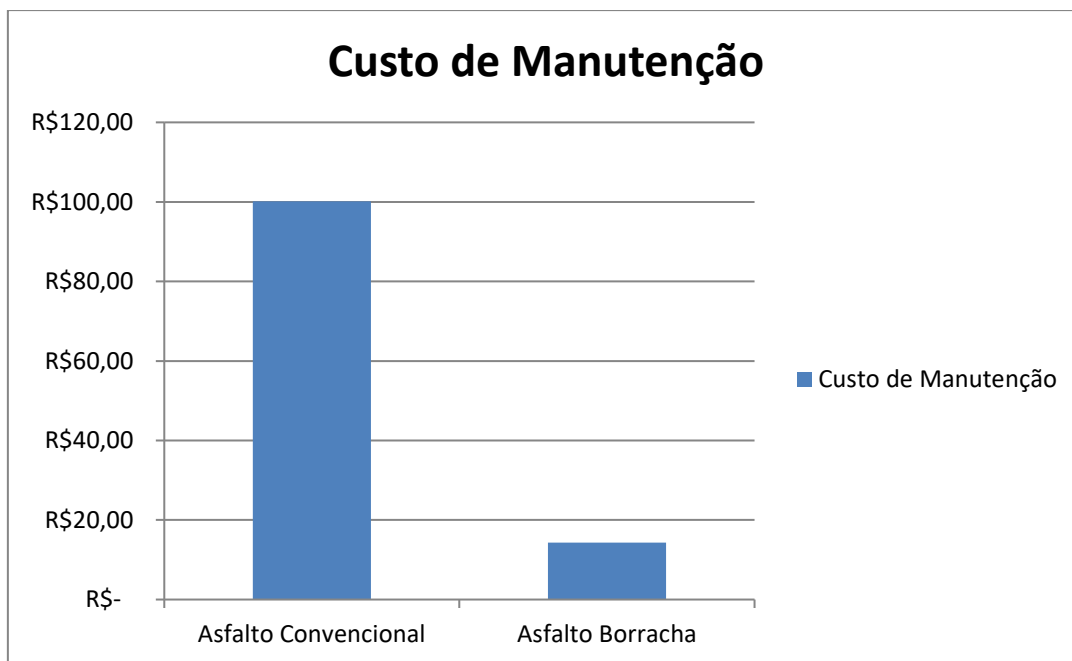
2) Manutenção do asfalto convencional: $R\$ 143,05/m^3 \times 0,70 = R\$ 100,13/m^3$

Tabela 14 – Custo de Manutenção de Pavimentos.

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO (R\$)
1	Asfalto Convencional	m ³	100,13
2	Asfalto Borracha	m ³	14,3

Fonte: Autor.

Gráfico 3 – Custo de Manutenção de Pavimentos.



Fonte: Autor.

Analisando os novos valores de manutenção, confirma-se a teoria de maior vida útil do pavimento de Asfalto-Borracha, visto que a manutenção necessária é menor que a manutenção necessária do Asfalto Convencional.

Após análise isolada de custos de execução e manutenção, torna-se necessária a análise do somatório de custos para comprovação de viabilidade técnico-financeira, visto que a pavimentação é um serviço executado com objetivo de longo prazo.

1) Execução + Manutenção de Asfalto-Borracha: R\$69,18/m³ + R\$14,30/m³ = R\$83,48/m³

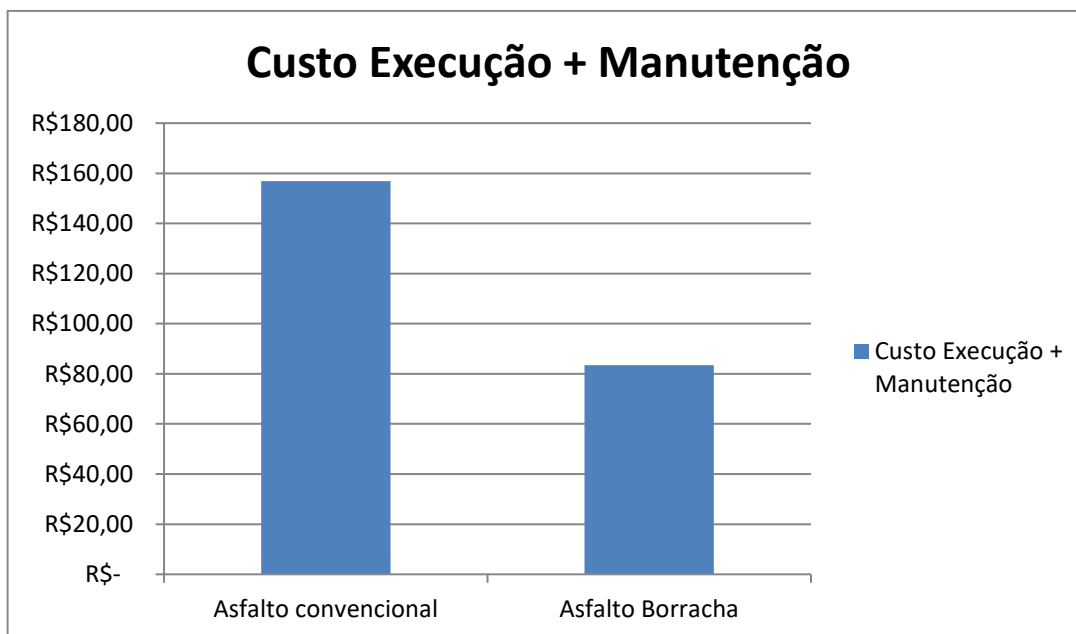
2) Execução + Manutenção de Asfalto Convencional: R\$56,68/m³ + R\$100,13/m³ = R\$156,81/m³

Tabela 15 – Custo Execução + Manutenção de Pavimentos.

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO (R\$)
1	Asfalto Convencional	m ³	156,81
2	Asfalto Borracha	m ³	83,48

Fonte: Autor.

Gráfico 4 – Custo Execução + Manutenção de Pavimentos.



Fonte: Autor.

Analisando o somatório dos custos de manutenção e execução, verifica-se que o Pavimento em Asfalto Convencional tem um custo 81,33% maior que o Pavimento em Asfalto-Borracha devido ao menor custo de manutenção no período de 7 anos de utilização.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um país como o Brasil, onde o modal rodoviário é predominante, é necessária a implantação de tecnologias que evoluam sua qualidade, visto a grande demanda necessária devido à qualidade insatisfatória do estado geral das rodovias brasileiras.

O Asfalto-Borracha apresenta resultados qualitativos satisfatórios devido à sua maior resistência a deformações permanentes como trilhas de rodas e menor índice de fissuras, pois a borracha proporciona maior resistência ao cisalhamento, ao envelhecimento e às deformações, além de proporcionar menor nível de ruídos causados pelo fluxo de veículos e auxiliar na drenagem de águas pluviais na rodovia.

Apesar do custo inicial da pavimentação com Asfalto-Borracha ser 22,07% maior que a pavimentação com Asfalto Convencional (CAP 50/70), o período de vida útil do Asfalto-Borracha é 30% maior, o que recompensa essa diferença de valor devido à menor necessidade de manutenção.

Segundo análise apresentada nesse trabalho, o custo de Execução e Manutenção de uma pavimentação utilizando Asfalto Convencional (CAP 50/70) é 81,33% mais caro que a pavimentação realizada com Asfalto-Borracha considerando o período de utilização de 7 anos e esse percentual tende a crescer com o passar do tempo devido ao desgaste acelerado do Asfalto Convencional em relação ao Asfalto-Borracha.

Além da viabilidade econômica, ressalta-se a viabilidade ambiental, visto que a construção de rodovias, além dos próprios veículos que trafegam pelo território nacional, causa grandes impactos ambientais. O Asfalto-Borracha utiliza grandes quantidades de pneus descartados muitas vezes em locais inadequados na natureza, tornando uma construção mais sustentável para o meio ambiente.

Portanto, conclui-se que a implantação do pavimento utilizando Asfalto-Borracha proporciona uma rodovia mais durável, econômica, segura e sustentável para utilização econômica e social.

REFERÊNCIAS

77,O Mensageiro. **Rodovia BR040**. O Mensageiro 77, Como as Rodovias são Numeradas. Agosto de 2015. Disponível em: <BR-116, BR-381, etc: como as rodovias são numeradas – O Caminhante (wordpress.com)> Acesso em 16 de Novembro de 2020.

BARROS, Verônica Altef; PADILHA, Norma Sueli. **Construção Sustentável e Meio Ambiente de Trabalho**. Revista do Direito do Trabalho e Meio Ambiente do Trabalho. Vol.02, nº2, pp.58-78, Julho-Dezembro de 2016. ISSN: 2525-9857. Disponível em: <<https://indexlaw.org/index.php/revistadtmat/article/view/1233/1664>> Acesso em 01 de Maio de 2020.

Confederação Nacional de Transportes. **Pesquisa CNT de Rodovias 2019**. Dezembro de 2019. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>> Acesso em 02 de Julho de 2020.

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná - DER/PR. DER/PR ES-P 15/05 - **Pavimentação: Concreto Asfáltico Usinado a Quente Com Asfalto Polímero**. Especificações de Serviços Rodoviários. pp. 23, Dezembro de 2005. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/pdf_Pavimentacao/ES-P15-05CAUQcomAsfaltoPolimero.pdf> Acesso em: 02 de Junho de 2020.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **1º Caderno de Perguntas e Respostas relativas ao Edital Nº0074/13-12** pp.2, Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/anexo/Caderno/Caderno_edital0074_13-12_0.pdf> Acesso em 17 de Novembro de 2020.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. NORMA DNIT 112/2009-ES. **Pavimentação Flexível – Cimento Asfáltico Modificado por Borracha de Pneus Inservíveis pelo Processo Vida Úmida do Tipo “Terminal Blending” – Especificação do Material**. pp.6, Setembro de 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-material-em/dnit111_2009_em.pdf> Acesso em 09 de Outubro de 2020.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. NORMA DNIT 031/2006-ES. **Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificação de Serviço**. pp.13, Setembro de 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit031_2006_es.pdf> Acesso em 09 de Outubro de 2020.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. NORMA DNIT 112/2009-ES. **Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico com Asfalto-Borracha, Via Úmida, do Tipo “Terminal Blending” – Especificação de Serviço**. pp.13, Setembro de 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit112_2009_es.pdf> Acesso em 09 de Outubro de 2020.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Publicação IPR-742. **Manual de Implantação Básica de Rodovia**. 3ª Edição, 2010. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/742_manual_de_implantacao_basica.pdf> Acesso em 15 de Maio de 2020.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Sistema de Custos Referenciais de Obras**. Rio de Janeiro, Abril de 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro/sudeste/rio-de-janeiro/2020/abril/abril-2020>> Acesso em 5 de Novembro de 2020.

DI GIULIO, Gabriela. **Vantagens Ambientais e Econômicas no Uso de Borracha em Asfalto**. Inovação Uniemp. v. 3, n. 3, p. 12-15, 2007. Disponível em: <http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942007000300008&lng=e&nrm=iso&tlng=pt> Acesso em 30 de Junho de 2020.

DUKE, Marilan Pedro. **Concreto Asfáltico Drenante com Fibras de Celulose, Ligante Modificado por Polímero e Asfalto-Borracha**. Infraestrutura e Gerência Viária. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Florianópolis. Abril de 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/103024/222704.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 25 de Junho de 2020.

ECIVIL. **Rolo Compactador Tandem. ECIVIL -Dicionário da Construção Civil**, 2019; Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-rolo-compactador-tandem.html>>. Acesso em 16 de Novembro de 2020.

Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. **Estudo de Transporte Regional de Cargas**. Disponível em: <<http://geipot.gov.br/>> Acesso em 25 de Junho de 2020.

FILHO, José Moacir de Mendonça; ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. **Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 06, Vol. 02, pp. 146-163, Junho de 2018. ISSN:2448-0959. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimentos-flexivel>> Acesso em 01 de Julho de 2020.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª edição, Editora Atlas, 1995. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>> Acesso em 02 de Julho de 2020.

M&T, Mercado & Tecnologia. Rolos Compactadores – Garantia de Qualidade. **Revista M&T, 2019**; Disponível em: <<http://www.revistamt.com.br/Materias/Exibir/garantia-de-qualidade>> Acesso em 16 de Novembro de 2020.

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **Notas de Aula da Disciplina Pavimentação**. Universidade Federal de Juíz de Fora (UFJF). Faculdade de Engenharia, Departamento de Transportes e Geotecnia. TRN032. Versão 2006. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2009/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>> Acesso em 02 de Junho de 2020.

ODA, Sandra; NASCIMENTO, Luiz Alberto Herrmann; EDEL, Guilherme. **Aplicação de Asfalto-Borracha na Bahia**. Trabalho Técnico Científico. Apresentado no 3º Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP. Outubro de 2005. Salvador, BA. Disponível em: <http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0672_05.pdf> Acesso em 29 de Junho de 2020.

REZENDE, Elcio Nacur; COELHO, Hebert Alves. **Impactos Ambientais Decorrentes da Construção de Estradas e Suas Consequências na Responsabilidade Civil**. Revista do Mestrado em Direito. Vol.09, nº2, pp. 155-180, Julho-Dezembro de 2015. ISSN:1980-8860. Disponível em: <<https://portalrevistas.ucb.br/index.php/rvmd/article/viewFile/5880/4238>> Acesso em 23 de Março de 2020.

ROCHA, Cristiane Fursel. **O Transporte de Cargas no Brasil e Sua Importância Para a Economia**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI). Departamento de Ciências Administrativas, Contábeis, Econômicas e da Comunicação (DACEC). Curso de Ciências Econômicas. Ijuí, 2015. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/3003/O%20Transporte%20de%20Cargas%20no%20Brasil%20e%20sua%20Import%C3%A2ncia%20para%20a%20Economia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 30 de Junho de 2020.

ROSA, Ana Paula Gonçalves; SANTOS, Roberto Aguiar dos; CRISPIM, Flavio Alessandro; RIVA, Rogério Dias Dalla. **Análise Comparativa entre Asfalto Modificado com Borracha Reciclada de Pneus e Asfalto Modificado com Polímeros**. Teoria e Prática na Engenharia Civil. nº20 pp.31-38. Novembro de 2012. Disponível em: <http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art4_N20.pdf> Acesso em 30 de Junho de 2020.

SANCHES, Felipe Gustavo; GRANDINI, Fernando Henrique Bueno; JUNIOR, Orlei Baierle. **Avaliação da Viabilidade Financeira de Projetos com Utilização do Asfalto-Borracha em Relação ao Asfalto Convencional**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Construção Civil. Curso de Engenharia de Produção Civil. Curitiba, 2012. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/750/1/CT_EPC_2012_1_11.PDF> Acesso em 09 de Outubro de 2020.

SOUZA, Everton. **Análise de Adequação da NR12 em uma usina de Asfalto**. Universidade do Vale dos Rios dos Sinos. Unidade Acadêmica de Pós Graduação. Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho. São Leopoldo, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6948/Everton%20da%20Silva%20Souza_.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 16 de Novembro de 2020.