



FAESF

FACULDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FLORIANO
Campus Arudá Bucar

Caderno de Pesquisa

Engenharia Civil

Volume I



ISBN: 978-85-65182-22-5

NOTA DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FLORIANO

Dirijo-me à comunidade acadêmica para apresentar os Cadernos de Pesquisa do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ensino Superior de Florianópolis-FAESF 2020-2021-2022.

Após as atividades em grupo de pesquisa e/ou resultado dos Trabalhos de Conclusão de Curso, os discentes engajados no projeto dedicaram-se à elaboração de trabalhos escritos motivados pelos encontros e discussões estabelecidos nas aulas e em diálogos com o corpo docente e discente desta instituição.

Orientados pelo (a) docente, os alunos aprofundaram-se nas leituras e na pesquisa das áreas de conhecimento da Engenharia Civil, onde foram agregados temas relevantes na ciência e tecnologia, como o intuito de promover o bem estar e qualidade de vida da sociedade em geral.

Imbuídos do espírito de investigação tão fartamente estimulado na faculdade, os alunos produziram seus textos inaugurais. É sobre estes artigos que os presentes Cadernos de Engenharia Civil se voltaram de modo a propiciar a sua divulgação e permitir aos alunos a valorização de seu empenho bem como conferir aos jovens autores o incentivo tão necessário àqueles que iniciam a jornada. Nesse momento, sem falsa modéstia, agradecemos o empenho e dedicação nossos queridos e competentes alunos e a todos envolvidos no projeto, que emprestam suporte aos Cadernos de Engenharia Civil da FAESF-PI.

A coordenação das publicações é tarefa realizada com a dedicação e capacidade organizacional dos professores desta casa.

A proposta dessa obra é divulgar o resultado dos melhores trabalhos teóricos apresentados em formato de artigo para o e-book Cadernos de Engenharia Civil, realizados pelos alunos e professores do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Florianópolis – FAESF. Importante frisar que este e-book relacionou alguns dos principais temas que estão atrelados à ciência, tecnologia, meio ambiente, mobilidade urbana e demais temas transversais.

No mais, é desejar uma excelente leitura a todos.

Ruth Otamária da Silva Aires
Coordenadora do Curso de Engenharia Civil

CADERNO DE PESQUISA ENGENHARIA CIVIL

COMISSÃO ORGANIZADORA

Presidentes: Profa. Elza Waquim Bucar de Almeida Nunes (Diretora da FAESF)
e Profa. Elda Waquim Bucar de Arruda (Vice diretora da FAESF)

Núcleo de Iniciação Científica da FAESF: Profa. Dra. Marina Bucar Barjud

Subcoordenadora do Núcleo de Iniciação Científica: Prof^a. Me. Ruth Otamária da Silva Aires

Direção Acadêmica: Prof. Me. Anderson de Sousa Pinto

Coordenação do Curso: Ruth Otamária da Silva Aires

Revisor Metodológico: Prof. Ítalo Cristiano Silva e Sousa

Capa: Rivaldo Nascimento Alves

COMISSÃO CIENTÍFICA E EDITORIAL

Prof. Me. Ruth Otamaria da Silva Aires

Profa. Esp. Thiago Rodrigues Piauilino Ribeiro

Profa. Me. Sávio Torres Melo

Profa. Esp. Francisca Itaynara de Souza Araújo

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| A COOPERAÇÃO DA TECNOLOGIA BUILDING INFORMATION MODELLING - (BIM) PARA EXECUÇÃO DE PROJETOS RESIDENCIAIS DE ALTO PADRÃO | 5 |
| ESTUDO SOBRE O IMPACTO DAS CORES EM MAPA DE RISCO NO CANTEIRO DE OBRAS | 25 |
| ANÁLISE DA SEGURANÇA VIÁRIA DA BR 230 – TRECHO MÉDIO SERTÃO MARANHENSE..... | 42 |
| ESTUDO DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DE SISTEMA AUTOSSUSTENTÁVEL NO MUNICÍPIO DE FLORIANO-PI..... | 21 |
| ESTUDO ANALÍTICO E NUMÉRICO DAS TENSÕES EM PILARES DE PONTES DE CONCRETO ARMADO | 15 |
| ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS CONVENCIONAL E CONCRETO PRÉ-MOLDADO DE PROJETO RESIDENCIAL NA CIDADE DE FLORIANO-PI..... | 7 |
| IMPORTÂNCIA DA GESTÃO EFICIENTE PERANTE A SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL..... | 24 |
| ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO-BENEFÍCIO ENTRE LAJE STELL DECK E LAJE PRÉ-MOLDADA..... | 46 |
| DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO INTUITIVA PARA DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO | 5 |
| ESTUDO COMPARATIVO DO CUSTO BENEFICIO ENTRE A APLICAÇÃO DA AREIA ASFÁLTICA USINADA A QUENTE (AAUQ) E O CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) | 18 |

A COOPERAÇÃO DA TECNOLOGIA BUILDING INFORMATION MODELLING - (BIM) PARA EXECUÇÃO DE PROJETOS RESIDENCIAIS DE ALTO PADRÃO

Afonso Beserra Lima Neto¹
Igor Elifas Pereira Soares²
Francisca Itaynara de Souza Araújo³

Resumo:

As tecnologias são desenvolvidas com intuito de melhorar os meios convencionais já existentes, o BIM (Building Information Modeling) por exemplo, tem como proposta aprimorar as construções ainda na fase de concepção dos projetos prevendo erros antes mesmo da obra começar a ser construída, além disso, dispõe também a pré-visualização de todo o projeto em 3 dimensões trazendo facilidades para projetar e para execução da obra. Com adoção desta tecnologia no mercado da construção civil brasileira, torna-se significativo um estudo sobre essa tecnologia para mostrar se realmente a sua adoção irá trazer benefícios para o setor da AEC – Arquitetura Engenharia e Construção. A pesquisa abordou o conceito do BIM e sua importância para o setor da construção civil, a partir do desenvolvimento de um projeto em um programa que utiliza a metodologia BIM e o mesmo projeto em um programa que utiliza o sistema tradicional CAD 2D foi feita a comparação de produtividade que é proporcionada por cada um deles tendo como base principal para essa comparação o tempo da elaboração do projeto e da orçamentação, a qualidade do projeto e a praticidade no levantamento dos quantitativos dos principais materiais utilizados, a forma de visualização do projeto em cada um dos programas também foi outro fator analisado.

Palavras-Chave: Tecnologia; Construção Civil; Metodologia BIM.

Abstract:

The technologies are developed in order to improve the existing conventional means, BIM (Building Information Modeling) for example, aims to improve the constructions still in the design phase of projects, predicting errors even before the work starts to be built, in addition, it also has a preview of the entire project in 3 dimensions, providing facilities for designing and carrying out the work. With the adoption of this technology in the Brazilian civil construction market, a study on this technology becomes significant to show whether its adoption will really

¹ Afonso Beserra Lima Neto graduando em Engenharia Civil na Faculdade de Ensino Superior de Floriano – FAESF;

² Igor Elifas Pereira Soares graduando em Engenharia Civil na Faculdade de Ensino Superior de Floriano – FAESF;

³ Francisca Itaynara de Souza Araújo; graduado em Engenharia Civil e docente na Faculdade de Ensino Superior de Floriano – FAESF

bring benefits to the AEC – Architecture Engineering and Construction sector. The research addressed the concept of BIM and its Importance for the civil construction sector, from the development of a project in a program that uses the BIM methodology and the same project in a program that uses the traditional 2D CAD system, the comparison was made productivity that is provided by each of them, having as the main basis for this comparison the time of project preparation and budgeting, the quality of the project and the practicality in surveying the quantities of the main materials used, the way of viewing the project in each one of the programs was also another factor analyzed.

Keywords: Technology; Construction; BIM Methodology

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia e o desenvolvimento podem ser vistos como duas grandezas diretamente proporcionais, à medida que ocorre o avanço tecnológico acontece também um maior desenvolvimento nos setores em que são aplicados esses novos recursos, isso pode ser observado atualmente na agricultura, indústria e na construção civil, setores estes que são os maiores impactados pelo desenvolvimento tecnológico. Na construção civil essas novas tecnologias ajudam cada vez mais na melhoria e eficiência das construções, com esse avanço foi possível, reduzir os desperdícios nas obras, aprimorar a tecnologia gráfica e computacional, melhorar a qualidade dos produtos além de gerar maior agilidade na execução dos serviços.

Mesmo com tantas inovações tecnológicas nessa área, ainda há diversas empresas e profissionais do ramo da construção civil que trabalham com recursos e *softwares* considerados um tanto tradicionais, que se forem comparados a outros já existentes no mercado com diversas outras funcionalidades, possuem uma baixa produtividade, pois, dificultam muito os serviços de elaboração de projetos, levantamento de quantitativos, orçamentação e gráficos em três dimensões. De acordo com Bonfim (2020), no Brasil, em comparação ao CAD, a tecnologia BIM ainda é pouco difundida. A resistência das empresas em adotar a tecnologia pode ser um fator, que por sua vez, ocorre devido à falta de profissionais qualificados no mercado para lidar com os procedimentos.

Essa pesquisa teve como objetivo geral comparar a produtividade entre dois *softwares* e fazer uma análise de qual deles apresenta mais vantagens para a

elaboração de projetos residenciais de alto padrão, esse processo terá um foco maior na parte arquitetônica, visual e de levantamentos de dados para abordar os pontos positivos e negativos que cada *software* apresenta nessa etapa, para que isso seja possível foi elaborado um projeto residencial em dois programas distintos, o REVIT que utiliza a metodologia BIM e o AUTOCAD que utiliza o sistema tradicional em 2D.

A pesquisa está dividida nas seguintes seções: seção 2 corresponde a parte do referencial teórico mostrando o conceito do BIM e sua importância para a construção civil, a utilização dessa metodologia para a compatibilização de projetos e fala sobre o software REVIT que utiliza a metodologia BIM. A seção 3 mostra exatamente o desenvolvimento da pesquisa, trata-se de um estudo de caso, pertinente ao progresso das análises e resultados da pesquisa tornando possível relacionar todo o diagnóstico ao debate de outras pesquisas, e por fim a seção 5 apresenta a conclusão da pesquisa.

2 TECNOLOGIA BIM

Primeiramente para falarmos sobre o *Building Information Modeling* (BIM) devemos entender o que é e para o que ele serve. De acordo com Vieira e Figueiredo (2020) a metodologia BIM é difundida mundialmente e traduzida para o português como Modelagem da informação da construção. Os recursos da plataforma BIM trazem soluções e valorização ao ser adotado em um projeto, benefícios como: melhor trabalhabilidade, redução no tempo de elaboração de projeto, pré-visualização de problemas, e visualização realística.

Para tanto, a implantação da tecnologia BIM faz parte da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* - Estratégia BIM BR, que foi instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019, no qual, vista a importância e vantagens oferecidas pela modelagem da informação da construção, o governo brasileiro implementou o uso do BIM como exigência para obras públicas federais. De acordo com o Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, a implementação do BIM ocorrerá de forma gradual e a primeira etapa inicia-se partir de janeiro de 2021.

De acordo com a proposta da Estratégia BIM BR prevista no Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020 o sistema será inserido de forma gradual para que todo os

afetados com a mudança habituem-se ao novo modelo, a implementação ocorrerá em três fases como está descrito no Quadro 01.

Quadro 01 – Fases de implantação do BIM no Brasil.

| FASES | IMPLEMENTAÇÃO |
|---------|--|
| Fase 01 | A primeira etapa da implementação do BIM ocorrerá a partir de 1º de janeiro de 2021 e ele deverá ser utilizado no desenvolvimento dos projetos estruturais, instalações em geral (hidráulicas, aquecimento, ventilação, ar condicionado, elétricas), compatibilização e extração de quantitativos do modelo. |
| Fase 02 | A segunda etapa da implementação do BIM ocorrerá a partir de 1º de janeiro de 2024, além do desenvolvimento dos projetos previstos na fase 01, o BIM também deverá ser utilizado na etapa de gestão da obra sendo adicionada nessa fase a orçamentação, o planejamento e o controle da execução de obras. |
| Fase 03 | A terceira e última etapa da implementação ocorrerá a partir de 1º de janeiro de 2028 onde o BIM deverá ser utilizado em todo o ciclo de vida do projeto. Ou seja, irá fazer parte de todas as etapas da construção. |

Fonte: Adaptado pelos autores (2021).

A fase 01 já está em vigor. Em 1º de abril de 2021 foi publicada a nova lei de licitações (14.133/21) substituindo a lei 8666, onde está a determinação para o uso do BIM em projetos de obras públicas. De acordo com Globaltec (2021) o estado de Santa Catarina saiu na frente sendo o primeiro a aderir à estratégia, o estado conta com um Caderno de Especificações em BIM para licitações de obras públicas, exigindo a aplicação da metodologia desde 2019.

O uso do sistema BIM no planejamento e gerenciamento de uma obra, seja ela de grande ou pequeno porte, pode ser a solução de vários problemas decorrentes na execução de uma construção, a falta de compatibilização dos projetos por exemplo, é um dos problemas mais frequentes nas obras brasileiras, que proporciona, a geração de interferências durante a fase de execução do empreendimento ocasionando o retrabalho, atraso no cronograma, aumento de custos e redução da qualidade.

2.1 BIM e sua Importância para o Setor da Construção Civil

O BIM simboliza uma mudança de paradigma, onde a representação do elemento a ser construído deixa de ser apresentada abstratamente, por símbolos como o CAD em 2D, e passa a usar ferramentas em 3D orientadas a objetos

(PEREIRA,2020). De acordo com CBIC (2016), BIM é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação. Já para a Autodesk (2020), o BIM refere-se a um processo 3D inteligente baseado em modelo que equipa os profissionais de arquitetura, engenharia e construção (AEC) com as informações e ferramentas que lhes permitem planejar, projetar, construir e gerenciar edificações e infraestrutura com mais eficiência.

Com base nesses conceitos podemos entender que o BIM não é um software e sim uma metodologia que representa uma nova abordagem à gestão da informação da construção, de aplicação maior à fase de projeto, as aplicações BIM apresentam uma abrangência que se estende a todo o ciclo de vida da construção (MARTINS; MONTEIRO,2011). É justamente na fase de desenvolvimento do projeto em que são definidos itens cruciais e importantíssimos que influenciam diretamente, nos custos, prazos e planejamentos de uma construção. Um dos problemas que a construção civil enfrenta é a dificuldade em visualizar o planejamento de uma obra em três dimensões (RODRIGUES,2012).

A combinação do seu sistema de modelação 3D com uma gestão, partilha e troca de dados durante a vida útil do edifício tendo como resultado um modelo com imagens gráficas tridimensionais em tempo real, onde cada linha e cada objeto apresentam dados físicos reais (SCHODEK et al., 2007). Através desses dados que são gerados na modelagem é possível extrairmos os quantitativos de todos os materiais que serão utilizados para a construção, causando mais praticidade ainda para os projetistas, e menos preocupações, pois ao final do projeto terão tabelas prontas com todas as informações necessárias para próximas etapas, como projeto de orçamento, entre outros, funcionando como um modelo paramétrico, que “é a representação de um conjunto de informações, propriedades definíveis pelo utilizador (BEZERRA, 2020).

A aplicação dessa metodologia na concepção de uma edificação para Lima (2020), reduz consideravelmente os erros de planejamento e compatibilização de projetos, porque permite a integração de todas as partes envolvidas em um empreendimento desde engenheiros, arquitetos e até responsáveis pela compra de materiais. Essa integração de informações é um dos vários benefícios que o uso desse sistema proporciona para a construção civil, por meio da

compatibilização reduzimos os erros frequentemente encontrados na fase executiva que ocorrem devido a interferências que não foram visualizadas na fase de desenvolvimento dos projetos, os softwares que utilizam o sistema tradicional em 2D dificultam muito a visualização de interferências e como as alterações que são feitas no projeto não são automatizadas, ou seja, devem ser atualizadas manualmente em cada vista onde foi feita a alteração, aumentando a probabilidade de erros nos projetos.

2.2BIM na Compatibilização de Projeto

A etapa de concepção do projeto de uma edificação pode ser vista como a parte mais importante de uma construção, de acordo com Cordeiro (2014) ela tem um papel fundamental na obtenção da qualidade na produção de edifícios, pois é por meio dela que são definidos os conceitos de organização do espaço, bem como a tecnologia a ser adotada na fase de execução. Define-se projeto na Construção Civil, como a “atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução” (MELHADO, 1994).

A interferência entre os sistemas que compõe uma edificação são problemas frequentes ocorridos durante a fase de execução da obra, de acordo com Maciel e Melhado (1996) 60% das patologias na construção são geradas por erros originados na etapa de confecção decorrentes da falta de compatibilização dos projetos. A compatibilização para Melhado (2005) é a sobreposição dos projetos de diferentes especialidades para verificar as interferências entre eles, e os problemas são destacados para que a coordenação de profissionais possa agir sobre eles e criar soluções.

Figura 2 - Incompatibilidade (Estrutural x Hidrossanitário)



Fonte: REGINATTO; CUNHA e BEDIN (2017).

A Figura 2 mostra um exemplo de uma incompatibilidade visualizada entre a sobreposição dos sistemas estrutural e o hidrossanitário, sem a compatibilização dos projetos problemas como esses são frequentes durante a fase de execução da obra e como não são previstos acarretam retrabalhos, atrasam o cronograma da entrega do empreendimento e aumentam o valor final da obra. Muitas das vezes as incompatibilidades que surgem na execução da obra são executadas de forma inadequada e acabam gerando problemas futuros para o empreendimento ocasionando o surgimento de patologias que diminuem a qualidade e a vida útil da edificação.

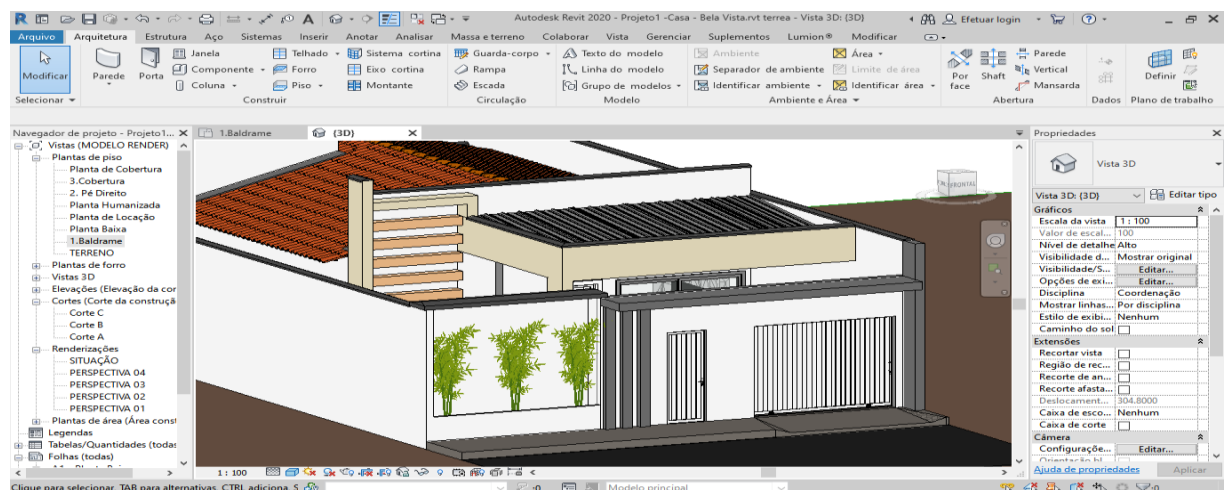
2.3 Software REVIT

REVIT é um software que foi criado com a metodologia BIM, foi desenvolvido em 1997 pela Harles River Software e no ano 2000, foi lançada sua primeira versão estável, dois anos depois, a Autodesk adquiriu os direitos do software. Segundo a Autodesk, ele é capaz de unificar a modelagem de todas as disciplinas da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) gerando mais economia e eficiência para os projetos. Possibilita também a criação de um projeto, a partir de um modelo virtual em 3D, sendo desenhadas e identificadas

todas as informações arquitetônicas que possibilitam identificar a estrutura, em todas as vistas (SOUTO,2021).

O software traz consigo diversas aplicações que facilitam a criação de um projeto, em sua aba de arquitetura, por exemplo, há uma opção que permite a criação de paredes com todas as informações necessárias para sua construção, podendo ser aplicado todos os materiais que irão compor sua estrutura e da mesma forma ocorre com os outros recursos disponíveis no *software*, a medida em que o projeto é modelado em 2D o programa associa todas as informações e gera automaticamente uma visualização em 3D de tudo que está sendo criado. Com sua tecnologia 3D, o REVIT é capaz de gerar informações valiosas para o planejamento e visualização da obra. O software faz o levantamento de quantitativos, gera cortes e vistas de forma automática, além de agregar valor ao projeto, pois fornece ao cliente uma pré-visualização realística da futura construção (VIEIRA; FIGUEIREDO, 2020).

Figura 3 - Visualização em 3D no REVIT



Fonte: Autores (2021).

Com a adoção do software REVIT o autor do projeto poderá prever problemas que antes só seriam vistos durante a execução da obra, diminuindo imprevistos, retrabalhos e custos. Por meio da compatibilização de todos os projetos, pode-se prever interferências e corrigi-las ainda na fase de projetos, assim como também fazer levantamento de quantitativos de materiais e insumos instantaneamente enquanto elabora o projeto, já facilitando no processo de orçamentação.

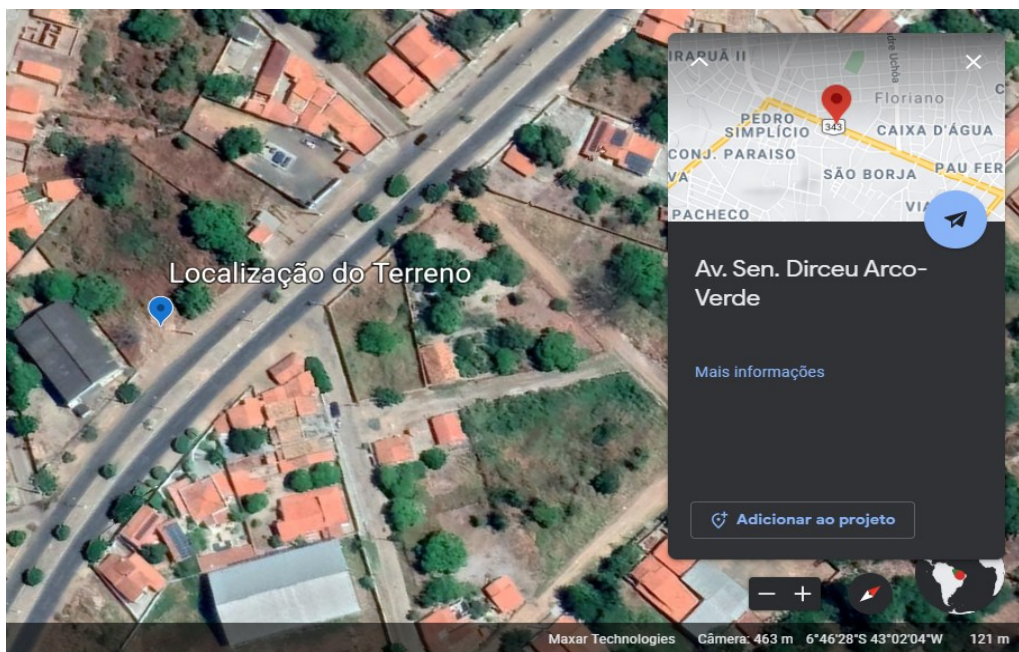
3 MÉTODOS DE ANÁLISE

Conforme Yin (2001) o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que compreende um método que abrange tudo em abordagens específicas de coletas e análise de dados. A metodologia utilizada parte da realização de um estudo de caso com a criação de um projeto residencial de alto padrão na disciplina de arquitetura, em dois *softwares* distintos, REVIT e AUTOCAD, gerando ao final desse processo uma comparação entre a produtividade nos dois programas.

3.1 Caracterização do Local

O projeto foi realizado para um lote com dimensão 15x40 metros, localizado na Avenida Dirceu Arcoverde na cidade de Floriano/PI.

Figura 4 - Vista Superior do Terreno



Fonte: Google Earth (2021).

Utilizando o *software* REVIT, desenvolvemos um projeto executivo que contemplou todas as informações necessárias como plantas detalhadas, elevações, cortes, fachadas, locação, estruturas, cobertura e detalhamentos para uma eventual execução do projeto em questão com os *plugins* e *templates* do próprio REVIT foi feito o levantamento de quantitativos, áreas, esquadrias, e de materiais incluídos no projeto ao longo da sua confecção.

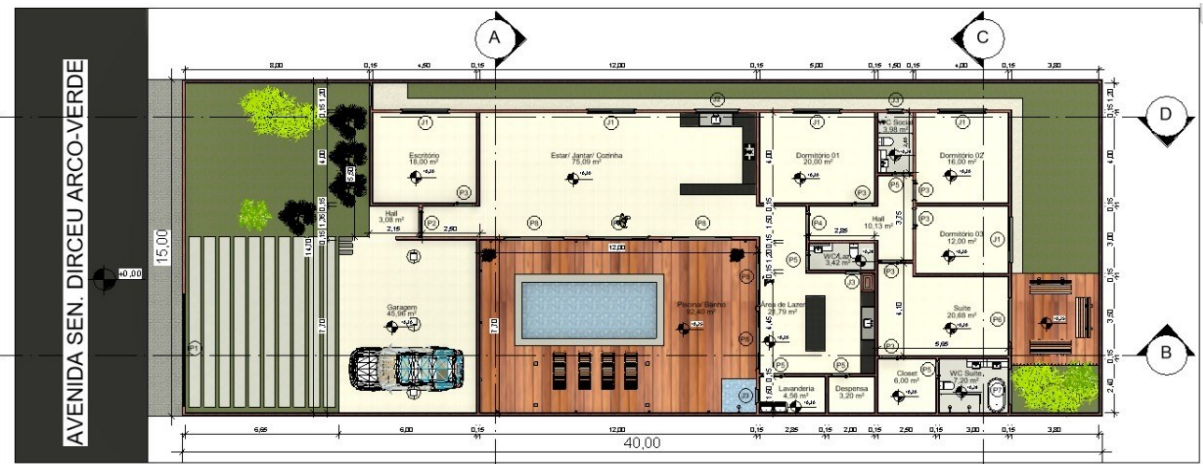
Da mesma forma foi elaborado o mesmo projeto utilizando o *software* AUTOCAD, através da produção de ambos os projetos nos dois *softwares*, realizou-se a comparação dos dados obtidos em cada um deles para explicitar qual a tecnologia mais vantajosa para a elaboração de projetos executivos.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

Após a obtenção de todos os dados necessários sobre o terreno para o qual o projeto será desenvolvido, partimos para a primeira etapa, que é o projeto arquitetônico. Para que o projeto seja aprovado é necessário a apresentação dos documentos técnicos, que são os desenhos: a planta baixa, com a representação em corte horizontal da construção; os cortes, representação do pavimento em corte vertical, transversal e longitudinalmente; as elevações (fachada), que são as vistas da parte externa da edificação; a planta de cobertura, que apresenta o sentido dos tipos das águas, a calha e o tipo de telhado; a planta de localização que indica a localização da casa no terreno e a planta de situação que apresenta as dimensões do terreno, as ruas de acesso com os pontos de referência.

O REVIT foi o primeiro a ser utilizado, de início, como em todo projeto arquitetônico, foi elaborada a planta baixa em que são definidos todos os cômodos da residência com suas respectivas medidas, para o desenvolvimento da planta baixa vários fatores tem que ser levados em consideração como por exemplo, conhecer o código de obra municipal para que todas as normas de caráter legais sejam seguidas, ter informações do cliente de como ele deseja sua residência e qual o recurso financeiro que o mesmo tem disponível para construí-la, para que possamos elaborar um projeto que atenda a todas as suas necessidades e que não saia do seu orçamento.

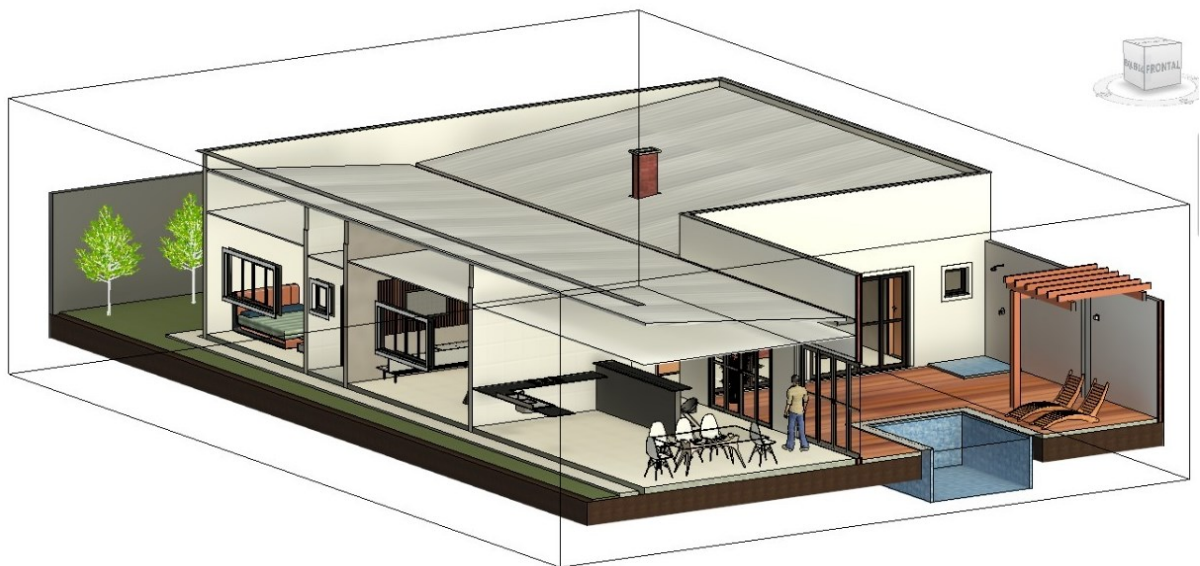
Figura 4 - Planta Baixa elaborada no REVIT.



Fonte: Autores (2021).

Depois da definição de todas as áreas que irão compor a edificação, seguimos com a modelagem da arquitetura, utilizamos esse termo “modelagem” porque no REVIT em vez de desenhar, como nos *softwares* de 2D, ele cria uma espécie de construção virtual onde são elaboradas todas as etapas da construção real, ou seja, não é apenas um desenho, mais sim, a própria construção que está sendo pré-desenvolvida virtualmente. Com a sua visualização realística em 3D o REVIT facilita muito o desenvolvimento da parte arquitetônica podendo ser elaborada em muito menos tempo.

Figura 5 - Modelagem Arquitetônica no REVIT



Fonte: Autores (2021).

Com o desenvolvimento de toda a arquitetura do projeto já elaborado, partimos para a próxima etapa que são as criações dos cortes da edificação assim como

as elevações que são as vistas das fachadas. Essa parte é feita com uma enorme facilidade, pois, o programa já oferece a opção para criação dos cortes, e as elevações já são criadas de forma automática, tendo apenas o trabalho de cotar o que for necessário, nesse caso só há necessidades de cotas nos cortes onde devem conter todas as alturas necessárias para a execução da edificação. As etapas restantes são as plantas de cobertura, localização e situação que após serem feitas restam apenas configurá-las no tipo de folha em que deseja fazer a impressão, no nosso caso foram escolhidas as folhas no formato A3, vale ressaltar também que as normas ABNT devem ser consultadas para esses tipos de configurações.

Figura 6 – Representação dos cortes já prontos para impressão no REVIT.

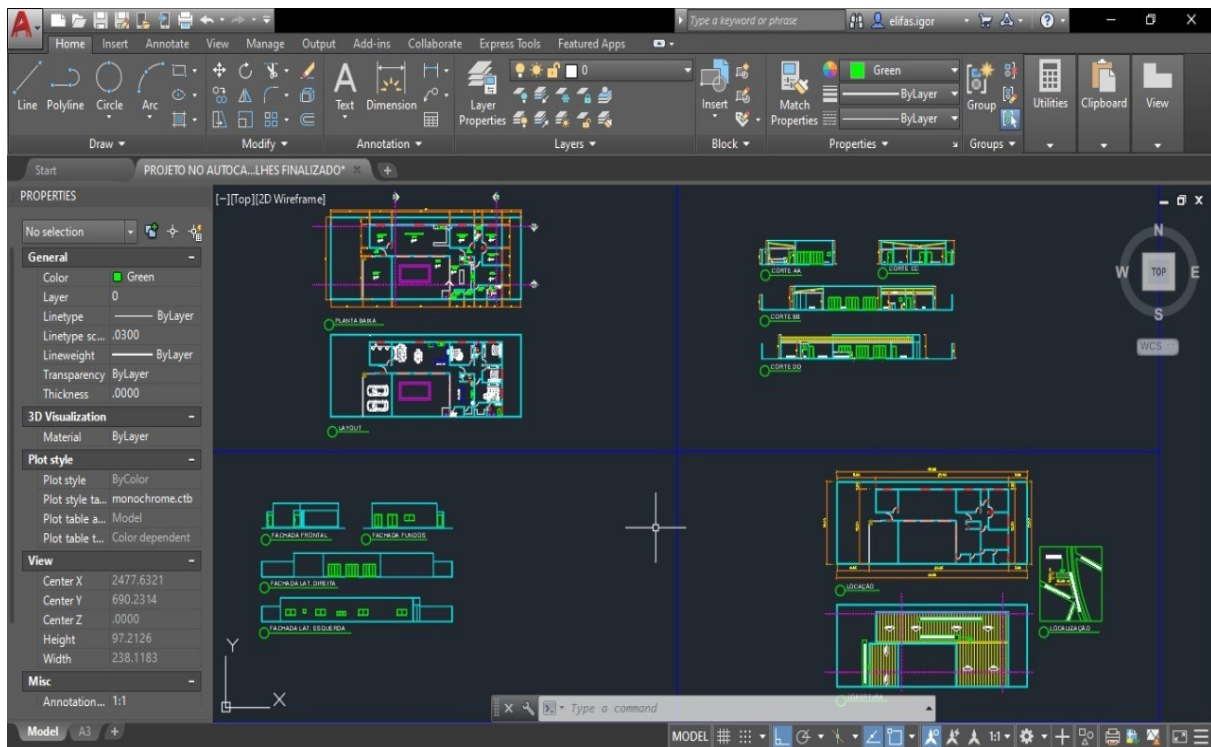


Fonte: Autores (2021).

Após a elaboração de todo o projeto arquitetônico no REVIT partimos para o desenvolvimento deste, no software 2D AUTOCAD, assim como foi objetivado na nossa pesquisa. O AUTOCAD diferentemente do REVIT não possui nenhuma automatização para o desenvolvimento do projeto e isso acarreta perda de produtividade para a execução de qualquer projeto mesmo sendo um profissional com muitos anos de experiência. A elaboração do projeto ocorreu seguindo as mesmas etapas adotadas no REVIT, só com uma diferença, como

o projeto já está pronto, já foi desenvolvido, não haverá nenhum empecilho em relação a criação de um novo projeto e isso já demanda menos tempo para a sua execução.

Figura 7 – Projeto arquitetônico desenvolvido no AUTOCAD



Fonte: Autores (2021).

Com a elaboração do mesmo projeto nos diferentes programas obtivemos os seguintes resultados especificados na tabela abaixo:

| ELABORAÇÃO DE PROJETO ARQUITETÔNICO NOS SOFTWARES | |
|---|-----------------------|
| SOFTWARE | TEMPO/ HORAS |
| AUTODESK REVIT | 11 Horas e 20 minutos |
| AUTODESK AUTOCAD | 23 Horas e 40 minutos |

Fonte: Autores (2021).

A próxima etapa a ser analisada foi em relação a obtenção de quantitativos, ao finalizar o projeto com o programa REVIT é possível extrair tabelas com os quantitativos de todos os materiais que serão utilizados, isso de forma automática, à medida que o projeto está sendo criado é possível através da criação de um *template* (modelo com estrutura predefinida que é criado pelo projetista para aprimorar seu trabalho) obter essas tabelas automáticas com os quantitativos dos materiais necessário para a execução de cada serviço.

Figura 8 - Tabela de quantitativos gerada automaticamente pelo REVIT.

| QUANTITATIVO MATERIAIS | | |
|-------------------------------|-----------------------|---------------------|
| TIPO | ÁREA | VOLUME |
| Deck em madeira | 85,24 m ² | 0,00 m ³ |
| Folha da porta | 48,59 m ² | 0,00 m ³ |
| Granito preto São Gabriel | 27,64 m ² | 0,00 m ³ |
| Porcelanato bege 60X60 cm | 259,04 m ² | 0,00 m ³ |
| Telhado metálico | 272,24 m ² | 0,00 m ³ |
| Alvenaria Tijolo | 865,21 m ² | 0,00 m ³ |
| Cerâmica 60x60cm Bege (WC) | 34,01 m ² | 0,00 m ³ |
| Chapisco Externo | 862,32 m ² | 8,62 m ³ |
| Chapisco Interno | 862,29 m ² | 8,62 m ³ |
| Emboço Externo | 862,31 m ² | 8,62 m ³ |
| Emboço Interno | 862,29 m ² | 8,62 m ³ |
| Gesso Branco (Forro) | 267,76 m | 0,00 m ³ |
| Gramma | 123,76 m ² | 0,00 m |
| Piso Intertravado | 22,50 m ² | 0,00 m ³ |
| Reboco Externo | 862,32 m ² | 8,62 m ³ |
| Reboco Interno | 862,29 m ² | 8,62 m ³ |

Fonte: Autores (2021).

O conteúdo da tabela acima foi criado automaticamente no REVIT e exportado para o Excel, essa facilidade ajuda muito em termos de produtividade na elaboração de orçamentos além de proporcionar um orçamento muito mais assertivo, pois, a tabela inclui todos os materiais necessários para a execução já com as respectivas medidas de áreas, volumes, podem ser também adicionados outras informações aos materiais tornando-os ainda mais específicos como o fabricante, o valor do material etc.

Esse é um dos grandes diferenciais da metodologia BIM, poder agregar informações ao projeto e a medida em que ele é desenvolvido essas informações são modeladas em conjunto automatizando todo o processo, possibilitando assim economia de tempo tanto elaboração do projeto quanto na elaboração do orçamento. A imagem abaixo é outro exemplo da autonomia do programa, se trata de uma planilha com todas as portas e suas respectivas medidas criada automaticamente.

| <QUANTITATIVO DE PORTAS> | | | | |
|--------------------------|----|-------------|--------|----------------|
| A | B | C | D | E |
| CÓD | QT | COMPRIMENTO | ALTURA | DESCRIÇÃO |
| P1 | 1 | 5,00 | 2,20 | Portão Garagem |
| P2 | 1 | 1,30 | 2,15 | |
| P3 | 6 | 0,90 | 2,14 | |
| P4 | 2 | 1,10 | 2,14 | |
| P5 | 4 | 0,80 | 2,14 | |
| P5 | 1 | 1,00 | 2,14 | |
| P6 | 1 | 2,00 | 2,20 | |
| P7 | 1 | 1,60 | 2,20 | |
| P8 | 5 | 2,60 | 2,20 | |
| SOLEIRAS | 21 | 0,00 | 0,00 | |

Figura 9 - Quantitativos das portas criado automaticamente pelo REVIT.
Fonte: Autores (2021).

Com o AUTOCAD o processo já é bem menos produtivo, e mais limitado, diferentemente do REVIT que possui várias informações que são agregadas ao projeto automaticamente. Para obter os quantitativos no AUTOCAD deve-se analisar minuciosamente o projeto a fim de identificar os materiais e objetos definidos nele, e assim lista-los em uma planilha que geralmente é desenvolvida no software Excel.

Figura 10 - Planilha de quantitativos criada no Excel a partir da análise do projeto no AUTOCAD.

| QUANTITATIVO DE MATERIAIS AUTOCAD | | |
|---|--|-----------------------|
| TIPO DE MATERIAL | MEMÓRIA DE CÁLCULO | ÁREA |
| Deck de madeira (piscina) | $((12*7,7)+(3,5*3,8))-(3,15*6,5)-(1,5*1,5)$ | 85,00 m ² |
| Granito preto São Gabriel (bancadas) | $((0,5*3,3)+(2,55*0,6)+(3,30*0,6)+(0,85*2,45)+(1,48*0,6)+(0,65*0,60))$ | 8,52 m ² |
| Porcelanato bege 60X60 cm | $((45,96+3,08+18+75,09+20+21,79+4,56+3,2+6+20,68+12+10,13+16+20))$ | 260,00 m ² |
| Telhado metálico | $((5,85*7,7)+(27,60*5,50)+(10,80*7,90))$ | 272,00 m ² |
| Cerâmica 60x60cm Bege (Piso- banheiros) | $((1,50*2,65)+(1,20*2,85)+(3,00*2,40))$ | 14,59 m ² |
| Piso Intertravado (calçada externa) | $(15,00*1,50)$ | 22,50 m ² |

Figura 11 - Visualização realística do projeto criada no REVIT
Fonte: Autores (2021).

Em relação a visualização do projeto, os dois *softwares* também apresentam uma grande diferença um do outro, o REVIT conta com uma pré-visualização em 3D do projeto ao mesmo tempo em que ele está sendo elaborado em 2D, enquanto o AUTOCAD tem sua visualização apenas em vistas de duas dimensões 2D, porém é possível exportar essas vistas para outros softwares e,

a partir daí, iniciar a modelagem em 3D, mas isso gera uma demanda maior de tempo e trabalho. Usualmente quem trabalha com o AUTOCAD na área de projetos utiliza outros programas em conjunto com ele para obter melhores resultados e principalmente para criar um modelo 3D, sendo ele mais utilizado na parte de detalhamentos dos projetos. Como a pesquisa não inclui outros *softwares* em conjunto com o AUTOCAD para fazer um modelo 3D e levando em conta o tempo que é gasto para fazer esse modelo no próprio programa, vimos que seria algo irrelevante, já que o REVIT elabora o modelo automaticamente.



Fonte: Autores (2021).

5 CONCLUSÕES

Diante de todos os pontos decorridos ao longo da pesquisa, foi perceptível as vantagens que são proporcionadas pela metodologia BIM para a elaboração de Projetos.

Partindo da comparação feita em relação à produtividade que é proporcionada por cada programa para a elaboração de um projeto, vimos que o AUTOCAD (*software* que utiliza o sistema tradicional CAD 2D) levou mais que o dobro do tempo pra elaborar o mesmo projeto feito no REVIT. A autonomia é um dos

grandes diferenciais proporcionado pela metodologia BIM ao finalizar toda a parte da Arquitetura no REVIT, as outras etapas que são necessárias para conclusão do projeto vêm quase que automaticamente prontas, as vistas e os cortes por exemplo são criados de forma automática restando apenas fazer o detalhamento e a parte de documentação do projeto.

Além disso, a metodologia proporciona que os materiais agreguem informações como tipos, dimensões e até mesmo o valor, a partir dessas informações o REVIT gera tabelas com todos os quantitativos de forma automatizada, facilitando muito a criação de um orçamento mais assertivo. Outro ponto relevante é a parte da visualização, com a exigência do mercado atual o *software* que utiliza o sistema BIM ganha vantagens, pois a visualização 3D além de facilitar a criação do projeto, também mostra para o cliente como ficará sua construção sem nem mesmo ter iniciado.

O AUTOCAD por outro lado, não possui essa automatização no desenvolvimento do projeto, por isso, demanda muito mais tempo para a sua elaboração, as informações também são muito mais limitadas, os blocos não agregam valores e nem quantitativos. Em relação à visualização do projeto, é limitada à sua forma em 2 dimensões.

Portanto, mesmo a pesquisa não abordando todas as áreas de atuação da tecnologia BIM, já podemos ver diversos motivos para a adoção do uso dessa tecnologia. Cada metodologia possui suas particularidades, vantagens e praticidades em trabalhos gerais e a partir dos resultados dessa pesquisa percebe-se a ampla vantagem do sistema BIM em relação ao CAD tradicional. Desse modo, a disseminação do BIM no país prevista na Estratégia BIM BR irá contribuir bastante para o setor da construção civil.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus por nos dar a oportunidade de ter chegado a essa fase tão importante das nossas vidas, a nossa família por todo apoio e força que tem nos dado, e também ao nosso quadro de professores que nos proporcionaram tantos conhecimentos e aprendizado, em especial a nossa orientadora Francisca Itaynara que tem se empenhado bastante para que

podéssemos redigir e concluir com excelência o nosso trabalho de conclusão de curso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autodesk. **Benefícios do BIM, 2020.** Disponível em:<<https://www.autodesk.com.br/solutions/bim/benefits-of-bim>>. Acesso em: 26 de mai. de 2021.

BEZERRA, Yalanna Pinheiro. **Estudo comparativo entre a tecnologia CAD e a tecnologia BIM aplicadas em projetos técnicos.** 2020. 12 f. Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020. Disponível em: < <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5824>>. Acesso em: 23 set. 2021.

BONFIM, Uillian de Oliveira. **Implementações de ensino de tecnologia bim no curso de ciência e tecnologia da UFRSA.** 12 f. Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020. Disponível em: <<http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/6425>>. Acesso em: 23 set. 2021.

BRASIL.Decreto Federal nº 10.306, de 2de abrilde 2020. **Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling**, Brasília, DF, 2 abr. 2020.

CORDEIRO, Eduarda Bacellar. **ALTERAÇÕES EM PROJETOS DE EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES – ESTUDO DE ALTERNATIVAS AO USO DE CÓPIAS EM MEIO FÍSICO EM OBRAS.** Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 2014.Disponível em:<<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10012275.pdf>>Acesso em: 19, abril, 2021.

Farias, Caio. **Aplicação da tecnologia BIM (building information modeling) no planejamento de obras 4D.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba, 2020. Disponível em: <<http://repositorio.ifpb.edu.br/jspui/handle/177683/1449>>. Acesso em: 23 set. 2021.

GOMES, Yassonarley Christianny de Paiva. **Utilização da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) para a elaboração de um projeto 5D**. 2018. Trabalho Final de Graduação – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

GLOBALTEC. **BIM será obrigatório para obras públicas a partir de 2021**. Globaltec, jun. 2021. Disponível em: <<https://www.globaltec.com.br/2021/06/01/bim-sera-obrigatorio-para-obras-publicas-a-partir-de-2021/>>. Acesso em: 10, dezembro de 2021.

LIMA, Marcos Vinicius de Souza. **Contribuições do building information modeling (bim) para obras públicas: um estudo de caso para a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) da subestação de energia**. 2020. 70 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020.

MACIEL, L. L.; MELHADO, S. B. **O processo de projeto e a qualidade dos edifícios**. In: NUTAU 96, Seminário Internacional NUTAU, São Paulo, 1996.

MARTINS, João; MONTEIRO, André. **Building information modeling (BIM) - teoria e aplicação**. ICEUBI, 2011. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/69849>>. Acesso em: 21, maio. 2021.

MELHADO, S. B. **Coordenação de Projetos de Edificações**. Editora Nome da Rosa, São Paulo 1ª Edição, 2005.

MELHADO, Silvio. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. ResearchGate, 1994. 1. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280044058_QUALIDADE_DO_PROJETO_NA_CONSTRUCAO_DE_EDIFICIOS_APLICACAO_AO_CASO_DAS_EMPRESAS_DE_INCORPORACAO_E_CONSTRUCAO>. Acesso em: 19, abril, 2021.

PEREIRA, DAIANE MAIO. **O Impacto da Metodologia BIM na Elaboração de Orçamentos em Projetos de Obras Civas**. Boletim do Gerenciamento, [S.l.], v. 17, n. 17, p. 30-41, ago. 2020. ISSN 2595-6531. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/380>>. Acesso em: 23 set. 2021.

REGINATTO, João H. E.; CUNHA, G. B. e BEDIN, Janaína. **MODELAGEM E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR EM**

SOFTWARE DE PLATAFORMA BIM. 5º Simpósio de sustentabilidade e contemporaneidade das ciências sociais, 2017.

RODRIGUES, J. L. **Modelagem 4D: implementação no planejamento de longo prazo de obras da construção civil.** 2012. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/63203> >. Acesso em: 21 abr. 2021.

SCHODEK, D.; BECHTHOLD. M.; GRIGGS, J. K.; KAO, K.; STEINBERG, M. **Digital Design and Manufacturing:CAD/CAN Applications in INC.** New Jersey: John Willey & Sons, 2007.

VENÂNCIO, Maria J. L. **AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE BIM – BUILDING INFORMATION MODELING EM PORTUGAL.** Mestrado Integrado em Engenharia Civil - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.

VIEIRA, Tayna Teixeira; FIGUEIREDO, Karoline Vieira. **Vantagens de planejar uma obra com a plataforma BIM, REVIT.** *Boletim do Gerenciamento*, [S.l.], v. 17, n. 17, p. 10-19, set. 2020. ISSN 2595-6531. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/357>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

Souto, G. P. G. **A utilização do software REVIT e a compatibilização de projetos desenvolvidos no BIM.** Trabalho de Conclusão de Curso, PUC Goiás jun. 2021. Disponível em: < <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/2036> >. Acesso em: 14 out. 2021.

YIN, Roberto K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.

ESTUDO SOBRE O IMPACTO DAS CORES EM MAPA DE RISCO NO CANTEIRO DE OBRAS

STUDY ON THE IMPACT OF COLORS ON A RISK MAP ON THE CONSTRUCTION SITE.

Aderivaldo Santos Muniz Júnior
Vitor Eduardo Meireles de Alcântara
Prof.^a Esp. Luanna de Carvalho Santos

RESUMO:

Esta pesquisa tem como objeto a demonstração das reações dos trabalhadores na construção civil perante a visualização do mapa de risco no entendimento de suas cores, podendo estas trazerem uma percepção e levar informações diretamente do ambiente de trabalho criando efeitos diversos, que aumentam ou diminuem a capacidade de influenciar na concentração e na atenção do indivíduo, analisando aplicações das normas e experiências vivenciadas no dia-a-dia do canteiro de obra, levando a ideia de um novo modelo de mapa de risco que busque de forma ágil a percepção dos agentes agressivos a integridade física. Na coleta de dados terá um questionário em *in loco* baseado na portaria nº 25 de 29 de dezembro de 1994, para o responsável pelo setor da segurança no trabalho que busca identificar a classificação dos riscos sendo eles físicos, químicos, biológicos, ergonômicos ou mecânicos podendo eles serem de estrutura leve, média e elevada, e que trarão benefícios aos colaboradores. Os mapas de risco podem abordar a importância que a prevenção de acidentes pode gerar, levando em conta que os segmentos de construções civis são um dentre os maiores setores que possuem inúmeros riscos de acidente no local de trabalho. A NR-09 (2019), reuni as informações necessárias para estabelecer o diagnóstico da situação de saúde e de segurança no ambiente, ela também informa e conscientiza os colaboradores dos riscos evidentes, que se encontram nas práticas de atividades daquele ambiente, esses riscos existentes possuem formas facilmente visíveis, podendo ser observadas através das cores encontradas no mapa de risco.

Palavras-chave: Mapa de Riscos, Canteiro de obras, Prevenção.

ABSTRACT:

This research aims to demonstrate the reactions of workers in civil construction to the visualization of the risk map in the understanding of their colors, which can bring a perception and take information directly from the work environment, creating different effects, which increase or decrease the capacity to influence the concentration and attention of the individual, analyzing applications of norms and experiences in the day-to-day life of the construction site, leading to the idea of a new risk map model that quickly seeks the perception of aggressive agents to physical integrity. During data collection, there will be a questionnaire in loco based on Ordinance No. 25 of December 29, 1994, for the person responsible

for the occupational safety sector, who seeks to identify the classification of risks, whether physical, chemical, biological, ergonomic or mechanical. They have a light, medium and high structure, and will bring benefits to employees. Risk maps can address the importance that accident prevention can generate, taking into account that the civil construction segments are one of the largest sectors that have numerous risks of accidents in the workplace. NR-09 (2019), gathers the information necessary to establish the diagnosis of the health and safety situation in the environment, it also informs and makes employees aware of the evident risks, which are found in the activities of that environment, these existing risks they have easily visible shapes and can be seen through the colors found on the risk map.

Keywords: Risk Map, Construction site, Prevention.

INTRODUÇÃO

As cores podem trazer uma percepção, que leva informação diretamente do espaço criando efeitos diversos, que aumenta ou diminui a capacidade de influenciar na concentração ou na atenção do indivíduo. Podemos observar as cores na saúde que traz a perspectiva nítida, o uso das cores em função do cérebro, mediante a uma melhor percepção de entender melhor o funcionamento das reações de uma pessoa quando ver uma cor específica (PEDROSA, 2015.p.01).

No ponto de vista da segurança, traz-se benefício na proteção da integridade física do colaborador, através do mapa de risco, em relação a hierarquia de cargo em uma obra, na relação à cor do capacete que mostra diretamente a responsabilidade dentro de um canteiro de obra, como também na reciclagem no desempenho do uso de coleta seletiva na qual cada cor de lixeira corresponde a um tipo de lixo separando e prevenindo de alguma bactéria e diminuindo acúmulo de material na obra. Por fim, no lazer as cores dentro desse critério trazem uma amplitude no local, nas condições de estética e conforto estabelecendo a integração das cores com a luz natural e artificial visando a eficiência do conforto visual.

Por tanto, iremos mostrar impacto das cores dentro do canteiro de obras, fazendo um estudo sobre as cores do mapa de risco e os seus ícones, levando uma nova ideia de que como o trabalhador possa identificar e perceber de forma simples os agentes que possa está exposto diariamente (GUIA PARA GESTÃO DE SEGURANÇA, 2017.p.13).Logo que o segmento da construção civil é um

dos setores com maior risco de acidentes de trabalho, uns dos segmentos que mais registram danos à saúde e segurança trabalhador no Brasil, pelo simples fato de que os empregadores não se importam muito com a segurança do trabalho, que traz um alto índice de acidente, pela falta de medidas técnicas, administrativas e educativas para prevenir perdas acidentais (GUIMARÃES BEATRIZ, 2016.p 01).

A NR-09 (2019), reuni as informações necessárias para estabelecer o diagnóstico da situação de saúde e de segurança no ambiente, ela também informa e conscientiza os colaboradores dos riscos, que se encontram nas práticas de atividades naquele ambiente, esses riscos existentes de uma forma facilmente visível, podendo ser observadas através das cores.

O uso das cores deve anteder soluções em diferentes ambientes quando se trata de segurança do trabalho, os mapas de riscos trazem a importância na preservação de acidentes através de círculos colorido, no qual se identifica cada risco correspondente a cada cor, trazendo informação ao trabalhador de forma psicológica a conjugar a cor com risco no qual ele possa se situa no campo de trabalho, lhe proporcionando a proteção com uso dos EPI's.

Os mapas de risco podem minimizar ou eliminar ações trabalhistas decorrentes de falta de segurança do trabalho nas atividades exercidas, bem como faltas por conta de disposições médicas geradas por falta de condições preventivas a saúde do trabalhador, gerando assim uma redução no seu passivo trabalhista. Para tanto, faz-se necessário um plano de saúde e segurança do trabalho que venham a favorecer a empresa e os trabalhadores, também pela preocupação e atenção ao ser humano, sendo o principal bem de qualquer organização.

Então o referido trabalho traz uma análise dos benefícios da aplicação na utilização de cores no mapa de risco junto com os símbolos, trazendo nesses mapas, a usabilidade do fluxo de cores, a um grupo de colaboradores/trabalhadores de um canteiro de obras, visando trazer, mas produtividade e proteção da integridade física de cada um, que com isso buscamos a delimitação dos seguintes objetivos específico: Classificar os riscos em um canteiro de obras; analisar os termos normativos do mapa de risco; propor critérios de percepção das cores do mapa de risco na Obra.

MAPA DE RISCO

De acordo com o Anexo IV da NR 05 (2019), o mapa de riscos terá como objetivo reunir as informações básicas necessárias para estabelecer o diagnóstico da situação de segurança e saúde no trabalho da empresa, o mesmo possibilitará durante elaboração troca e divulgação de informações entre trabalhadores, classificando o grau, grupo e cor corresponde do risco que o trabalhador estará sendo exposto, bem como estimular a sua participação nas atividades de prevenção.

Classificação dos riscos em um canteiro de obras

Os riscos estão presentes em todas as atividades humanas, até mesmo nos locais de trabalho e, que, acaba comprometendo a segurança e a saúde das pessoas e a produtividade da empresa. Esses riscos podem ocasionar danos ao trabalhador, provocando acidentes com lesões imediatas e/ou doenças chamadas profissionais ou do trabalho, que se equiparam a acidentes do trabalho. Os riscos à saúde dos trabalhadores e que comumente estão presentes nos locais de trabalho são alocados em cinco grupos, que cada um terá sua cor de identificação (COSTA DEISE, 2019 p. 26):

- Grupo 1 – Riscos Físicos;
- Grupo 2 – Riscos Químicos;
- Grupo 3 – Riscos Biológicos;
- Grupo 4 – Riscos Ergonômicos;
- Grupo 5 – Riscos de Acidentes (mecânicos).

Conforme com a Portaria nº 3.214 de 08 junho de 1978, do Ministério do trabalho e Emprego MTE, de 1978, julga-se riscos ambientais os agentes existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade tempo de exposição, são capazes de causar danos à integridade física do trabalhador. As cores dos mapas de risco serão padronizadas pelo anexo IV da NR 05 (2019).

Tabela 1 – Classificação dos Riscos

| Grupo | Cor | Risco | Descrição | Agentes |
|-------|----------|------------|---|--|
| 1 | Verde | Físico | São efeitos gerados por máquinas, equipamentos e condições físicas características do local de trabalho, que podem causar prejuízos à saúde do trabalhador | Ruídos, Vibrações, Radiações ionizantes, Radiações não ionizantes, Frio, Calor, Pressões a normais e Umidade; |
| 2 | Vermelha | Químico | São representadas pelas substâncias químicas que se encontram nas formas líquida, sólida e gasosa. Quando absorvida pelo organismo, pode produzir reações tóxicas e danos à saúde. Sendo que a três vias de penetração ao organismo: via respiratória, via cutânea, via digestiva. | Poeiras, Fumos, Névoas, Neblinas, Gases, Vapores e Substância compostos de produtos químicos; |
| 3 | Marrom | Biológico | São aqueles causados por microrganismos invisíveis a olho nu, como bactérias, fungos vírus, bacilos e outros. São capazes de desencadear doenças devido à contaminação e pela própria natureza do trabalho. | Vírus, Bactérias, Protozoários, Fungos, Parasitas e Bacilos; |
| 4 | Amarelo | Ergonômico | Referem-se àqueles contrários às técnicas de ergonomia, que propõem que os ambientes de trabalho se adaptem ao homem, propiciando bem estar físico e psicológico. Os riscos ergonômicos estão ligados também a fatores externos do ambiente e a fatores internos do emocional e ocorrem quando há disfunção entre o indivíduo, seu posto de trabalho e seus equipamentos. | Esforço físico intenso, Levantamento e transporte manual de peso, Exigência de postura inadequada, Controle rígido de produtividade, Imposição de ritmos excessivos, Trabalho em turno noturno, Jornadas de trabalho prolongado, Monotonia e repetitividade, outras situações causadoras de stress físico ou psíquico; |
| | Azul | | Ocorrem por decorrências das condições físicas e tecnológicas improprias capazes de provocar lesões a integridade física do trabalhador. Acidentes correm com pessoas e também com coisas tais como ferramentas, máquinas e outros itens do equipamento. | Arranjo físico, Máquinas e equipamentos sem proteção, Ferramentas inadequadas ou defeituosas, Iluminação inadequada, Eletricidade, Probabilidade de incêndio ou explosão, Armazenamento inadequado, Animais peçonhentos e outras situações |




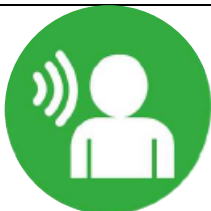






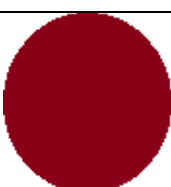



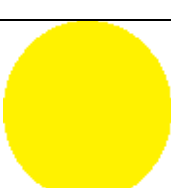

| | | | | |
|---|--|-------------------|--|---|
| 5 | | Mecânico/Acidente | | de risco que poderão contribuir para ocorrência de acidentes. |
|---|--|-------------------|--|---|

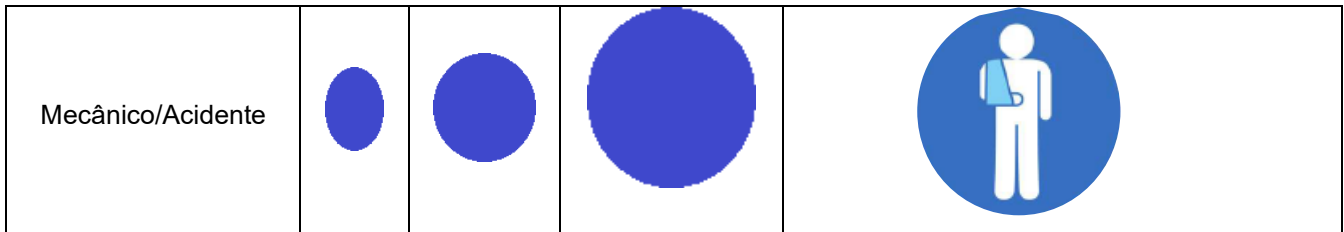
Fonte: Adaptada NR 05, NR 09 e NR 17, 2019

A portaria nº 25 de 29 de dezembro de 1994 em seu anexo, apresenta somente círculos com cores distintas com representação dos riscos ambientais, não cumprindo a função pleiteada que seria obter a percepção dos trabalhadores quanto aos riscos em seu ambiente laboral (COSTA DEISE, 2019 p. 30).

Segundo Costa Deise (2019 p. 31), afirma que por experiência, não aconselha representar no círculo mais de dois tipos de riscos, pois pode vir a gerar má interpretação.

Tabela 2 – Riscos Existentes em Canteiro de Obras

| Tipos | Classe | | | Ícones |
|-------------|---|---|---|---|
| | Leve | Médio | Elevado | |
| Físicos |  |  |  |  |
| Químicos |  |  |  |  |
| Biológicos |  |  |  |  |
| Ergonômicos |  |  |  |  |



Fonte: Adaptada da UFF, 2016

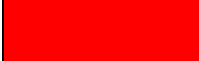

Análise dos termos normativos do mapa de risco

No que se refere o mapa de risco, é de fácil abordagem o item IV da NR-05 de 2019, este mapa será composto por seis etapas, elas irão contribuir para um melhor desempenho e desenvolvimento das possibilidades de análise do processo do trabalho, em que envolvem trabalhadores (número, sexo, idade, treinamento profissional e de segurança e saúde), equipamentos e dentre outros materiais de trabalho, estas atividades serão realizadas no ambiente de trabalho. E a esta norma, se complementa a NR-09, onde é citado que o mapa deverá consistir em um conjunto de registros de gráficos que representaram os riscos existente nos mais diversos ambientes de trabalho.

No critério normativo, temos normas que distinguem as cores na segurança do trabalho; NBR 6493 2018, que padronizam cores de tubulações, que fixa condições exigíveis no uso dessas cores para cada tipo de tubulação, e a norma regulamentadora NR 26 que fala sobre a sinalização de segurança que mostra quais tipos de cores deveram ser adotadas de forma limitada afim de não ocasionar distração, confusão e fadiga ao trabalhador. Essas cores são usadas na identificação de equipamentos de segurança, delimitar áreas, advertir riscos e especifica também canalizações.

Tabela 3 – Tipo de tubulação e as cores.

| | TIPO DE TUBULAÇÃO | COR |
|----------|---|----------|
| NBR 6493 | VAPOR | |
| | ÁCIDO | Amarelo |
| | AR COMPRIMIDO | Azul |
| | GASES NÃO LIQUIFEITOS | Amarelo |
| | ÁGUA | Verde |
| | PRODUTOS INFLAMAVEIS E COMBUSTIVEIS DE ALTA VISCOSIDADE | Preto |
| | | Vermelho |

| | | |
|--|--|---|
| | EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS |  |
| | ELETRODUTO |  |

Fonte: NBR 6493

Critérios de percepção de risco na Obra

Para que possamos ter informações sobre quais riscos o colaborador pode está exposto dentro do canteiro de obras, iremos desenvolver um questionário que irá conduzir fatores de indagações de acordo com a portaria nº 25 de 29 de dezembro de 1994, que evidenciará a existência de riscos dentro do canteiro de obra, trazendo a comparação da cor do risco com seus ícones para obter resultado da familiaridade de cada colaborador com os riscos.

MÉTODOS DE ANÁLISE

A presente pesquisa foi realizada no canteiro de obras de um supermercado, verificando os métodos, procedimentos e ferramentas de demonstração dos riscos através de cores e ícones de segurança do trabalho, que foram utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, com base em sua importância para que isso atinja os objetivos, utilizamos uma metodologia de abordagem qualitativa do tipo exploratório e bibliográfico.

Nela analisamos os riscos existentes no local de trabalho, trazendo identificação de medidas preventivas e eficazes, que trouxeram: medidas de proteção coletiva, medidas de organização do trabalho, medidas de proteção individual, medidas de higiene e conforto como: no banheiro, lavatório, vestiários, armários, bebedouros, refeitórios e área de lazer. Mensurar os indicadores que envolvem queixas, mais frequentes e comuns entre os trabalhadores expostos aos mesmos riscos, identificando os acidentes de trabalho mais ocorridos, como também doenças profissionais frequentes e análise da ausência do trabalho, diagnosticando a causa. Ter conhecimento no levantamento dos riscos ambientais mensurando a intensidade de cada.

Área de Estudo

A pesquisa foi feita em fevereiro de 2021, realizada em um canteiro de obras localizado na avenida Senador Dirceu Arcoverde, BR 343, na cidade de Floriano, Piauí.



Figura 1 – Localização do Canteiro de obras.



Figura 2 – Frente do Canteiro de obras.

Método e Procedimentos

Nesta pesquisa foi realizadas visitas técnicas, levantamento bibliográfico através de artigos, leis, normas e outras informações originárias da internet. Para obtermos, formalidade na pesquisa, buscamos a compreensão da realidade profissional através da análise descritiva da experiência desenvolvida no ambiente de trabalho. Para que houvesse sentido nas informações com base nos conhecimentos abordados, disponibilizamos um questionário online no Google Forms.

De forma, mas explicita a metodologia adotada para a realização deste trabalho foi que:

- Buscamos adquirir familiaridade sobre as cores padronizada de cada risco através de fontes bibliográficas, leituras em normas;
- Tivemos conhecimento sobre os símbolos/ícones de cada risco;
- Tivemos conhecimento da portaria nº 25 de 29 de dezembro de 1994 que descreve etapas para elaboração do mapa de risco, e informa os agentes agressivos e suas cores;

- Criação de um Questionário online no Google Forms;
- Utilizamos o software Auto CAD para produzir planta baixa;
- Utilizamos google Maps para localização do canteiro de obra;
- Utilizamos software Excel para montagem de tabela na demonstração dos riscos suas cores e agentes agressivos;
- Para registro fotográfico utilizamos câmera de celular.

ANÁLISE E RESULTADOS

A ideia de levar os símbolos como representante dos riscos ambientais em um canteiro de obras, é baseado na sugestão, na fácil percepção do trabalhador na identificação do risco que ele pode está exposto, fazendo com que ele possa agir de forma rápida e pro ativa evitando acidente, que de acordo com a portaria nº 25 de 29/12/1994 que somente aborda os círculos de diferentes tamanhos e as cores.

Com essa nova forma de levar a utilização dos símbolos no mapa de risco, foi no intuito de levar um desenvolvimento buscando uma atenção redobrada do trabalhador, trazendo uma ação de forma agiu em benefício próprio, levando a proximidade dos trabalhadores aos respectivos riscos que estarão exposto, assim trazendo a proteção, preservação, da sua integridade física, contribuindo para saúde e segurança dentro do canteiro de obra. Para que houvesse sentindo nesse novo modelo de mapa de risco, buscamos na internet ícones que se associavam aos riscos, sendo mantido as cores de orientação da portaria que regulamenta as cores dos riscos, que define o verde como riscos físicos, vermelho como riscos químicos, marrom como riscos biológicos, amarela do como riscos ergonômicos e azul como riscos de acidente. Como podemos observar, a representação gráfica da junção dos ícones/símbolos dos riscos com sua respectiva cor, apresentada na figura 3.



Figura 3 – Símbolos representativos dos cinco riscos

Questionário

Com essa nova representação gráfica no mapa de riscos, nos levaram para uns questionamentos que nos ajudaram ter melhor visão dos cinco riscos ambientais dentro do ambiente de trabalho, no qual os trabalhadores estarão expostos no seu dia-dia.

Analisando o ambiente através do questionário, e ajuda dos trabalhadores, foram obtidos alguns resultados a seguir:

EXISTE RUIÍDO CONSTANTE NO LOCAL DE TRABALHO?

5 respostas

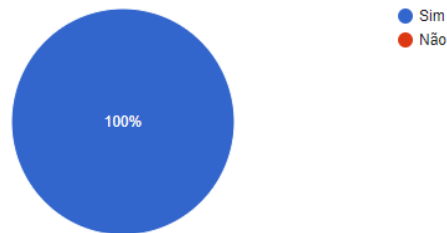


Figura 4: Questionário Avaliativo
Fonte: Elaborado pelos próprios autores

OS EMPREGADOS UTILIZAM PROTETOR DE OUVIDO?

5 respostas

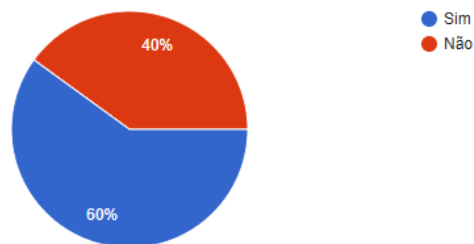


Figura 5: Questionário Avaliativo
Fonte: Elaborado pelos próprios autores

EXISTEM PROBLEMAS DE VIBRAÇÕES?

5 respostas

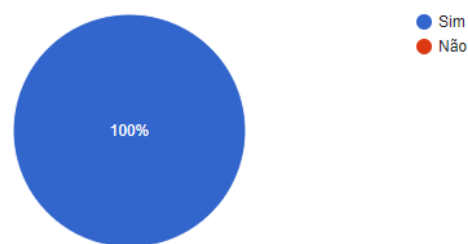


Figura 6: Questionário Avaliativo
Fonte: Elaborado pelos próprios autores

EXISTEM PRODUTOS QUÍMICOS NO LOCAL DE TRABALHO?

5 respostas

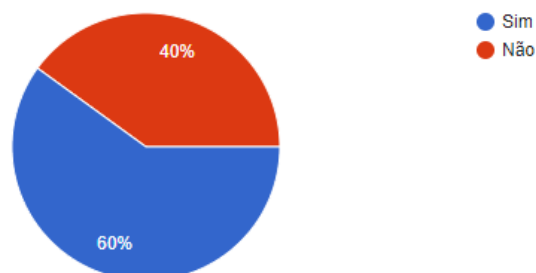


Figura 7: Questionário Avaliativo
Fonte: Elaborado pelos próprios autores

EXISTE PROBLEMA DE CONTAMINAÇÃO POR VÍRUS, BACTÉRIAS E FUNGOS?

5 respostas

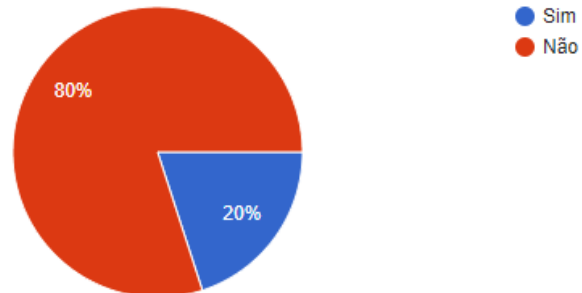


Figura 8: Questionário Avaliativo
Fonte: Elaborado pelos próprios autores

O TRABALHO EXIGE ESFORÇO FÍSICO PESADO?

5 respostas

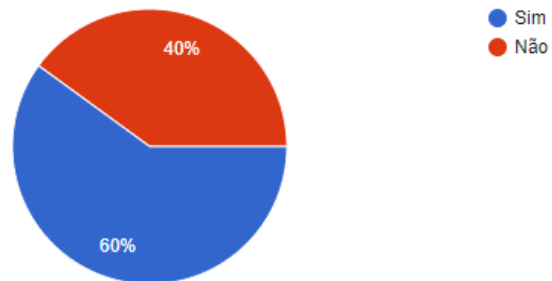


Figura 9: Questionário Avaliativo
Fonte: Elaborado pelos próprios autores

HÁ MAQUINAS E EQUIPAMENTOS SEM PROTEÇÃO?

5 respostas

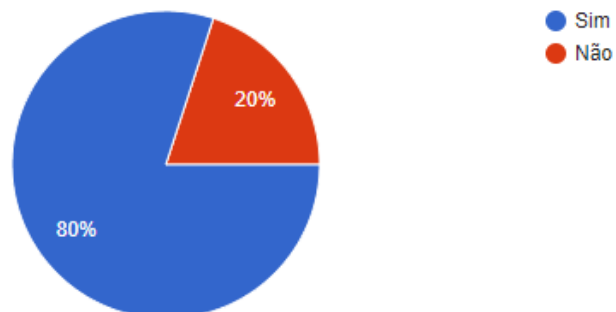


Figura 10: Questionário Avaliativo
Fonte: Elaborado pelos próprios autores

O TRABALHO EXIGE POSTURA INADEQUADA?

5 respostas

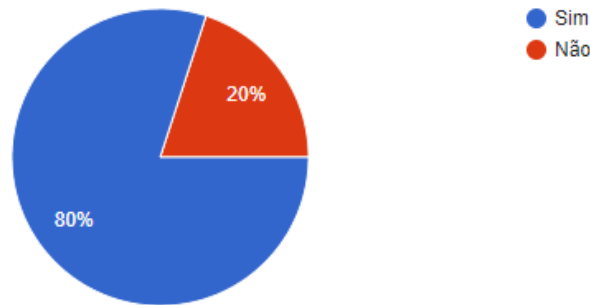


Figura 11: Questionário Avaliativo
Fonte: Elaborado pelos próprios autores

A contribuição do questionário dentro do canteiro de obra ajudou na coleta de informações, que tem como vista de maneira positiva avaliação dos colaboradores no local de trabalho. Os riscos serão apresentados em planta baixa feita em AUTOCAD, juntos com os símbolos/ícones de cada risco. Será apresentado com dimensões diferentes a fim de deixar claro a sua intensidade, em grau pequeno, médio e grande.

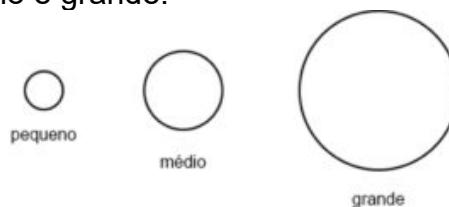


Figura 12: Intensidade dos riscos
Fonte: Elaborado pelos próprios autores

Elaboração do Mapa de risco

Ao decorrer desta elaboração, serão apresentadas as partes consideradas coesas para que possa ser elaborado o mapa de risco, considerando que as fontes de informações coletadas têm a relevância verídica.

Todas as informações obtidas do questionário fizeram grande parte da elaboração do nosso mapa, onde foram feitas perguntas relacionadas a estabilidade de segurança dos funcionários, e levando então à risca os meios de segurança que cada um obtém no seu local de trabalho.

Estas análises obtidas devem ser consideradas essenciais para o desenvolvimento analítico dos fatores atribuídos, o que está diretamente acordado ao referido na Portaria número 25. As questões abordadas tem o intuito direto de orientar os trabalhadores aos perigos que podem ser expostos a eles, caso não sejam destinadas as devidas medidas de segurança.

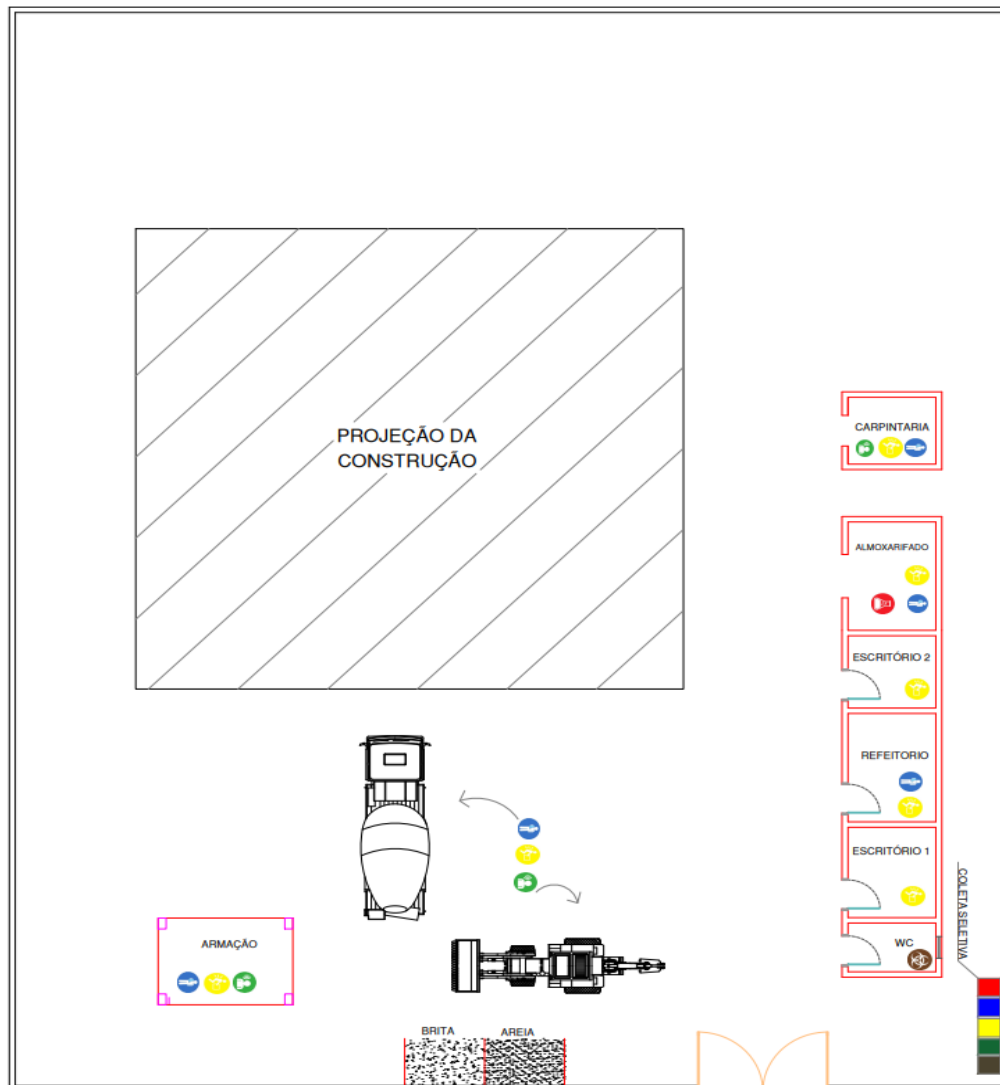


Figura 13: Mapa de risco
Fonte: Elaborado pelos próprios autores

CONCLUSÕES

O presente estudo busca se familiarizar com as cores e ícones encontrados no mapa, no intuito de idealizar os impactos que os trabalhadores podem ter ao visualizar os fatores que possuem os graus específicos dos riscos. Ele também apresenta a ideia mais simplificada de reconhecimento dos perigos expostos, para que os mesmos passem a ser identificados e como consequência de tal ato, seja prevenido diariamente. Pois o intuito principal do mapa é fazer com que este ambiente passe a ser um local de proteção a integridade física do colaborador, contribuindo assim para uma melhor segurança e promoção de uma saúde melhor.

Vale ressaltar que o resultado gráfico do mapa de riscos é o processo de participação e envolvimento dos trabalhadores em sua construção, podendo contribuir para avanços organizativos e educativos. Destaco que todo risco não identificado possui um grande potencial gerador de acidentes de trabalho.

Os ícones apresentados como representante dos cinco riscos são de forma ilustrativa, não havendo estudo específico para a sua escolha no momento. Recomenda-se que as empresas realizem um processo de criação dos ícones e realizem uma eleição com seus colaboradores, para que haja como definição a imagem dada como percepção e sua identificação.

Desta forma, espera-se que este trabalho contribua com a elaboração dos mapeamentos, sempre preservando a essência desta proposta que é a valorização do ser humano no desenvolvimento das suas funções profissionais, preservando sua saúde física.

SUGESTÃO DE TRABALHO FUTURO.

Com os estudos desenvolvido neste trabalho, despertou sugestões de Tema de pesquisas científica como: Estudo da Eficiência do Mapas de Risco na Industria da construção; A Conjugação das Cores com os Riscos ocupacionais; Gerenciamento dos Riscos Ocupacionais; Analise do Mapa de Risco num empreendimento escolar; Estudo dos Mapas de Riscos e suas cores na Área da saúde.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos ter concedido o dom da vida e nos da sabedoria, força e saúde para prosseguir e chegarmos até aqui.

Aos nossos Familiares de Aderivaldo Santos Muniz Junior, Mãe Divina Maria Ribeiro Muniz, Pai Aderivaldo Santos Muniz (In memoria), Irmã Luana Beatriz Maria Ribeiro Muniz, Mãe de Vitor Eduardo Meireles Alcântara, Marciete de Andrade Meireles e avó Francisca de Andrade Meireles (In memoria) que foram uns dos maiores incentivadores para podermos seguir esse caminho, um caminho próspero que podermos colher frutos de sucesso.

Ao nosso Professor Savio que hoje ele não faz mais parte do corpo de professores da instituição e nossa orientadora Professora Luanna de Carvalho, esses foram de suma importância para montagem do nosso trabalho e chegarmos em um denominador comum.

A nossa coordenadora Ruth Aires que sempre teve esse cuidado de sempre nos guiar e apoiar com incentivos positivos.

Aos nobres colaboradores do canteiro de obras, que nos ajudou na montagem da pesquisa dando um pouco de atenção às nossas explicações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA. Redação dada pela Portaria nº 8, 23 de fevereiro de 1999. Retificação, 12 de julho de 1999. Manuais de Legislação – Segurança e Medicina do Trabalho, Ed. Atlas, São Paulo, 61ª Ed, 2007. Acesso: 12 de setembro de 2021.

COSTA, Deise M. **Modelo de Mapa de Riscos Ambiental Setorial com uso de iconogramas**. Florianópolis-SC, 2019. Acesso: 27 de setembro de 2021.

FACCHINI, Luiz Augusto, et al. **Ícones para mapa de riscos: uma proposta construída com os trabalhadores**. Rio de Janeiro, jul. 1997, 6f. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/cspv13n3/0174.pdf>>. Acesso em: 27 de setembro de 2021.

MATTOS, Ubirajara A. de O.; FREITAS, Nilton B. B. **Mapa de Risco no Brasil: As limitações da aplicabilidade de um modelo operário**. Cad. Saúde Pública. Rio de Janeiro, abr./jun. 1994. p. 251-258. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v10n2/v10n2a12>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 5 – **Anexo IV- mapa de risco**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 06 jul. 1978b, 24f. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR5.pdf>>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria nº25. Segurança e medicina do trabalho – NR 9 – Riscos ambientais – Aprovação**. Brasília, DF, 29 dez. 1994, 6f. Disponível em: < <http://trabalho.gov.br/participacao-social-mtps/participacao-socialdo-trabalho/legilacao-seguranca-e-saude-no-trabalho/itemlist/category/665-sstportarias-1994>>. Acesso em: 17 de outubro de 2021.

Ministério do Trabalho e Emprego. NR 26 – **sinalização de segurança**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 06 jul. 1978, 3f. Disponível em: <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/trabalhista/nr/nr26.htm> Acesso em: 18 de outubro de 2021.

NBR 6493: **Emprego de cores para identificação de tubulações industriais**. Rio de Janeiro.2018. Acesso: 18 de outubro de 2021.

PONZETTO, Gilberto. **Mapa de Riscos Ambientais: Aplicado à engenharia de Segurança do Trabalho - CIPA NR-05**. 3ª. ed. LTR, 2010. Acesso: 21 de outubro de 2021.

PONZETTO, Gilberto. **Mapa de Riscos Ambientais: Manual Prático**. São Paulo: LTR, 2002. Acesso: 21 de outubro de 2021.

REIS, S. M. PPRA - **Programa de Prevenção de Riscos Ambientais em uma obra de construção civil**. 26 out. 2018. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

ROCHA, T.; SALVAGNI, J.; NODARI, C. H. **Evidências da segurança do trabalho e o nível de escolaridade dos trabalhadores na construção civil**. 2019. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

SANTOS, J. **Introdução à Engenharia de Segurança: Mapa de Risco**. Apostila, Centro Universitário Fundação Santo André (FAENG), 2008. Disponível em: <<http://www3.fsa.br/localuser/Producao/arquivos/mapaderisco.pdf>>. Acesso: 27 de outubro de 2021.

SANTOS, G. C. R. DOS. **Segurança no trabalho na construção civil: uma revisão bibliográfica**. 12 nov. 2018. Acesso em: 27 de outubro de 2021.

SELL, Ingeborg. **Gerenciamento de riscos**. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. FEESC. Florianópolis, 1995. Acesso: 27 de outubro de 2021.

ANÁLISE DA SEGURANÇA VIÁRIA DA BR 230 – TRECHO MÉDIO SERTÃO MARANHENSE

Amanda Kelly de Moraes Pollo ¹
Francisca Helena Pereira da Silva Rodrigues ²
Ruth Otamária da Silva Aires ³

Resumo:

A segurança viária se preocupa com o bem estar das pessoas no ambiente de trânsito através de medidas preventivas, corretivas e normas, que objetivam a redução de acidentes, proporcionando vias mais seguras e sustentáveis. O estudo tem como objetivo analisar os dados dos acidentes ocorridos na BR-230, no trecho do médio sertão Maranhense, através da análise da geometria das vias como um dos fatores contribuintes e o cálculo do índice de acidentes. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica de abordagem quantitativa, realizada através de base de dados como PRF, DETRAN, CNT, entre outros. A análise dos dados será de forma descritiva, onde serão utilizados dois softwares: o Excel e o QGIs. Através deste estudo, espera-se melhorias na segurança viária por meio da criação de políticas que venham a intervir no número de acidentes viários.

Palavras-Chave: Acidentes. Fatores contribuintes. Segurança viária. Trânsito.

Abstract:

Road safety is concerned with the well-being of people in the traffic environment through preventive, corrective measures and standards, which aim to reduce accidents, providing safer and more sustainable roads. The study aims to analyze the data of accidents that occurred on the BR-230, in the middle sertão Maranhense, through the analysis of the geometry of the roads as one of the contributing factors and the calculation of the accident rate. This is a bibliographic research with a quantitative approach, carried out through databases such as PRF, DETRAN, CNT, among others. Data analysis will be descriptive, using two software: Excel and QGIs. Through this study, improvements in road safety are expected through the creation of policies that will intervene in the number of road accidents.

Keywords: Accidents. Contributing factors. Road safety. Traffic.

INTRODUÇÃO

De acordo com a NBR 10697 (2020, p. 1), “Sinistro de trânsito é todo evento que resulte em dano ao veículo ou a sua carga e/ou em lesões a pessoas e/ou animais, e que possa trazer dano material ou prejuízos ao trânsito, a via ou ao meio ambiente, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou em áreas abertas ao público”.

Os sinistros de trânsito são classificados em três tipos: sinistro de trânsito sem vítima, com vítima não fatal e com vítima fatal. Sinistro de trânsito sem vítima não resulta em vítima, mas traz danos materiais ou prejuízos; o com vítima não fatal é aquele que resulta em vítima, porém sem mortes; e o com vítima fatal é aquele que resulta em morte em até trinta dias após o acidente (NBR 10697, 2020).

As ocorrências de trânsito nas vias do Brasil são uma das principais causas de mortes na atualidade, acarretando em média 45 mil pessoas por ano e ocasionando grandes custos, tanto financeiros como sociais. Estes números tendem a crescer ainda mais devido ao aumento no número de veículos circulando nas vias (IPEA, 2020).

Segundo o IPEA (2020), em 2014 os acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras geraram um custo de 12,8 bilhões de reais. Deste valor cerca de R\$ 7,9 bilhões foram gastos com as vítimas em suas despesas hospitalares e perda de produção, e R\$ 4,8 bilhões com os danos materiais. Cada sinistro, gerou um custo de aproximadamente R\$ 261.689, sendo que um acidente resultante em morte custou cerca de R\$ 664.821.

Além dos custos financeiros, existem também os danos incalculáveis para os envolvidos nesses eventos, como a perda de um familiar e os abalos psicológicos que esses acontecimentos acarretam.

Alguns países europeus identificaram esses problemas há alguns anos. Em 1990, a Suécia criou a filosofia Visão Zero, que tem como princípio básico zerar o número de ocorrências com vítimas fatais e gravemente feridas, sendo atualmente considerado um dos países mais seguros do mundo em relação ao trânsito (PRADO, 2019).

O Brasil possui um elevado índice de mortes no trânsito, principalmente se comparado a Europa. A implantação de diretrizes com o princípio da Visão Zero podem ser fatores incisivos para a redução desse índice.

Torna-se cada vez mais necessário que sejam feitos investimentos de forma preventiva, com políticas públicas como a iniciativa da ONU (Organização das Nações Unidas) com a criação do ODS 11, além de melhoria das vias, rodovias e educação do trânsito, para evitar e reduzir custos maiores com os gastos pós sinistro.

Os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil) são 17 objetivos desenvolvidos pela ONU com o intuito de, em até 2030, melhorar a qualidade de vida das pessoas, cuidando do meio ambiente para garantir que todos possam desfrutar de paz e prosperidade (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2021).

Dentre os objetivos, o ODS 11 é o que aborda sobre Cidades e Comunidades Sustentáveis que tem como finalidade torná-las mais sustentáveis, inclusivas e seguras. Uma das metas desse ODS é a meta 11.2 que trata sobre a segurança viária afim de priorizar os transportes públicos e não

¹ Graduando(a) em Engenharia Civil na Faculdade de Ensino Superior de Florianópolis – FAESF;

² Professor Orientador;

³ Professor Co-orientador.

motorizados com foco nas pessoas em situação de vulnerabilidade, como gestantes e deficientes (IPEA, 2019).

Os acidentes de trânsito têm aumentado em larga escala ao longo dos anos. No mundo aproximadamente 1,3 milhão de pessoas são vítimas fatais em ocorrências de trânsito, sendo a principal causa da morte de jovens com idade entre 15 e 29 anos (OMS, 2018).

Por este motivo ações estão sendo realizadas, visando a diminuição destas ocorrências. Segundo Ferraz *et. al.* (2012) a obtenção e monitoramento de números de acidentes viários contribuem consideravelmente para a gestão da segurança viária que objetiva a redução desses índices.

O índice de acidentes de trânsito no Brasil é alarmante. Segundo estudo realizado pela Seguradora Líder (2019), com base nos dados do seguro DPVAT dos anos de 2009 a 2018, o Nordeste é a segunda região com maior número de mortes por sinistro de trânsito no país. O Maranhão se destaca por ser o estado com maior percentual de crescimento no número de acidentes nesse mesmo período.

Tendo em vista a alta mortalidade devido aos acidentes de trânsito, e que este é um grande problema de saúde pública tanto socialmente como financeiramente, a Organização das Nações Unidas (ONU) proclamou através da Resolução 64/255 de 02 de março de 2010, a “Década de Ações para a Segurança Viária” pelo período de 2011 a 2020 (BRASIL, 2010).

Com base nesta Resolução os países membros de todo o mundo, se comprometeram a adotar políticas e planos para que estes números fossem reduzidos à metade até o final da década (BRASIL, 2010).

Considerando esse cenário, este trabalho tem como objetivo geral analisar os dados dos acidentes ocorridos na BR-230, no trecho do médio sertão maranhense, e a partir disso os seguintes objetivos específicos:

- Analisar as ocorrências de acidentes antes e durante da pandemia do Covid-19;
- Analisar a geometria da via como um dos fatores contribuintes dos acidentes no trecho do Médio Sertão Maranhense;
- Calcular o Índice de acidentes e a ponderação espacial dos dados dos anos 2019 e 2020;
- Realizar uma análise descritiva dos dados.

Este estudo se faz relevante devido a importância da busca de melhores práticas na segurança viária, tomando como princípio a análise dos dados de acidentes e dos seus fatores contribuintes para que sirva de auxílio para tomadores de decisão e criação de políticas que possam intervir na ocorrência de acidentes viários.

Neste primeiro tópico foi apresentado a introdução com os objetivos desta pesquisa, assim como a sua relevância perante a sociedade. O tópico 2 trata-se do referencial teórico onde são mostradas as principais contribuições da literatura no âmbito do tema proposto, e no tópico 3 explica-se os métodos da pesquisa, detalhando seu tipo, local, base de dados e suas análises. Já o tópico 4 expõe os dados através de análise descritiva e seus resultados, fazendo um comparativo dos anos em questão, bem como a ponderação espacial das ocorrências. Por fim, o tópico 5 é a conclusão deste trabalho, abordando o atingimento de seus objetivos e contribuições para projetos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SEGURANÇA VIÁRIA

No Brasil, o número de veículos motorizados cresceu desproporcionalmente à capacidade das vias, gerando grandes congestionamentos, além do aumento da probabilidade de acidentes. Por isso é cada vez mais preciso que sejam implantadas medidas para controlar o fluxo do trânsito, tornando-o assim mais eficiente e seguro.

A segurança viária se preocupa com o bem estar das pessoas no ambiente de trânsito através de medidas preventivas, corretivas e normas, que objetivam a redução de acidentes, proporcionando vias mais seguras e sustentáveis (CARMO, 2019).

A Auditoria da Segurança Viária – ASV é uma das medidas preventivas que podem ser adotadas, sendo um dos seus principais benefícios a economia de recursos gastos com ocorrências no trânsito. Seu objetivo é reduzir o número de acidentes, assim como a severidade dos mesmos. Além disso, buscam garantir a implantação devida dos projetos e que todas as vias funcionem de forma eficaz (NODARI; LINDAU, 2001).

As ações de segurança devem se basear nos princípios do Tripé da Segurança Viária, também conhecido como 3 E's – Engenharia, Educação e Esforço Legal, que aponta à educação dos condutores e pedestres, às melhorias das vias através de obras de qualidade, e à fiscalização através de policiamento (AGUILERA; MOYSÉS; MOYSÉS, 2014).

A Engenharia é competente por toda execução e manutenção das vias, bem como sua sinalização, de maneira que garanta sua segurança. A Educação é todo o processo de conscientização e habilitação da população para o uso seguro do trânsito, tanto dos condutores quanto dos pedestres. O Esforço Legal são todas as medidas tomadas baseadas no comportamento humano através das leis, de uma rigorosa fiscalização e de punições para ações indevidas. Para que as medidas funcionem corretamente os 3 E's devem trabalhar em conjunto (DE CAMPOS; JUNIOR, 2013).

2.2 DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA VIÁRIA

Por conta dos altos índices de acidentes, se torna necessário a implantação de dispositivos de segurança visando minimizar a severidade dos acidentes, reduzindo assim o número de ocorrências com vítimas fatais e gravemente feridas.

Os dispositivos de contenção destinam-se a propiciar segurança aos usuários das vias e moradores do entorno, afim de conter, redirecionar e absorver os impactos causados nas ocorrências. Monitoramento eletrônico, placas, faixas, tachões, cavaletes, cones e defensas, são alguns exemplos destes dispositivos, que podem ser fonte de dados para o planejamento de intervenções e novos sistemas de segurança. É imprescindível que seja realizada uma análise da rodovia e de acordo com o histórico de acidentes de cada trecho, deve ser escolhido o dispositivo que melhor atenda a região (LEOPOLDINO, 2008).

2.2.1 TRAFFIC CALMING

Moderação de Tráfego ou Acalmia de Tráfego, internacionalmente conhecida por Traffic Calming, refere-se a um conjunto de medidas adotadas para tornar o trânsito menos desordenado e com menos riscos para os usuários

em geral, especialmente para pedestres e ciclistas, e por este motivo é implantada em pontos específicos, como em regiões residenciais, hospitalares e em vias com alto tráfego (BOAVENTURA; LIMA, 2019).

Segundo Boa Ventura; Lima (2019), existem vários tipos de intervenções enquadradas no Traffic Calming, entre elas:

- Modificações verticais e horizontais - prolongamentos físicos das calçadas para pedestres, lombadas, almofadas de velocidade, faixas de pedestres e seções elevadas, estreitamento da estrada, faixas de deslizamento, etc.;
- Modificações no ambiente rodoviário - arborização, rotatórias, adição de mobiliário urbano;
- Remanejamento do tráfego - bloqueio permanente ou temporário da estrada, bloqueios diagonais, portões, criação de ruas de mão única, reintrodução de ruas de mão dupla, paradas de quatro vias;
- Zonas de limite de velocidade reduzida - onde as velocidades são fisicamente limitadas por medidas de acalmia do tráfego;
- Medidas ópticas - tratamento da superfície da estrada (cor, textura), visibilidade horizontal reduzida (linhas de visão encurtadas); medidas audíveis (áreas de ruído, barras oscilantes), alterações na iluminação da estrada.
- Redesenho da via - curvas para coagir a redução de velocidade, alteração da via para um comum espaço entre pedestres, ciclistas e veículos.

2.3 FATORES CONTRIBUINTES DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO

Existem inúmeros fatores que podem contribuir para as ocorrências no trânsito, entre eles estão os aspectos comportamentais, veiculares e viários/ambientais. Esses fatores agem não só de forma isolada, mas também podem agir em conjunto, o que eleva a gravidade dos mesmos. Entretanto, há sempre um aspecto que se sobressai sendo o determinante do acidente, pois sem ele o mesmo não ocorreria (CRUZ JUNIOR, 2019).

Os fatores comportamentais estão associados a conduta e atos dos indivíduos. O uso de drogas lícitas, ilícitas e substâncias psicoativas, são exemplos de ações que alteram a percepção do motorista, pois desse modo o condutor está assumindo o risco de colisão, colocando sua vida e de outras pessoas em perigo. Além disso o excesso de velocidade também se enquadra nesse grupo, uma vez que ao dirigir acima do limite permitido está ciente de que pode ocasionar acidentes de maior severidade (CRUZ JUNIOR, 2019).

De acordo com Cruz Junior (2019), os fatores veiculares são relacionados com a falta de manutenção periódica e preventiva, além de falhas dos veículos e excesso de cargas. É importante que o condutor mantenha seu veículo sempre em bom estado de conservação, evitando assim problemas futuros.

Os aspectos viários e ambientais também contribuem nessas ocorrências, e alguns parâmetros que podem influenciar para isso são a geometria da via, projetos mal desenvolvidos, a situação da pavimentação, falta de sinalização, ausência de acostamento, deficiência de iluminação pública, condições meteorológicas, entre outros. Estudos apontam que a maioria dos acidentes ocorrem em trechos retos das rodovias, porém os mais graves ocorrem em curvas. Com isso, é imprescindível uma fiscalização atuante e investimentos em transporte e segurança para tornar as rodovias mais seguras e com mobilidade eficiente (ANDRIOLA; TORRES; GARCÍA, 2019).

2.3.1 GEOMETRIA DA VIA

A condução segura de um veículo decorre das condições da geometria da via, que é caracterizada de acordo com o tipo de rodovia (pista simples ou dupla), presença de pontes, viadutos, acostamento, curvas perigosas e faixa adicional de subida (terceira faixa) (CNT, 2018).

As rodovias de pista simples possuem mão dupla, faixas para ambos os sentidos. Já as rodovias de pista dupla, possuem duas ou mais faixas em cada sentido separadas por uma faixa central. Em pistas simples, a inclinação do perfil da rodovia diminui o nível de serviço, pois afeta o tráfego dos veículos (CNT, 2019).

Em vias com perfis que dificultam ultrapassagens, com restrições de visibilidade, como aclives ou subidas, faz-se necessário a inserção da terceira faixa ou faixa adicional de subida, que diminuem o risco de ocorrências e auxiliam no aumento da velocidade de tráfego de veículos leves, sendo geralmente implantadas em pistas simples (CNT, 2019).

As pontes e viadutos são projetados para ultrapassar obstáculos como cursos d'água e desníveis topográficos. Como ocorre estreitamento em relação a seção da via, aumentam os problemas de segurança e diminuem o fluxo do tráfego. Guarda-corpo e acostamentos são indispensáveis para garantir a segurança viária, uma vez que podem absorver choques laterais, entre outros (CNT, 2019).

Curvas perigosas são aquelas que possuem raios e visibilidade restringidas. Estas devem ser devidamente sinalizadas e possuir dispositivos de proteção durante todo o seu trecho. O acostamento tem ampla importância para assegurar a segurança viária, especialmente nas rodovias de pistas simples, sendo destinado a parada ou estacionamento de veículos em casos de emergência e ainda serve como zona de manobra ou escape (CNT, 2019).

As melhorias na infraestrutura das vias são imprescindíveis para um bom tráfego, pois as falhas na geometria acarretam o aumento de ocorrências de acidentes.

2.4 EFEITOS NAS OCORRÊNCIAS DE TRÂNSITO COM A PANDEMIA DO COVID-19

A pandemia do Covid-19 surgiu em dezembro de 2019, em Wuhan, na China. Segundo a o Ministério da Saúde (2021), “esta é uma infecção respiratória aguda causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, potencialmente grave, de elevada transmissibilidade e de distribuição global”.

Devido a principal forma de prevenção para evitar o contágio ser o isolamento social, a população está com o tempo ocioso, e na maioria das vezes faz o consumo de bebidas alcoólicas e substâncias ilícitas, proporcionando um aumento no índice de consumo dos mesmos. Com isso, há uma preocupação com o acréscimo de ocorrências no trânsito, pois a ingestão de álcool é um dos principais fatores contribuintes de acidentes nas rodovias (VINGILIS, et al, 2020).

Durante o período de pandemia houve uma queda no número de veículos circulando nas vias e rodovias, devido aos decretos de lockdown. Isso gerou efeitos positivos sobre a segurança do trânsito como redução do número de

motoristas de alto risco dirigindo, diminuição na ocupação de leitos hospitalares por acidentes, entre outros (KATRAKAZAS, et al, 2020).

É notório que sejam aplicadas, assim que possível, medidas de segurança para que não ocorra um aumento nas taxas de sinistro das rodovias, após a flexibilização dos decretos, como a redução dos limites de velocidades, bem como a melhoria das vias para uso de transportes ativos, a pés e bicicletas, melhorando a mobilidade urbana e aumentando a segurança viária.

3 MÉTODOS DE ANÁLISE

3.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica de abordagem quantitativa, que tem por finalidade analisar os dados dos acidentes ocorridos na BR-230, no trecho do médio sertão maranhense, através de base de dados e com a Estimativa de Densidade de Kernel, por meio do QGIS.

Segundo Amaral (2007), a pesquisa bibliográfica é a base para todo trabalho científico, que por meio de levantamentos de informações possibilita ao pesquisador ter acesso a conhecimentos prévios sobre o assunto.

Para a abordagem desse estudo utilizou-se a pesquisa quantitativa, na qual emprega-se técnicas estatísticas para quantificar seus resultados através de métodos matemáticos para explicar as causas de um evento e a relação entre suas variáveis (CRESWELL; CRESWELL, 2021).

3.2 LOCAL DO ESTUDO

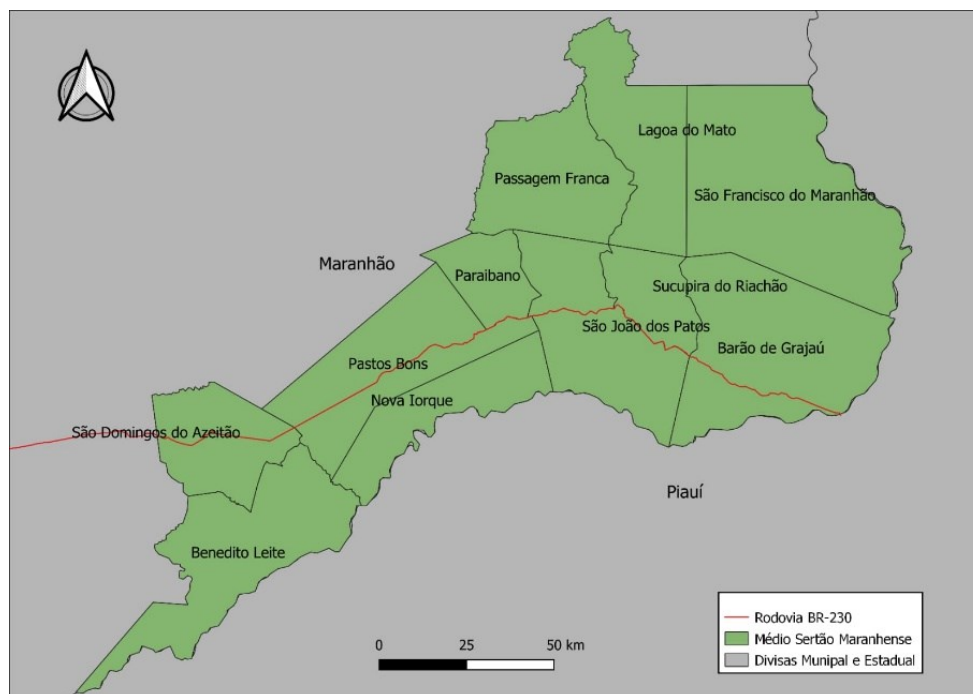
O estudo em questão foi realizado na BR-230, no trecho do Médio Sertão Maranhense, como mostra os mapas abaixo, que contempla onze municípios, sendo eles Barão de Grajaú, São Francisco do Maranhão, Sucupira do Riachão, São João dos Patos, Paraibano, Passagem Franca, Lagoa do Mato, Pastos Bons, Nova Iorque, São Domingos do Azeitão e Benedito Leite. O trecho possui uma área total de 15.591,79 km², com população estimada em 151.453 habitantes e PIB de R\$ 1.373.028,00, em 2019. É situada no Sudoeste do Estado e tem como atividade principal a pecuária, por ser banhada pelo Rio Parnaíba (IMESC, 2020).

Mapa 01 – Localização da Região do Médio Sertão Maranhense.



Fonte: Autoria própria. Elaborado com base nos dados da PRF,

Mapa 02 – Médio Sertão



Fonte: Autoria própria. Elaborado com base nos dados da PRF,

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada através de base de dados como PRF, DETRAN, CNT, entre outros, que tem como objetivo obter informações sobre a rodovia BR-230. Os dados populacionais e econômicos (PIB) da região foram adquiridos por meio de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE), e os arquivos dos municípios do Maranhão em formato shapefile através do site CodeGeo.

Após a coleta, realizou-se um comparativo com as informações dos anos 2019 e 2020, para o levantamento dos fatores contribuintes para os acidentes nessa rodovia.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados se deu de forma descritiva, onde foram analisadas as informações coletadas das bases. Para tal análise foram utilizados dois softwares: o Microsoft Excel, para o tratamento de dados, confecção de gráficos e cálculo de índices de acidentes; e o Quantum GIS (QGIS) para fazer uma análise espacial dos acidentes, através da Estimativa de Densidade de Kernel, e identificação de trechos críticos.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

4.1 ESTUDO DOS ÍNDICES DE ACIDENTES (IA)

A partir das informações coletadas do banco de dados da PRF dos anos de 2019 e 2020, e com análise dos mapas elaborados através do software Quantum GIS (QGIS), os dados foram organizados e ordenados no Microsoft Excel.

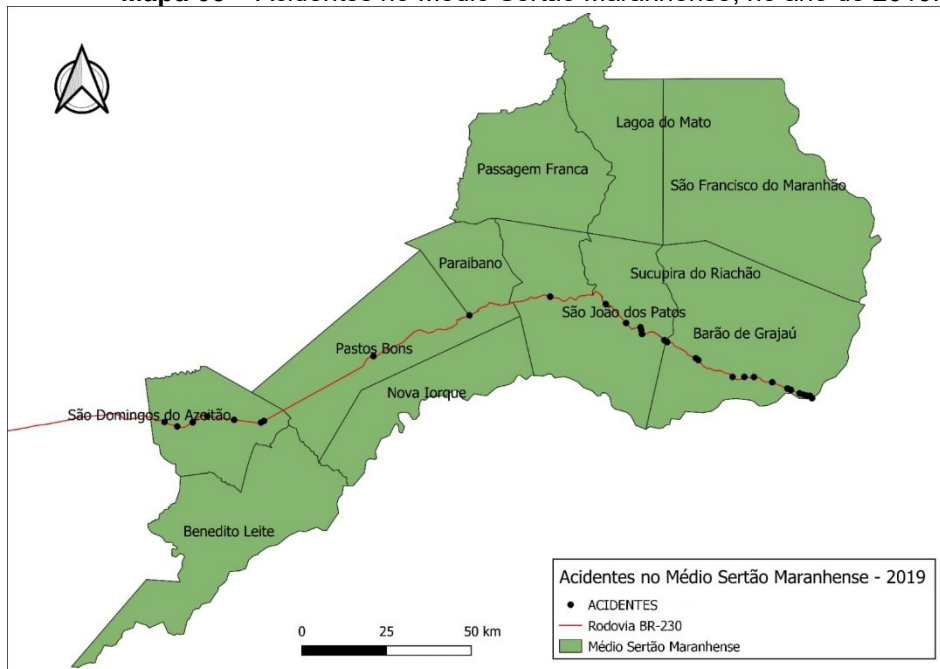
| | NOME | POPULAÇÃO | PIB PER CAPITA | Nº DE ACIDENTES | Ac/PIB | Ac/POP |
|---|-------------------------|-----------|----------------|-----------------|--------------|--------|
| 1 | Barão de Grajaú | 18820 | 11089,0 3 | 36 | 324,645 2 | 1,9129 |
| 2 | São Domingos do Azeitão | 7392 | 29569,0 6 | 7 | 23,6734 | 0,9470 |
| 3 | São João dos Patos | 25929 | 10324,8 6 | 10 | 96,8536 | 0,3857 |
| 4 | Sucupira do Riachão | 5660 | 7258,48 | 2 | 27,5540 | 0,3534 |
| 5 | Pastos Bons | 19472 | 10180,0 1 | 1 | 9,8232 | 0,0514 |
| 6 | Paraibano | 21386 | 6450,14 | 1 | 15,5035 | 0,0468 |

| | | | | | | |
|----|---------------------------|-------|---------|---|---|---|
| 7 | Passagem Franca | 19019 | 7787,83 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Nova Iorque | 4683 | 8270,01 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Lagoa do Mato | 11250 | 6973,88 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | Benedito Leite | 5632 | 7617,76 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | São Francisco do Maranhão | 12210 | 6118,07 | 0 | 0 | 0 |

De acordo com o estudo do Índice de Acidentes (IA), que é a relação entre o número de acidentes e a população ou PIB de cada cidade, foi observado que no ano de 2019 Barão de Grajaú lidera o ranking nesse contexto, seguido dos municípios São Domingos do Azeitão e São João dos Patos, conforme mostra a tabela 01.

Conforme mostra o mapa 03, das 11 cidades do médio sertão maranhense apenas 6 são cortadas pela rodovia BR-230, e por este motivo os municípios de Passagem Franca, Nova Iorque, Lagoa do Mato, Benedito Leite e São Francisco do Maranhão estão com o número de acidentes zerados na tabela, uma vez que a PRF só registra dados em rodovias de responsabilidade federal.

Mapa 03 – Acidentes no Médio Sertão Maranhense, no ano de 2019.



Fonte: Autoria própria. Elaborado com base nos dados da PRF,

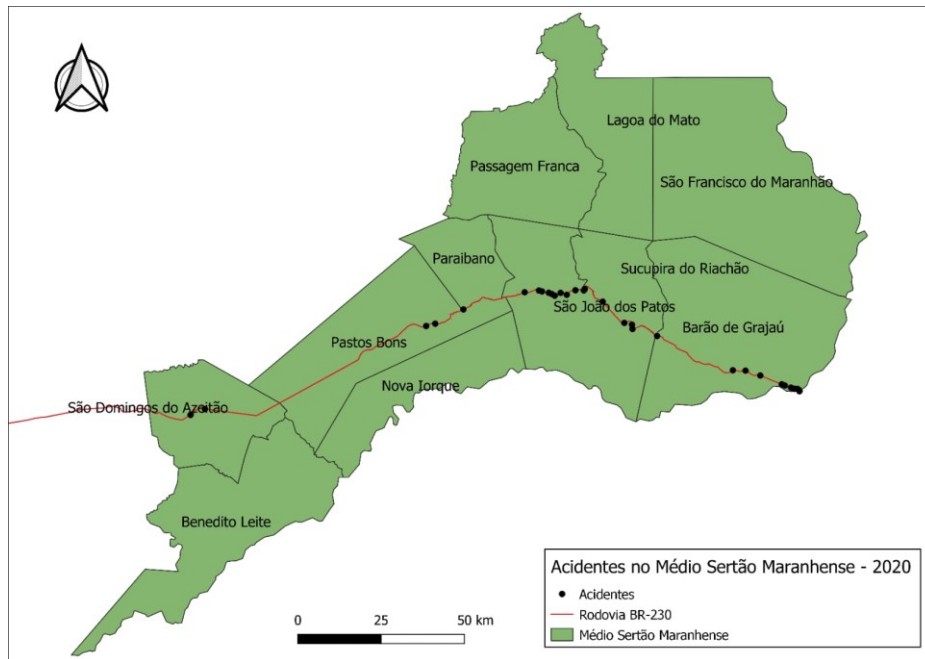
No ano de 2020, foi constatado que Barão de Grajaú segue liderando o ranking nesse contexto, seguido dos municípios Sucupira do Riachão e São João dos Patos, como mostra a tabela 02. Em seguida, o mapa 04 identifica os acidentes registrados nesse mesmo ano do trecho em análise.

Tabela 02 – Índices de acidentes das cidades do Médio Sertão Maranhense do ano

| | NOME | POPULAÇÃO | | PIB PER CAPITA | Nº DE ACIDENTES | Ac/PIB | Ac/POP |
|----|---------------------------|-----------|----------|----------------------|--------------------|----------|--------|
| 1 | Barão de Grajaú | 18924 | 11089,03 | | 19 | 171,3405 | 1,0040 |
| 2 | Sucupira do Riachão | 5676 | 7258,48 | | 3 | 41,3310 | 0,5285 |
| 3 | São João dos Patos | 25996 | 10324,86 | | 13 | 125,9097 | 0,5001 |
| 4 | São Domingos do Azeitão | 7420 | 29569,06 | | 2 | 6,7638 | 0,2695 |
| 5 | Pastos Bons | 19583 | 10180,01 | | 2 | 19,6463 | 0,1021 |
| 6 | Paraibano | 21479 | 6450,14 | | 1 | 15,5035 | 0,0466 |
| 7 | Passagem Franca | 19137 | 7787,83 | | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Nova Iorque | 4682 | 8270,01 | | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Lagoa do Mato | 11265 | 6973,88 | | 0 | 0 | 0 |
| 10 | Benedito Leite | 5638 | 7617,76 | | 0 | 0 | 0 |
| 11 | São Francisco do Maranhão | 12218 | 6118,07 | | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Autoria própria. Elaborado com base nos dados da PRF,

Mapa 04 – Acidentes no Médio Sertão Maranhense, no ano de 2020.

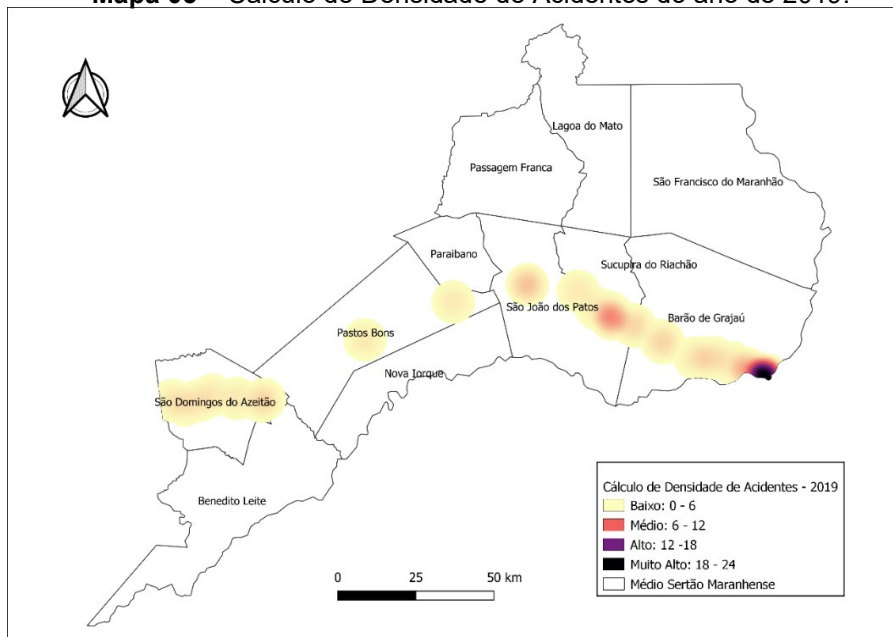


Fonte: Autoria própria. Elaborado com base nos dados da PRF,

4.2 MAPA DE DENSIDADE DE KERNEL

A palavra Kernel, vem do inglês e significa núcleo. Mapas de calor, ou mapas de densidade de Kernel, são utilizados para o estudo de pontos através de análise espacial, por meio da distância em relação a um núcleo. Usando o QGIS, com base nos pontos de acidentes do Médio Sertão Maranhense, foi empregado raio de 7000 metros, e através da região central criada a partir desse raio, realizou-se o cálculo de densidade do local, onde quanto mais pontos de acidentes presentes mais escuro fica o mapa, e maior é seu ponto crítico.

Mapa 05 – Cálculo de Densidade de Acidentes do ano de 2019.



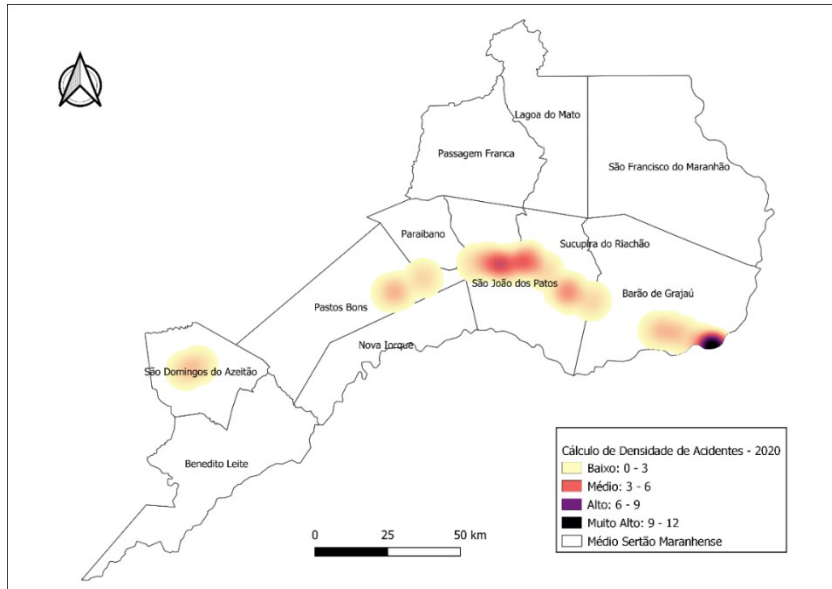
Fonte: Autoria própria. Elaborado com base nos dados da PRF,

Pesquisa apresentada à Faculdade de Floriano – FAESF, como requisito à obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso (TCC), do curso de Bacharel em Engenharia Civil, 2021.

Conforme exposto no mapa acima, Cálculo de Densidade de Acidentes do ano de 2019, o ponto mais crítico da região está localizado em Barão de Grajaú, exibido em cor preta, que indica um índice muito alto de acidentes. Já os municípios Pastos Bons e Paraibano registram índices baixos de acidentes, representados pela cor amarela.

Em 2020, Barão de Grajaú permanece sendo o ponto crítico do Médio Sertão Maranhense, enquanto Paraibano continua sendo o município com a menor densidade de acidentes, como mostra o mapa 06.

Mapa 06 – Cálculo de Densidade de Acidentes do ano de 2020.



Fonte: Autoria própria. Elaborado com base nos dados da PRF,

ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS DE ACIDENTES NO MÉDIO SERTÃO MARANHENSE

De acordo com o banco de dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF), o DATATRAN, no Maranhão no ano de 2019 foram registrados cerca de 1070 acidentes e no ano de 2020 aproximadamente 1150 ocorrências em todo o estado. No trecho da BR-230 que passa nos municípios do Médio Sertão Maranhense foram apontados aproximadamente 57 acidentes em 2019, e 40 no ano de 2020.

As principais causas desses acidentes estão relacionadas com defeitos nas vias, velocidade incompatível, desobediência às normas de trânsito pelo condutor, restrição de visibilidade, falta de atenção à condução, defeito mecânico no veículo, deficiência ou não acionamento do sistema de iluminação, avarias e/ou desgaste excessivo no pneu, carga excessiva e/ou mal acondicionada,

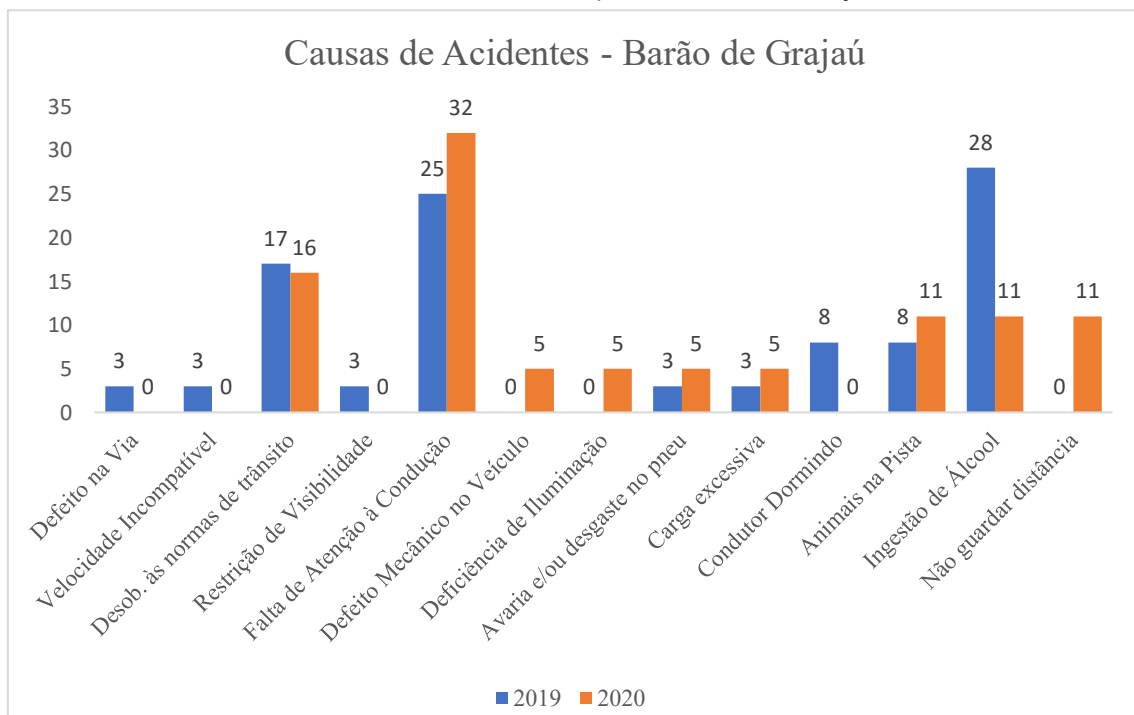
condutor dormindo, animais na pista, ingestão de álcool e não guardar distância de segurança.

Após análise de dados e estudos comparativos dos anos de 2019 e 2020, foram desenvolvidos gráficos para as 6 cidades do médio sertão maranhense que registraram acidentes. Estes relacionam as causas com o percentual de acidentes para cada ano.

Em Barão de Grajaú, conforme mostra o gráfico 01, as principais causas de acidentes foram falta de atenção à condução, ingestão de álcool e desobediência às normas de trânsito pelo condutor. Vale ressaltar que o município faz fronteira com a cidade de Floriano-PI, que conta com aproximadamente 60 mil habitantes, sendo unidas pela ponte que passa sobre o Rio Parnaíba e por este motivo existe um grande fluxo de veículos circulando diariamente.

Conforme já citado anteriormente, as pontes reduzem a segurança viária do trecho em que se encontram, pois ocorre estreitamento em relação à seção normal da via, diminuindo o fluxo do tráfego e não permitindo ultrapassagens. Embora não tenha nada comprovado, este pode ser um fator contribuinte para Barão de Grajaú ser o município com maior número de acidentes do Médio Sertão Maranhense.

Gráfico 01 – Causas de acidentes do município de Barão de Grajaú – MA, nos anos de

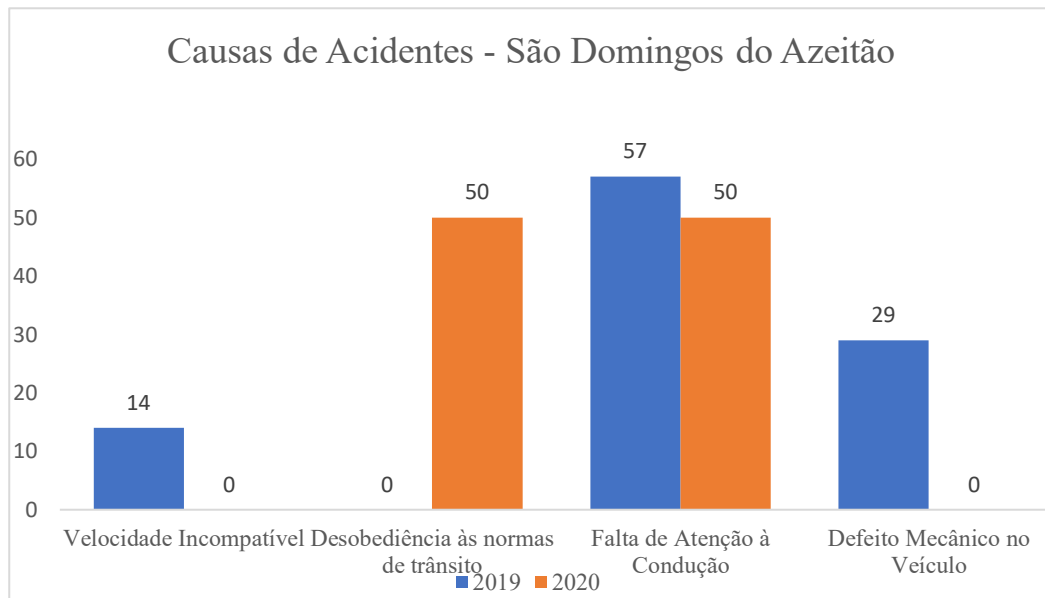


Fonte: Autoria própria. Elaborado com base nos dados da PRF, 2021.

Como mostra o gráfico 02, em São Domingos do Azeitão em 2019 a principal causa de acidentes foi falta de atenção à condução e em 2020 foram

registrados 2 acidentes, sendo os mesmos devido a desobediência às normas de trânsito pelo condutor e falta de atenção à condução. Conforme foi observado, no ano de 2020 houve uma redução de aproximadamente 70% do número de ocorrências em relação a 2019, e isto pode-se dever ao fato do início dos lockdowns na pandemia do Covid-19.

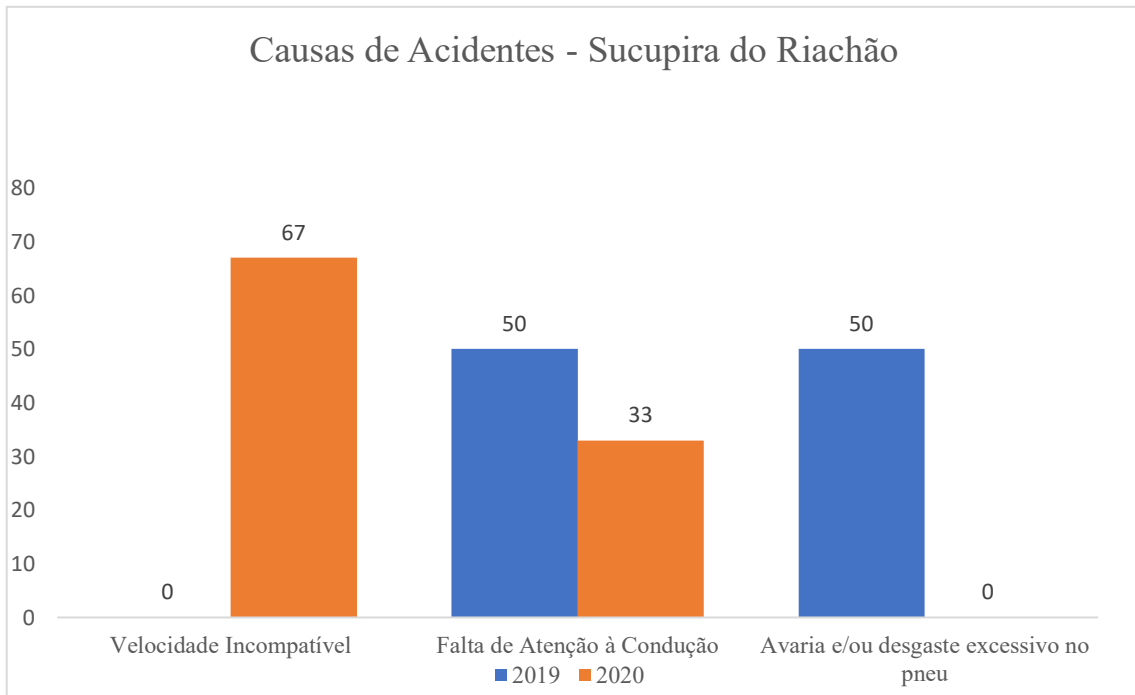
Gráfico 02 – Causas de acidentes do município de São Domingos do Azeitão – MA, nos anos de 2019 e 2020.



Em Sucupira do Riachão nos anos de 2019 e 2020 as causas predominantes de acidentes foram falta de atenção à condução, velocidade incompatível e avaria e/ou desgaste excessivo no pneu, de acordo com o gráfico 03.

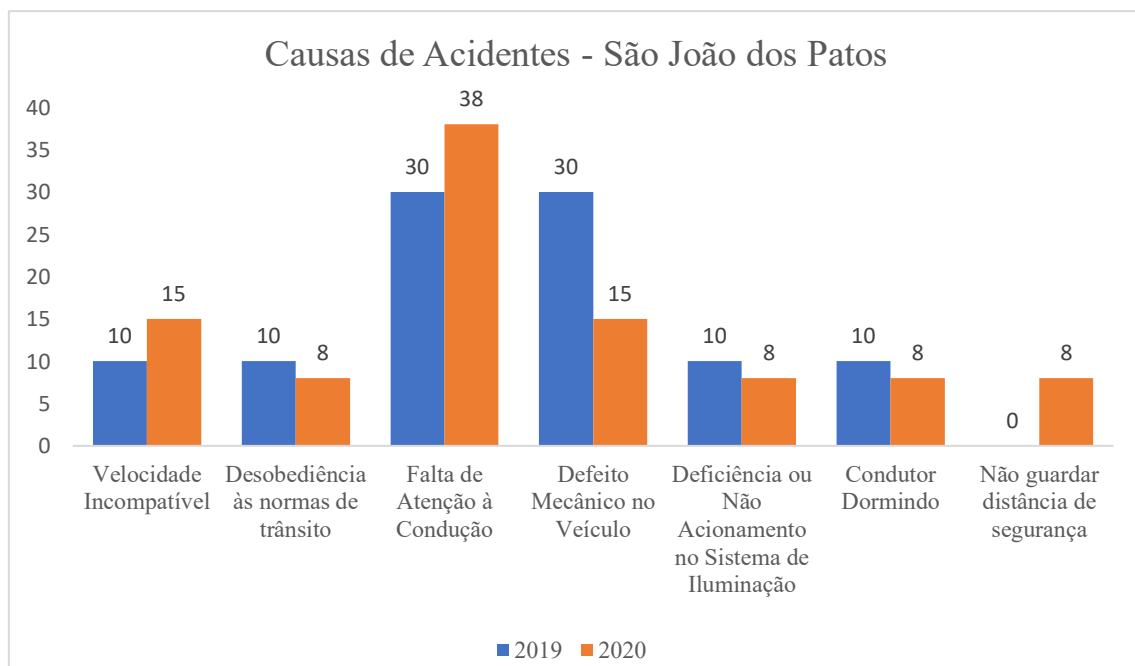
Fonte: Autoria própria. Elaborado com base nos dados da PRF, 2021.

Gráfico 03 – Causas de acidentes do município de Sucupira do Riachão – MA, nos anos de



Fonte: Autoria própria. Elaborado com base nos dados da PRF,

O gráfico 04 destaca que em São João dos Patos, falta de atenção à condução, defeito mecânico no veículo e velocidade incompatível, foram as causas prevaletes nos anos de 2019 e 2020. No que se refere ao número de acidentes, o município ocupa o segundo lugar em relação a região.



No município de Paraibano foi relatado apenas 1 acidente, tanto em 2019 quanto em 2020, sendo as causas respectivamente devido a defeito mecânico no veículo e falta de atenção à condução, em conformidade com o gráfico 05.

Gráfico 05 – Causas de acidentes do município de Paraibano – MA, nos anos de 2019

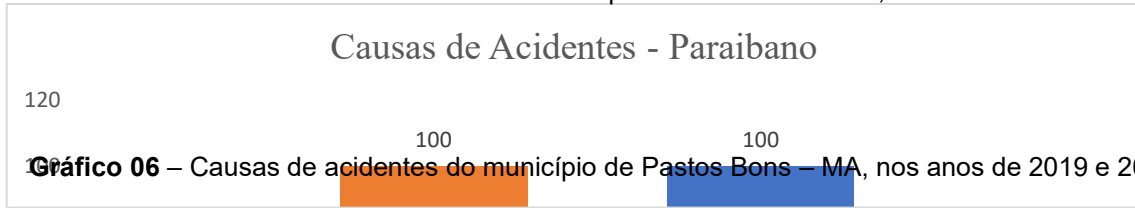
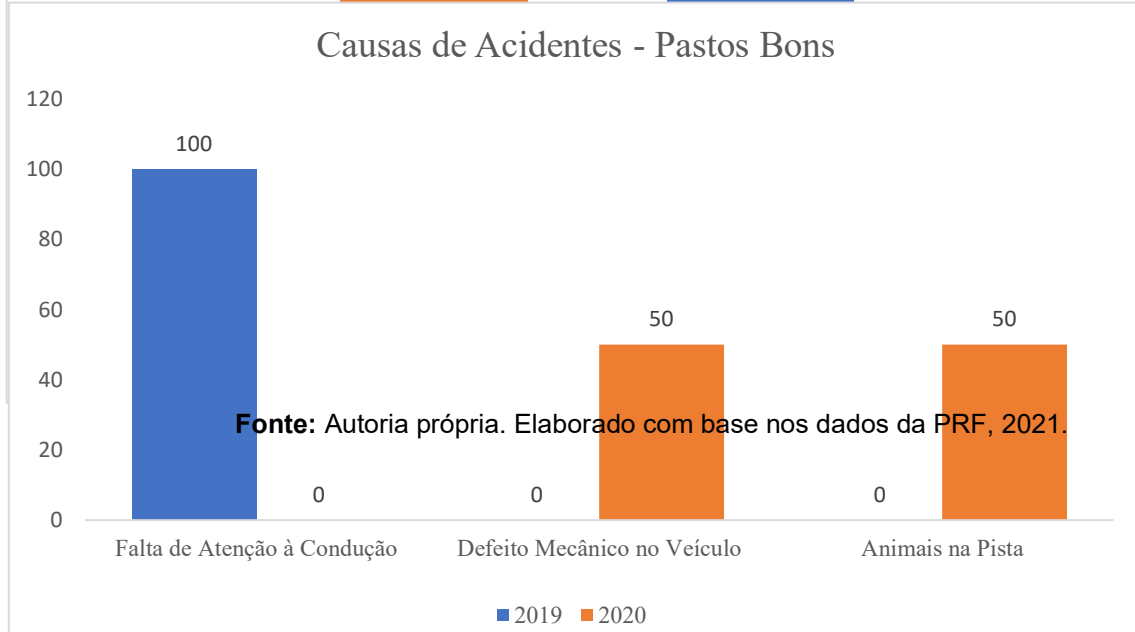


Gráfico 06 – Causas de acidentes do município de Pastos Bons – MA, nos anos de 2019 e 2020.



Conforme mostra o gráfico 06, em Pastos Bons foi registrado 1 acidente em 2019 por falta de atenção à condução, e em 2020 foram registrados 2 acidentes devido a defeito mecânico no veículo e animais na pista.

5 CONCLUSÕES

De acordo com o levantamento e análise dos dados obtidos, é possível observar que o trecho da rodovia BR-230 que passa pelos municípios em estudo, registra em grande maioria ocorrências devido a fatores comportamentais, como a falta de atenção durante a condução, desobediência as normas de trânsito e ingestão de álcool.

Embora este trecho apresente erros em seu desenho, por possuir curvas perigosas e não dispor de acostamentos, a geometria da via não foi um fator contribuinte consideravelmente grave, uma vez que durante os anos 2019 e 2020 foi registrado apenas uma ocorrência por defeito na via. Isso pode ser justificado pelo fato de as notificações das ocorrências serem realizadas muitas vezes por profissionais com conhecimentos restritos sobre vias com segurança viária adequada, que acabam não levando em consideração os erros de projetos, mas somente dos indivíduos, e por este motivo estas fiscalizações devem ser revistas.

Um exemplo de erro que essa falta de conhecimento pode acarretar seria em uma ocorrência em que o indivíduo está em velocidade acima do permitido, em uma curva perigosa, sem radar ou sinalização, e ocorre um acidente. Nesta notificação o profissional poderia registrar a causa como velocidade incompatível, porém o aspecto predominante para o acidente possa ter sido um erro na geometria da via.

Com as pesquisas realizadas e anteriormente expostas, conclui-se que o município Barão de Grajaú é o ponto crítico da região Médio Sertão Maranhense nos dois anos estudados e que devem ser implantadas medidas a caráter de urgência para melhoria da segurança viária do local. Como a maioria dos acidentes registrados são por causa dos comportamentos humanos, algumas possíveis soluções são: implantação de dispositivos de Traffic Calming, aumentar a sinalização viária bem como a fiscalização.

Mais de 70% dos acidentes em Barão de Grajaú ocorreram entre os kms 0 e 5. Nesta parte da via já existem dispositivos de monitoramento de velocidade. Mas além disso, podem ser empregues modificações verticais e horizontais na via, afim de chamar a atenção dos condutores, como lombadas, almofadas de velocidade, faixas de pedestres e seções elevadas (por exemplo, tachões de trânsito), além de semáforos para organização viária.

Portanto, ao fim deste estudo fica evidenciada a necessidade da realização de alterações em relação a segurança das vias para que este trecho se torne mais seguro aos seus usuários. É notória a importância desta pesquisa para a sociedade, para que sirva como base para que tomadores de decisão possam intervir em futuras ocorrências de acidentes viários.

TRABALHOS FUTUROS

Propõe-se para trabalhos futuros a continuidade desta pesquisa através da realização de uma auditoria de segurança viária nos trechos mais críticos desta análise, visando identificar as reais causas dos acidentes. Pode-se aplicar a mesma metodologia utilizada nesta pesquisa para todas as cidades do estado do Maranhão, e além disso, pode ser realizado um estudo sobre o tráfego de veículos entre os municípios Floriano – PI à Barão de Grajaú – MA, para saber se este é um fator contribuinte que justificaria o alto índice de acidentes neste trecho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos à Deus, por ter nos dado saúde e força para superarmos as dificuldades.

Aos nossos familiares, que nos incentivaram e compreenderam nossa ausência enquanto nos dedicávamos a realização desse trabalho.

A esta Instituição, direção, administração, a todo o corpo docente do Curso de Engenharia Civil, e em especial a nossa orientadora Ruth Aires, pelo suporte, correções e incentivos nos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA, Sandra Lúcia Vieira Ulinski; MOYSÉS, Simone Tetú; MOYSÉS, Samuel Jorge. Intervenções de segurança viária e seus efeitos nas lesões causadas pelo trânsito: uma revisão sistemática. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 36, p. 257-265, 2014.

AMARAL, João JF. Como fazer uma pesquisa bibliográfica. **Fortaleza: UFC**, v. 3, 2007.

ANDRIOLA, César Luís; TORRES, Tânia Batistela; GARCÍA, Daniel Sergio Presta. Influência dos parâmetros geométricos de rodovias na frequência e severidade de acidentes viários em curvas: o caso da BR 116. **TRANSPORTES**, v. 27, n. 3, p. 1-14, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10697**: Pesquisa de sinistros de trânsito — Terminologia. 3 ed. Rio de Janeiro, 2020. 16 p. Disponível em: <https://www.abramet.com.br/repo/public/commons/ABNT%20NBR10697%2020>

20%20Acidentes%20de%20Transito%20Terminologia.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

BOAVENTURA, Arthur Santana Rodrigues; LIMA, Marina Dias de. Medidas e dispositivos de engenharia para controle e moderação de tráfego quanto à velocidade da via: estudo de caso da zona 30 da Universidade de Brasília. 2019.

BRASIL. **Resolução nº 64/255, de 02 de março de 2010.** 64/255. Melhorando a segurança rodoviária global. Brasil, Seção 64. Disponível em: https://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/255. Acesso em: 17 abr. 2021.

CARMO, Cássio Leandro do. Segurança viária em trechos urbanos de rodovias federais. 2019.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Geometria da via é o principal problema das rodovias esquecidas.** Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/geometria-via-principal-problema-rodovias-esquecidas>. Acesso em: 27 maio 2021.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias.** Brasília, 2019. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>. Acesso em: 27 maio 2021.

CODEGEO. **Shapefiles do Brasil para download.** Brasil, 2013. Disponível em: <http://www.codegeo.com.br/2013/04/shapefiles-do-brasil-para-download.html>. Acesso em: 20 nov. 2021.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Projeto de pesquisa-: Métodos qualitativo, quantitativo e misto.** Penso Editora, 2021.

CRUZ JÚNIOR, Valdeniz da Silva. **Fatores associados aos acidentes de trânsito graves envolvendo condutores de automóvel e motocicleta: uma análise para as BR 101, 116 e 230 na Região Nordeste em 2007 e 2016.** 2019. Dissertação de Mestrado. Brasil.

DE CAMPOS, Cintia Isabel; JUNIOR, Archimedes Azevedo Raia. POLÍTICAS PÚBLICAS DE SEGURANÇA VIÁRIA PARA O TRANSPORTE DE CRIANÇAS: O CASO BRASILEIRO. In: **Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress.** 2013. p. 245-249.

FERRAZ, Antonio Clóvis Pinto et al. Segurança viária. **São Carlos, SP: Suprema Gráfica e Editora,** 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2019.** Brasil, 2019. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2019/estimativa_dou_2019.pdf. Acesso em: 10 nov. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2020.** Brasil, 2020. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2020/estimativa_dou_2020.pdf. Acesso em: 10 nov. 2021.

IMESC - INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Regiões de desenvolvimento do estado do Maranhão:** proposta avançada. São Luís, 2020. Disponível em: <http://imesc.ma.gov.br/portal/Post/view/proposta/347>. Acesso em: 20 abr. 2021.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Custos dos acidentes de trânsito no Brasil**: estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do Ipea sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias. Brasília, 2020. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=35787. Acesso em: 18 abr. 2021.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods11.html>. Acesso em: 18 abril 2021.

KATRAKAZAS, Christos et al. A descriptive analysis of the effect of the COVID-19 pandemic on driving behavior and road safety. **Transportation research interdisciplinary perspectives**, v. 7, p. 100186, 2020.

LEOPOLDINO, Diovane de Sá. **Dispositivos de segurança viária com foco de sua utilização na via expressa Juscelino Kubitschek**. 2008. 34 f. Monografia - Curso de Pós-Graduação em Transportes e Trânsitos, CEFET – Centro Federal de Educação de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: http://www.der.mg.gov.br/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=335&id=2247&Itemid=1000000000000. Acesso em: 01 nov. 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **O que é a Covid-19?**. Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/o-que-e-o-coronavirus>. Acesso em: 10 abril 2021.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Como as Nações Unidas apoiam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 19 abril 2021.

NODARI, Christine Tessele; LINDAU, Luis Antonio. Auditoria da segurança viária. **TRANSPORTES**, v. 9, n. 2, 2001.

OMS. *Global Status Report on Road Safety 2018* – Supporting a decade of action. Genebra, 2018.

PRADO, Ana Carolina Oliveira. Eficiência e eficácia da filosofia "Visão Zero" na segurança de trânsito. 2019.

SEGURADORA LÍDER. **Taxa de mortalidade no trânsito: relatório especial 10 anos. Brasil, 2019**. Disponível em: [file:///C:/Users/Cliente/Downloads/Relatorio%20Especial%20SNT-20-09%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Cliente/Downloads/Relatorio%20Especial%20SNT-20-09%20(2).pdf). Acesso em: 17 abril 2021.

VINGILIS, Evelyn et al. Coronavirus disease 2019: What could be the effects on Road safety?. **Accident Analysis & Prevention**, v. 144, p. 105687, 2020.

ESTUDO DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DE SISTEMA AUTOSSUSTENTÁVEL NO MUNICÍPIO DE FLORIANO-PI

Bruno Lima Moura¹
José Nivaldo Alencar de Sousa Junior¹
Ruth Otamaria da Silva Aires²
Sávio Torres Melo³

Resumo: O Brasil, por ser um país com a economia voltada principalmente para o modal rodoviário, necessita de inúmeras vias pavimentadas e com o mínimo de patologias possíveis, pelo simples fato de proporcionar rapidez no transporte e segurança aos seus usuários. Devido à necessidade de melhorias em estradas, buscando diminuir o impacto ambiental, o uso de materiais ou ideias sustentáveis relacionadas às vias estão sendo colocadas em prática ao longo do tempo, através de propostas geradoras de energia, drenantes, com conforto térmico, baixa produção de ruídos e/ou naturais, dentre outras. Neste trabalho será realizado um estudo da viabilidade de um sistema autossustentável no município de Floriano - PI, sendo implantado na mobilidade urbana da região a fim de melhorar o sistema de transporte da cidade, reduzir os danos causados ao meio ambiente e realizar uma análise referente à geração de eletricidade. Diante do projeto, será realizada a análise da quantidade de energia gerada realizada deste piso sustentável, o consumo de alimentação de energia elétrica dos trólebus, e o consumo de iluminação pública da cidade, para que seja verificados a eficiência energética e o retorno do investimento utilizado neste sistema autossustentável.

Palavras-Chaves: Autossustentabilidade, Trólebus, Piso Piezoelétrico.

Abstract: As Brazil is a country with an economy mainly focused on the road, it needs numerous paved roads and with the least possible pathologies, simply because it provides speedy transport and safety to its users. Due to the need for improvements in roads, seeking to reduce the environmental impact, the use of sustainable materials or ideas related to roads are being put into practice over time, through proposals that generate energy, drainage, with thermal comfort, low production of noise and / or natural, among others. In this work, a study of the feasibility of a self-sustainable system in the municipality of Floriano - PI will be carried out, being implemented in the urban mobility of the region in order to improve the city's transport system, reduce the damage caused to the environment and carry out an analysis regarding the electricity generation. In view of the project, the analysis of the amount of energy generated from this sustainable floor will be carried out, the consumption of electric power from the trolleybuses, and the consumption of public lighting in the city, so that energy efficiency and the return on investment used are verified in this self-sustaining system.

Keywords: Self-sustainability, Trolleybus, Piezoelectric Floor.

INTRODUÇÃO

O fato de investir em uma carreira verde proporciona um enorme compromisso com o planeta Terra, pois esse tipo de aplicação consiste em mostrar oportunidades de empresas especializadas neste ramo, além do apoio em diversos setores da economia verde (energia renovável, planejamento urbano, mercado sustentável, gestão de resíduos, agricultura, dentre outros), tornando possível colocar no mercado a utilização de técnicas sustentáveis (Silva, 2017).

Atualmente o mercado tem ganhado destaque em técnicas sustentáveis, pois consiste em soluções com mais competência e adaptadas ao meio ambiente, favorecendo dessa forma setores da economia (com ajuste de preços), social (pesquisas) e ambiental (diminuição de impactos ambientais), ou seja, os três pilares da sustentabilidade. As imagens a seguir mostram algumas das técnicas sustentáveis empregadas no mercado:

- **Retrofit:** Restauração por meio de aplicação de soluções sustentáveis (parede verde, etc), para valorizar mais o imóvel e melhorar a estética externa (figura 1a);
- **Construção Modular:** Consiste em estruturas fabricadas isoladamente, para serem encaixadas e acopladas rapidamente evitando qualquer resíduo na obra, além de acelerar o tempo de execução (figura 1b);
- **Casas Pré-Fabricadas:** Apresenta praticamente a mesma definição de construção modular, porém operam com estruturas existentes, apenas recuperadas e transformadas com seu uso construtivo, como o caso de contêineres (figura 1c);
- **Light Steel Frame:** Corresponde a estruturas metálicas já fabricadas realizando a união de todas as partes dentro do canteiro de obras para agilizar no tempo e eliminar qualquer desperdício de material (figura 1d);



Figura 12 - Técnicas Sustentáveis

Fonte: Borges & Marco, 2020

Diante disso, esta pesquisa consiste em verificar a viabilidade de uma técnica sustentável voltada para a área de transportes, cujo foco corresponde à mobilidade urbana

¹ Graduando(a) em Engenharia Civil na Faculdade de Ensino Superior de Florianópolis – FAESF;

² Professor Orientador;

³ Professor Co-orientador.

no critério autossustentável mediante a aplicação do trólebus (ônibus elétrico) juntamente com o piso piezoelétrico. Para assim, analisar perspectivas perante a utilização do conjunto diante de atributos sustentáveis e acessibilidade.

Autossustentabilidade

A grande repercussão mediante a atenção da crescente preocupação ao meio ambiente, não recebe mérito, pois a falta da opção em preferir essas soluções corresponde ao alto custo, escassez de insumos (matéria-prima e equipamentos) e a impaciência a leis ecossistêmicas, tornando esse tipo de alternativa bastante impopular, pois os compromissos em sua aplicação desejam impor qualquer diminuição em impactos ambientais, mesmo que seja de forma desfavorável a outros critérios relacionados.

Os avanços em diversas tecnologias atuais tendem a ampliar horizontes, através de alternativas para os métodos construtivos convencionais, a fim de agregar mais conhecimento em requisitos sustentáveis, para assim comprometer a sociedade a uma responsabilidade socioambiental. Diante da construção civil, a existência de recursos para aplicar de alguma forma a sustentabilidade corresponde a programas existentes, como: selos verdes, cidades sustentáveis, etc, com a finalidade de impor esse tipo de ação e propiciar uma demanda maior por esses recursos, facilitando a utilização de mais opções presentes no mercado, acontecendo à economia para essas técnicas.

Uma maneira de aperfeiçoar o desenvolvimento sustentável corresponde na busca por alternativas capazes de suprir a sua própria aplicação, ou seja, um meio autossustentável, justamente para realizar uma cooperação perante aos três pilares da sustentabilidade (Queiroz, 2016). O próprio Globo Terrestre apresenta esse tipo de situação, conhecido como ciclos biogeoquímicos, nos quais mostram perspectivas prolongadas diante da reutilização da matéria imposta no meio ambiente, passando por uma sequência de eventos sejam na atmosfera (ciclo gasoso) ou na crosta terrestre (ciclo sedimentar), conforme pode ser observado na figura a seguir:

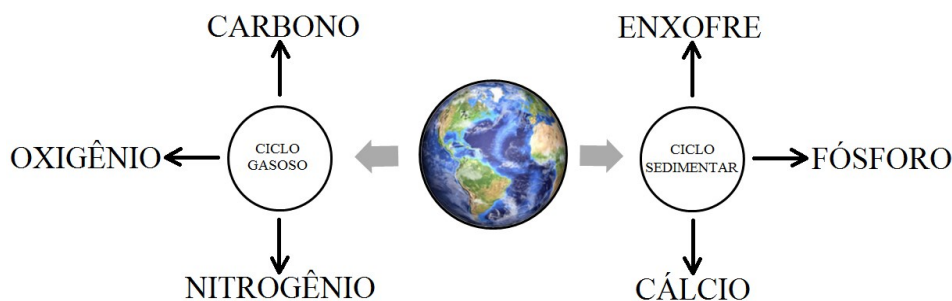


Figura 13 - Ciclos Biogeoquímicos

Fonte: Autores, 2021

Existem diversos elementos capazes de gerar os ciclos, como: enxofre, carbono, oxigênio, cálcio, etc, porém o fundamental para a vida na Terra corresponde ao ciclo hidrológico, tornando possível a sua locomoção frequentemente pelo meio ambiente, chegando aos organismos vivos e o próprio

meio físico, propiciando assim condições favoráveis ao planeta (Britto *et al*, 2019).

Ter em mente esse tipo de pensamento, afirma destacar conceitos inteiramente intrigantes e radicais, pois apresenta situações complexas perante as usuais, visto que o aprofundamento de conhecimento perante a esse ponto de vista autônomo, torna eficaz o manuseio dos insumos existentes criando opções altamente responsáveis com a vida (seja humana, animal e ambiental), a fim de comprometer todo o ecossistema, contribuindo com os seus recursos presentes e devolvendo do mesmo modo ao qual acontece a disponibilização.

Mobilidade Urbana

A mobilidade urbana representa exatamente a agilidade em realizar o deslocamento, tanto de pessoas ou bens dentro do perímetro urbano, proporcionando o progresso de funcionamento econômico, assim como social. O fato de observar esses parâmetros consiste em destacar um ciclo, perante a fluidez do tráfego rodoviário, conforme dois procedimentos bases tornando isso possível:

- **Quantidade de Veículos na Pista:** Dependendo exatamente dessa quantia, as vias não ficariam interditadas e o fluxo de transportes seria constante;
- **Percurso sem Patologias:** Outra perspectiva importante corresponde exatamente às condições da via, pois uma pista danificada dificulta a locomoção.

Diante disso, a busca por alternativas mediante aos aspectos informados anteriormente, torna possível a acessibilidade em todo e qualquer local da cidade, sem comprometer muito o próprio do trânsito, uma opção seria a aplicação do ônibus elétrico, mais conhecido como trólebus.

Essa tecnologia não corresponde a algo novo, a primeira ideia surgiu em 1882, mas a aparição da linha funcional de eletricidade do transporte coletivo ocorreu em 1901 em Berlim. Atualmente, existem diversos países utilizando essa técnica (Suíça, Portugal, Brasil, etc), acrescentando uma alternativa eficiente perante o movimento urbano, pois mais pessoas tendo acesso a este veículo, possibilita uma menor quantia de automóveis nas vias, melhorando o fluxo de trânsito na cidade, além de possibilitar um decaimento em patologias na via e redução de gás carbônico produzido, tudo isso por meio da limitação na quantidade de automóveis nas ruas (Bazani, 2019).

O seu mecanismo de coleta para o funcionamento do trólebus apresenta os seguinte componentes:

Tabela 1 - Componentes de Funcionamento do Trólebus

| Mecanismos | Descrição |
|---------------------|---|
| Rede Aérea | Cabos de eletricidade suspensos nas ruas, cuja função corresponde em transmitir a corrente para as alavancas coletoras; |
| Alavancas Coletoras | Hastes ajustáveis giratórias localizadas na parte superior do ônibus, com a intenção de transportar a eletricidade da rede aérea para o veículo (3) ; |
| Patim Oscilante | Localizado na ponta das Alavancas realizando o contato com a rede aérea, ocorrendo o deslizamento ao longo do trajeto, por meio de sapatas carvão (2) ; |
| Recuperadores | Fios de segurança instalados na parte traseira do trólebus, capazes de mover as alavancas coletoras devido a algum escape ou emperramento em obstáculo, evitando acidentes (1) ; |

| | |
|------------------------|--|
| Ganchos Recolhedores | Ganchos situados na parte superior do transporte, habilitado em recolher os ajustes das alavancas coletoras, deixando-as fixas no teto do veículo quando parado (4); |
| Caixa de Fusíveis | Aparelho instalado para realizar a proteção dos circuitos elétricos em situações de sobrecarga ou curto-circuito (5). |
| Resistores de Frenagem | Consiste em aparelhos capazes de diminuir a velocidade do motor, por meio da dissipação de energia elétrica em térmica ao ambiente de localização do resistor |
| Motor Elétrico | Mecanismo receptor da energia elétrica e transmitindo a potencia as rodas tornando possível a locomoção do veículo |



Fonte: Silva, 2020

Efeito Piezoelétrico

A piezoelectricidade corresponde exatamente a um mecanismo capaz de gerar eletricidade devido a uma aplicação de esforço mecânico, através de cristais deformáveis descobertos pelos irmãos Currie por volta de 1880 na França. Esses cristais apresentam no seu interior diversos átomos eletricamente neutros no estado de repouso, porém quando sofrem deformação, ocasionam diferenças de potenciais provocando a tensão elétrica mediante ao esforço aplicado (Silva, 2018).

O conhecimento deste mecanismo apresenta poucos experimentos, devido a diversos sistemas sustentáveis empregados com eficiência comprovada pelo mercado, pois partindo do principio da existência de formas de energias sustentáveis como eólica, solar e hidroelétricas, onde sua utilização captar energia de modo infinito e sem prejudicar o meio ambiente, alcançando o mesmo objetivo como fonte sustentável. Segundo Almeida (2018), a aplicação desse efeito ocorre em diversas outras áreas existentes atualmente, como:

- **Saúde:** Por meio de equipamentos hospitalares (ultrassons nebulizadores, etc), utilizando a função sonar transformando som em imagem para analisar os pacientes (ultrassom) e proporciona a distribuição do remédio para inalação na forma de vapor para os enfermos (nebulizador);
- **Público:** Através de microfones, isqueiros elétricos, alarmes antifurto, alto-falantes, etc, recorrendo a formas alternativas de conseguir novos produtos.

A teoria envolvente diante do conhecimento desse dispositivo se baseia no critério de deslocamento elétrico, gerado por meio da força aplicada provocando uma tensão longitudinal na peça dando inicio a polarização dentro do campo elétrico, isso ocorre devido ao fato da característica do material apresentar uma permissividade acrescentada de pressão ocorrente em qualquer direção (constante stress ou constante piezoelétrica), tornando possível exatamente o corresponde a esse efeito:

$$D = \epsilon * E + e * S$$

Permissividade Elétrica (acima de ϵ)
 Constante Stress (acima de e)
 Deslocamento Elétrico (abaixo de D)
 Campo Elétrico (abaixo de E)
 Tensão Longitudinal (abaixo de S)

Figura 14 – Equação do Efeito Piezoelétrico

Fonte: Perlingeiro *et al*, 2016

Cada um desses procedimentos envolve exatamente todo o dispositivo para recolher e distribuir todas as possibilidades de energias aplicadas perante um esforço, a fim de executar o transporte de eletricidade de forma apropriada mediante os critérios mecânicos através do coeficiente de acoplamento eletromecânico (ϵ^X), proporcionando uma agilidade no mecanismo e evidenciando todo o procedimento eletromagnético juntamente com a própria mecânica dentro do regime elástico de forças. A devida proporção para a execução desses cristais deve compor exatamente alterações para poder retornar ao seu estado inicial após ocorrer alguma modificação e prosseguir novamente com essas variações.

Tais aplicações úteis na própria engenharia não condizem com as expectativas de manuseio do fator piezoelétrico, devido a exatamente falta de conhecimento do mesmo, pois esta particularidade desse sistema torna possível ajustar diversos mecanismos, facilitando a aplicabilidade diante de alternativas bem mais inacessíveis, para assim valorizar ainda mais este sistema e provavelmente aumentar a sua demanda no mercado.

Discussões

A ideia desta etapa consiste em realizar uma exploração em diversos trabalhos científicos de outros autores, a fim de aprofundar o conhecimento com ideias similares ao deste presente trabalho, como podemos observar na tabela a seguir:

Tabela 3 – Correlação entre Trabalhos

| Palavra-Chave | Título da Pesquisa | Autor da Pesquisa |
|-----------------------|---|--|
| Autossustentabilidade | Auto-Sustentabilidade Energética da Universidade Estadual de Campinas por meio do Estudo da Energia Solar | Alison Rudá de Camargo, Daniel Robson Pinto e Rafael Calixto Rocha, 2010 |
| Piso Piezoelétrico | Geração de Energia através de Materiais Piezoelétricos | A. R. Perlingeiro, G. M. Pimenta, e S. E. Silva, 2016 |
| Trólebus | Aspectos Técnico-Econômicos de uma possível Implantação de Trólebus no Brasil | Fernando L.V. de Mello, e Paulo C.R. Carvalho Alvim, 1986 |

Fonte: Autores, 2021

Diante de tais perspectivas para a análise, o fluxograma a seguir representa exatamente o devido encaixe que cada ideia teria em representação deste trabalho. O fato de apresentar um conjunto de engrenagens condiz em interligar as três ideias para corresponder ao devido funcionamento perante o posicionamento final.



Figura 11 - Fluxograma de Opiniões
Fonte: Autores, 2021

Metodologia

O ideal corresponde em explicar o desenvolvimento sustentável, pois este pensamento corresponde em buscar uma forma de aperfeiçoar os métodos sustentáveis, principalmente trazendo para o mercado com uma grande demanda e funcionalidade. Diante disso, o desenvolvimento da pesquisa mediante a utilização de um software (Sketchup) visando uma representação da realidade para o funcionamento do sistema, justamente para acrescentar dados visuais e valorizar a grandeza da ideia.

Perante as possibilidades existentes em relação aos pavimentos sustentáveis, esta pesquisa compreende a análise de uma nova forma de aplicação sustentável no ambiente público fornecendo energia elétrica através da movimentação constante de veículos na via, através do piso piezoelétrico. Devido à alta emissão de gases poluentes com o sistema de transporte público atual, a preocupação de buscar reparar os danos causados no meio ambiente vem aumentando gradativamente, dentre essas alternativas de diminuição da poluição tanto atmosférica quanto da água, estão os trólebus e o piso piezoelétrico.

Então, para agregar melhor os conceitos e implementação dos dispositivos, utilizando como base a pesquisa de campo, cujo foco consiste em implantar um sistema autossustentável composto pelo conjunto piso piezoelétrico e o trólebus no município de Floriano – PI, por meio de uma nova rota atingindo a área comercial e estudantil da cidade, em que a circulação de veículos seja constante, a fim de visar uma forma sustentável no transporte público da cidade. Diante disso, traçando um mapeamento, para melhor compreender todo o caminho definido, conforme pode ser visualizado e informado nas imagens a seguir:



(a) Esquema do Trajeto da Ida

Início: Antiga Rodoviária
Fim: Floriano Shopping
Cruzamento com as seguintes ruas:
 Avenida Calixto
 Avenida Senador Dirceu Arcoverde
 Avenida Santos Dumont
 Avenida Alfredo Gaze

Percurso Total: 5,39 km
Representação: Trajeto Verde

(b) Informações sobre o Trajeto da Ida



(c) Esquema do Trajeto da Volta

Início: Floriano Shopping
Fim: Antiga Rodoviária

Cruzamento com as seguintes ruas:
 Avenida Alfredo Gaze
 Avenida Santos Dumont
 Rua Aloisio Ribeiro
 Rua Eurípedes Aguiar
 Avenida Bucar Neto

Percurso Total: 5,64 km
Representação: Trajeto Verde

Trajeta
Vermelho
(d) Informações sobre o Trajeta da
Volta

Figura 15 – Trajeta da Pesquisa
Fonte: Google Earth, 2021

Os dois percursos totalizam uma rota de 11,03 km, no qual a geração de energia viria através de carros, motos e do próprio tróibus, veículos usualmente existentes na própria via, facilitando a devida aplicabilidade da ideia.

RESULTADOS

Com a intenção de organizar todas as ideias da pesquisa, a fim de atingir todos os objetivos discutidos, a mesma apresenta uma interação entre as representações existentes de um estudo de campo.

O sistema autossustentável escolhido corresponde à união de dois mecanismos sustentáveis existentes em algumas regiões, mas funcionando individualmente. A razão de realizar o conjunto de ambos consiste em exatamente proporcionar uma elevação da sua funcionalidade, trazendo um objetivo mais eficaz para ambos os mecanismos em virtude a localidade. Com o propósito de impor tais condições de aplicação em vias públicas para compreender melhor o funcionamento, a figura a seguir mostra a devida visualização da pista:

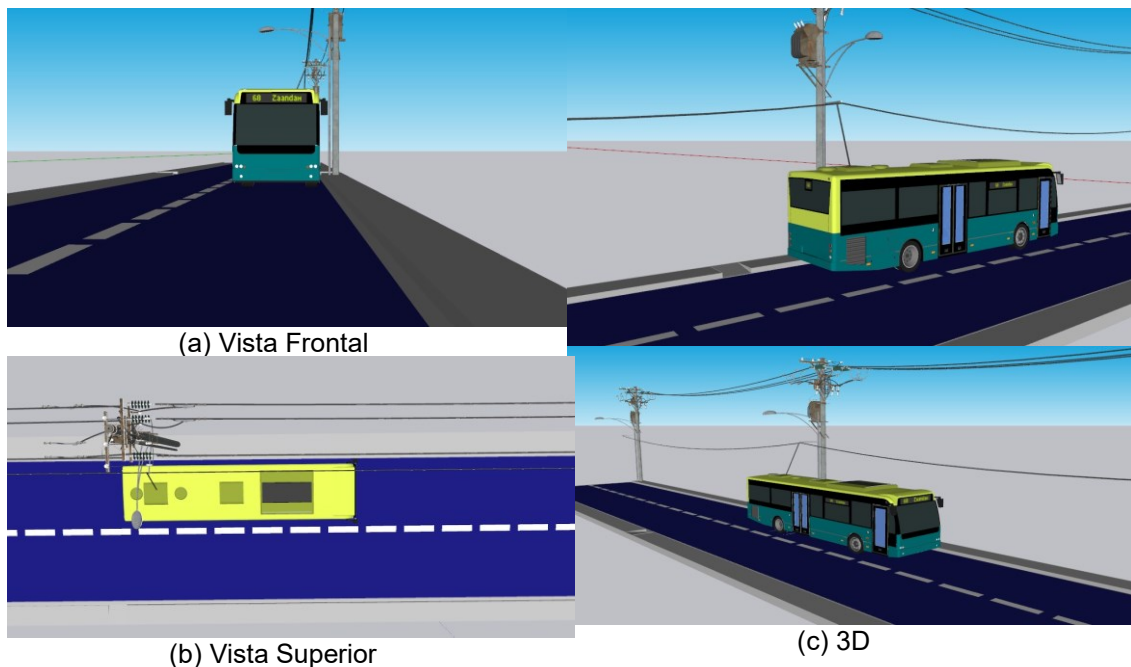


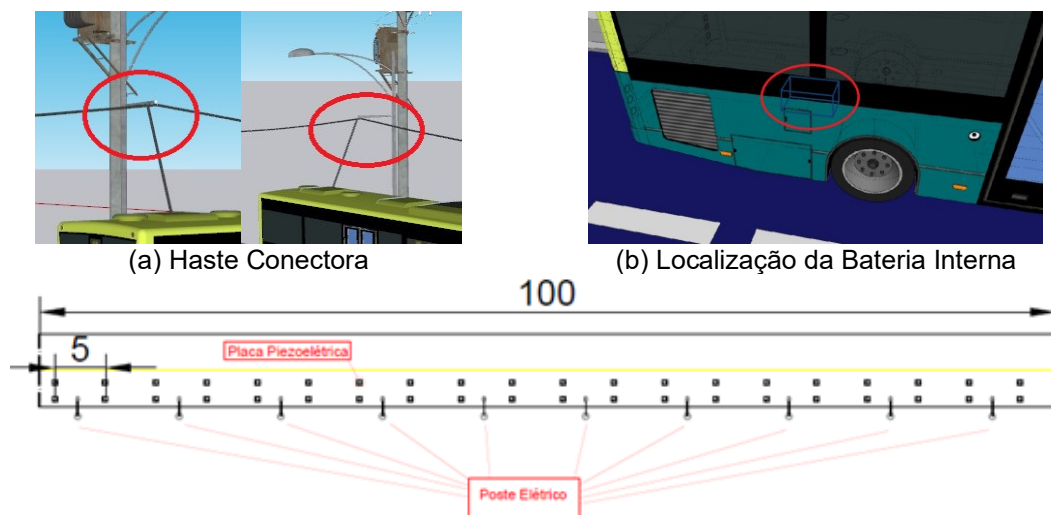
Figura 5 - Perspectiva da Rua
Fonte: Autores, 2021

Mostrar a devida perspectiva das vistas da pista condiz em aprofundar no desempenho de implantação do projeto, justamente para aperfeiçoar tais critérios sustentáveis existentes e de certa forma exibir as condições de aplicação evidenciando os parâmetros de análise empregados.

A figura 5a e 5b corresponde a vista em 2D exemplificando a concepção do esquema a ser instalado, com informações referente as dimensões, escala e localização das instalações, justamente para ter uma noção de espaço. Na figura 5c, a perspectiva 3D pretende evidenciar uma forma mais realista da situação a ser executada, comprovando a visualização de critérios no qual o 2D não destaca, como o tipo de poste (no caso um elétrico para aprimorar o projeto), o detalhe da haste junto aos cabos elétricos e detalhes dos mecanismos de aplicação do estudo (trólebus e piso piezoelétrico).

Os procedimentos para execução se iniciam com a utilização do piso piezoelétrico com sua capacidade de conversão da energia mecânica em energia elétrica e através dessa geração, alimentar um sistema de ônibus elétrico (trólebus), como também contribuir para a iluminação pública da região.

O trólebus apresenta uma fonte alimentadora à base de energia elétrica ao invés da utilização de combustíveis fósseis, essa alimentação acontece por meio da haste instalada na parte superior do veículo (figura 6a) e caso aconteça alguma queda energia o mesmo apresenta uma bateria interna capaz de fornecer movimentação por um tempo (figura 6b). As dimensões de cada placa são de 50cm de largura e 50cm de comprimento, dispostas a cada 5 metros (figura 6c), tamanhos e distância ideais para suprir as necessidades de obter uma maior área de contato sob os pneus para dispor de toda pressão exercida na pista.



(c) Localização das Placas Piezoelétricas na Pista

Figura 6 - Representação da Conexão Elétrica

Fonte: Autores, 2021

O funcionamento deste equipamento acontece por meio da movimentação na placa piezoelétrica, a pressão aplicada por qualquer trânsito se transforma em energia, no qual a sua geração acaba sendo transmitida para o próprio veículo ficando em um ciclo constante e praticamente sem fim desde que o fluxo não termine. Para o estudo, a aplicação de placas a cada 5 metros, para aumentar a extensão de absorção de energia, totalizando 4412 placas a serem instaladas. O sistema acontece da seguinte forma:

1. Circuito Elétrico Externo: A placa sofre pressão (cinza) e devido a isso a transformação de energia mecânica em elétrica (através dos cristais piezoelétricos), sendo providenciada ao próprio trólebus, por meio de uns cabos

suspensos (azul) na via, a fim de transmitir não apenas local, mas ao longo de todo o trajeto (figura 7);

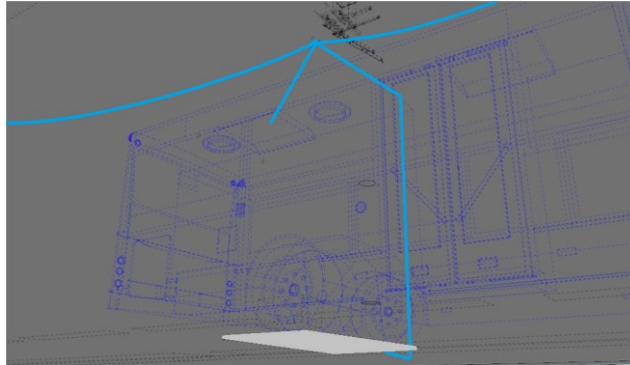


Figura 7 - Representação do Circuito Elétrico Externo

Fonte: Autores, 2021

2. Circuito Elétrico Interno: A transmissão dessa eletricidade dentro do trólebus ocorre primeiramente pela haste conectora e depois para as conexões internas (vermelho), para ocorrer à movimentação dos pneus do veículo (figura 8);

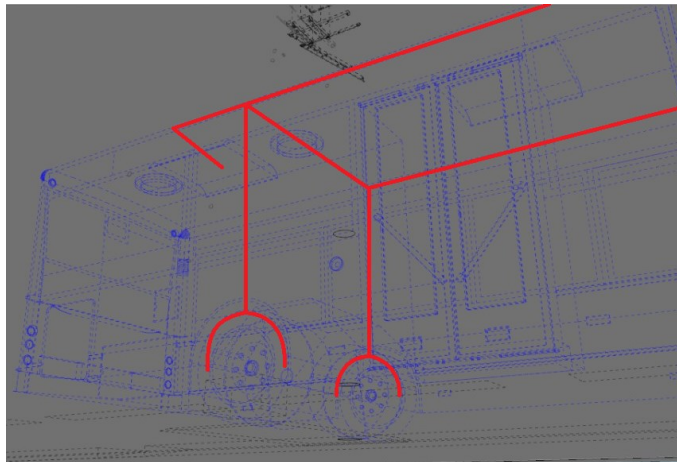


Figura 8 - Representação do Circuito Elétrico Interno

Fonte: Autores, 2021

3. Circuito Elétrico de Emergência: Corresponde a conexão interna (amarelo) delimitada ao fornecimento para a bateria interna do trólebus, conforme mencionado anteriormente e expressado na figura 6b. A figura 9 mostra a visualização deste circuito;

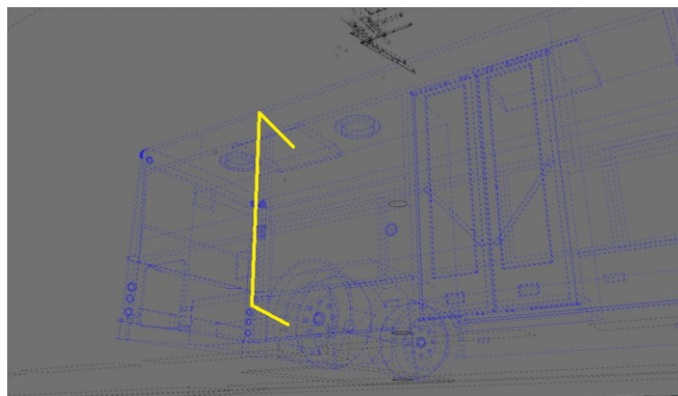


Figura 9 - Representação do Circuito de Emergência

Fonte: Autores, 2021

4. **Ciclo:** Por fim, unindo todos os sistemas de circuitos pode verificar a possibilidade de ocorrência da energia gerada acaba sendo consumida pelo mesmo procedimento gerado, continuando nesse esquema repetitivo, ou seja, a mesmo esta proporcionando eletricidade para si próprio – autossustentável (figura 10).

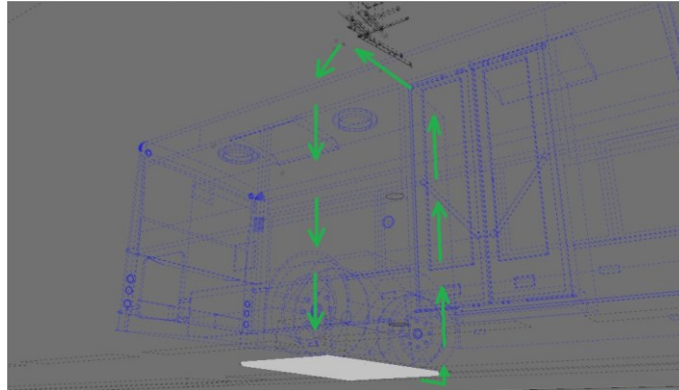


Figura 10 – Representação do Ciclo

Fonte: Autores, 2021

O fornecimento de energia existe diante de tais atributos instalados na via, onde a distribuição acontece perante a três critérios:

- **Quantidade de Faixas:** Determinar a dimensão da placa quando for instalada na pista, para assim prolongar o alcance da quantidade de veículos passantes;
- **Extensão do Projeto:** Mostrar exatamente o tamanho do projeto, pois a intenção condiz em determinar quantas placas a serem instaladas, além do próprio espaçamento entre as placas durante toda a extensão da pista;
- **Quantidade de Veículos:** Apresentar uma estimativa das pressões exercidas contra a placa, a fim de descobrir a energia total produzida.

Todos esses procedimentos exercem requisitos proporcionais e de forma imediata, colaborando com a devida interação entre as condições de transformação de energia mecânica em elétrica. Tendo como base a utilização da placa piezoelétrica da empresa Ecogreens, a realização do estudo energético para descobrir a quantidade de energia elétrica gerada nos trajetos de ida e volta. Diante disso, a representação do quanto cada placa instalada no percurso produziria, corresponde aos seguintes procedimentos:

Tabela 1 - Estudo Comparativo para Determinação da Energia

| Estudo | Quantidade de Placas Piezoelétricas | Energia Produzida (Wh) |
|---------------|-------------------------------------|------------------------|
| Ecogreens | 1 | 10 |
| Florianópolis | 4412 | X |

Fonte: Autores, 2021

A representação do X equivale afirmar a quantidade de energia alcançada, perante a funcionalidade de aplicação do conjunto, a ser satisfatória aos critérios da via. O cálculo dessa produção representado da seguinte forma:

$$\frac{10}{X} = \frac{1}{4412} \rightarrow X = 44120 \text{ Wh} = 44,12 \text{ kWh}$$

A produção de energia referente ao total de placas espalhadas pelo percurso representa aproximadamente 44,12 kWh, observando este valor para a finalidade da avenida do estudo, a formação de energia condiz com um valor de 4 kWh/km (kilowatts hora por quilometro), suficiente para realizar a

movimentação do ônibus elétrico, visto que a geração de energia representa um fluxo contínuo provocando uma dificuldade na locomoção do veículo.

De acordo com a empresa Eletra (2014), o seu modelo de ônibus elétrico teria o consumo médio por quilometro de aproximadamente 2,46 kWh/Km, portanto a energia produzida pelo sistema seria capaz de alimentar o trólebus e ainda seria possível utilizar a energia de sobra para a iluminação pública, uma vez que a produção de energia corresponderia ao próprio transporte público instalado, evidenciando uma queda em impostos na rede elétrica.

Essa ideia apresenta muita eficiência e ótimas vantagens para a aplicação na cidade, visto que as proporções de viabilidade deste estudo correspondem a exatamente circunstâncias reais. De certa forma, o incentivo em mostrar tais perspectivas corresponde em evidenciar a grandeza de sua funcionalidade, além de proporcionar uma visualização em ideias avançadas para o próprio mercado, a fim de destacar mais recursos e opções vinculadas as sustentáveis.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Nesta etapa da pesquisa, as conclusões são apresentadas evidenciando dois critérios: sustentabilidade e mobilidade urbana, justamente para enaltecer a devida oportunidade de instalação do método empregado. No fim desta são apresentadas as sugestões para trabalhos futuros.

Conclusões

A finalidade dessa ideia consiste em proporcionar uma melhoria no meio ambiente, visto que o principal combustível a ser empregado corresponde à eletricidade, e por se tratar de um transporte coletivo, podendo transportar mais pessoas ao mesmo tempo, conseqüentemente diminuindo a quantidade de veículos particulares, tudo isso provoca uma redução significativa da quantidade de gás carbônico liberados na atmosfera. Uma vez que, o aumento da quantidade de pessoas utilizando este transporte público acarreta na diminuição do trânsito propiciando uma melhoria na mobilidade urbana, juntamente com a queda no número de acidentes.

A integração dessas formas sustentáveis proporciona para a população uma significativa melhoria na qualidade de vida por conta da redução dos poluentes no meio ambiente, como também proporciona novos empregos devido à infraestrutura que será realizada e mão de obra especializada para manutenção dos mesmos, gerando assim mais renda para a cidade. Vale ressaltar que a implantação desse sistema surge como uma oportunidade de pesquisas sobre esse tipo de mobilidade sustentável.

A potencialidade em manusear um procedimento de tamanha extensão mostra a devida preocupação em tornar a cidade mais desenvolvida, justamente proporcionando vantagens, não apenas na parte da energia elétrica, mas

umentar a competência e preocupação que todos devem ter voltada para recursos sustentáveis, visto que o seu desempenho apresenta perspectivas viáveis a requisitos funcionais durante a sua aplicação, ou seja, um favorecimento aos cinco pilares da sustentabilidade.

Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, recomenda-se:

1. Destacar o representativo financeiro, com a intenção de evidenciar a abordagem do custo voltada para a sua devida implantação no município;
2. Mostrar o desempenho no posto de vista da população, um fator interessante para a implantação corresponderia visualizar como os moradores reagiriam com o conhecimento deste mecanismo;
3. Criar uma evolução do conjunto na perspectiva de cidades inteligentes, a fim de proporcionar alterações no conjunto para reforçar a devida segurança.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus por ter nos abençoados pela trajetória. Ao nosso coorientador Sávio Torres Melo pela ajuda e dicas no desenvolvimento desde o início da ideia, a nossa orientadora Ruth Aires pelo desenvolvimento do decorrer da pesquisa. A instituição de ensino FAESF, pela colaboração e incentivo durante o curso, aos professores em geral pelos conhecimentos transmitidos. A nossas famílias e amigos pelo apoio, confiança e motivação que nos foi dado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, L. R. V. **Aplicação de Materiais Piezoelétricos**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 08, Vol. 11, pp. 117-143, Agosto de 2018. ISSN:2448-0959;

Bazani, A. **História: O Guerreiro Trólebus Torino Geração 4 Que Atravessa Décadas E Fronteiras**. Diário do Transporte. 2016. Disponível em: < <https://diariodotransporte.com.br/2016/09/18/historia-o-guerreiro-trolebus-torino-geracao-4-que-atravessa-decadas-e-fronteiras/> >. Acessado em 05 de abril de 2021;

Bazani, A. **Trólebus 70 anos: Um meio de transporte que é viável para os dias de hoje e para o futuro**. Diário do Transporte. 2019. Disponível em: <

<https://diariodotransporte.com.br/2019/04/21/trolebus-70-anos-um-meio-de-transporte-que-e-viavel-para-os-dias-de-hoje-e-para-o-futuro/> >. Acessado em 07 de abril de 2021;

Borges, J. V. M.; Marco, G. **Sustentabilidade na Construção Civil: Técnicas Construtivas**. Revista Científica Semana Acadêmica, ISSN 2236-6717, 2020;

BRITTO, Marcela; BAPTISTA, Gustavo M. de Mello; LIMA, Erondina Azevedo de. **O Estudo dos Componentes do Ciclo Hidrológico desde Métodos Tradicionais até o Uso de Sensoriamento Remoto: Uma Revisão**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, 2019;

Perlingeiro, A. R.; Pimenta, G. M.; Silva, S. E. **Geração de Energia através de Materiais Piezoelétricos**. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ. 2016;

Queiroz, N. T. **Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. ISSN 2359-1412. 2016;

Silva, R. P. **Piezoelétricidade Como Fonte de Energia Alternativa**. Revista Científica Semana Acadêmica, ISSN 2236-6717, 2018;

Silva, S. S. V. **Arquitetura Sustentável: Em Busca de Lições nas Técnicas Construtivas Vernaculares**. Faculdade Damas da Instrução Cristã - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Recife, 2017;

Silva, T. **Como funciona o sistema trólebus**. PLAMURB - Mobilidade urbana, sustentabilidade, acessibilidade e saneamento básico. Tudo de forma clara, séria, sensata, embasada, confiável e objetiva. 2020. Disponível em: <<https://plamurbblog.wordpress.com/2020/04/22/como-funciona-o-sistema-trolebus/>>. Acessado em 17 de abril de 2021.

ESTUDO ANALÍTICO E NUMÉRICO DAS TENSÕES EM PILARES DE PONTES DE CONCRETO ARMADO

Gabriel Gleno de Sousa Pereira¹
Moisés Cabêdo Rodrigues¹
Rômulo Brandão Madeira²
Sávio Torres Melo³

Resumo: Os avanços em construções de pontes ou viadutos evidencia a devida perspectiva do seu uso para acessar locais mais complicados existentes e dessa forma favorecendo a economia do país. Levando em conta essas preocupações, todos os cuidados durante a construção devem existir para tornar a estrutura mais segura possível. Diante disso, essa pesquisa consiste em analisar os pilares de uma ponte, a fim de determinar as suas zonas críticas e dessa forma delimitar e especificar um reforço adequado favorecendo a sua segurança. O estudo aplicado consiste em um comparativo entre um modelo analítico, se baseando nas normas brasileiras e o modelo numérico através do método elementos finitos por meio do *software* ABAQUS, perante a situação com configuração circular e retangular. Nos resultados conseguimos através do método analítico apresentar toda uma perspectiva do comportamento de tensões ao longo do pilar, por meio do representativo plano de tensões para a situação, a fim de adquirir equívocos perante a análise para assim visualizar com mais clareza o seu funcionamento, através da incorreção mostrando a zona crítica e através do método numérico evidencia-se todo o material, configuração e comportamento estrutural do pilar em uma situação realista por meio de uma modelagem tridimensional dos pilares, com o intuito de esquematizar exatamente a precisão dos acontecimentos e determinar as zonas de riscos. Fazendo o comparativo entre a seção circular e retangular pelos dois métodos abordados na pesquisa pode-se observar que ambos se comportam de forma que não é tão prejudicial à estrutura, porém através dos resultados obtidos tem-se que o pilar retangular apresentou menos zonas críticas e melhor estabilidade garantindo assim a opção mais adequada para o estudo.

Palavras-Chaves: Pilar de Ponte. Tensões. Método dos Elementos Finitos. ABAQUS.

Abstract: The advances in the construction of bridges or viaducts show the proper perspective of their use to access more complicated existing places and, in this way, favoring the country's economy. Taking these concerns into account,

every precaution during construction must be in place to make the structure as safe as possible. Therefore, this research consists of analyzing the pillars of a bridge, in order to determine its critical areas and, in this way, delimit and specify an adequate reinforcement, favoring its safety. The applied study consists of a comparison between an analytical model, based on Brazilian standards, and the numerical model through the finite element method using the ABAQUS software, in the situation with circular and rectangular configuration. In the results, we were able, through the analytical method, to present a whole perspective of the stress behavior along the column, through the representative stress plan for the situation, in order to acquire misunderstandings regarding the analysis to visualize its operation more clearly, through from the inaccuracy showing the critical zone and through the numerical method, all the material, configuration and structural behavior of the column is evidenced in a realistic situation by means of a three-dimensional modeling of the columns, in order to accurately schematize the accuracy of the events and determine the risk zones. Comparing the circular and rectangular section by the two methods covered in the research, it can be observed that both behave in a way that is not harmful to the structure, however, through the results obtained, it appears that the rectangular column presented less critical zones and better stability thus ensuring the most suitable option for the study.

Keywords: Pillar of Bridge. Tensions. Finite Element Method. ABAQUS.

Introdução

A ponte corresponde a uma Obra de Arte Especial (OAE) constituída pela travessia de obstáculo referente a cursos de água, com a intenção de proporcionar novas rotas de comunicação, transporte e logística na região, favorecendo o crescimento socioeconômico brasileiro, além de gerar empregos e beneficiar com turismo local.

Todo tipo de construção presencia a distribuição de carregamentos entre os elementos estruturais, proporcionando um equilíbrio perfeito na estrutura. Nas pontes, acontece exatamente isso por meio de três partes (Figura 1):

- **Superestrutura:** Corresponde à parte superior da ponte, constituente pelos elementos do tabuleiro (lajes e vigas) e por elementos da circulação de veículos, responsáveis pela movimentação dos esforços horizontais;
- **Mesoestrutura:** Referente à parte central da ponte, conduzindo os esforços da superestrutura até a infraestrutura por meio dos pilares juntamente com uma viga de apoio e/ou aparelhos de apoio;
- **Infraestrutura:** Localizada na parte inferior da ponte, transmitindo as forças da mesoestrutura diretamente ao solo através das fundações (geralmente tubulões).

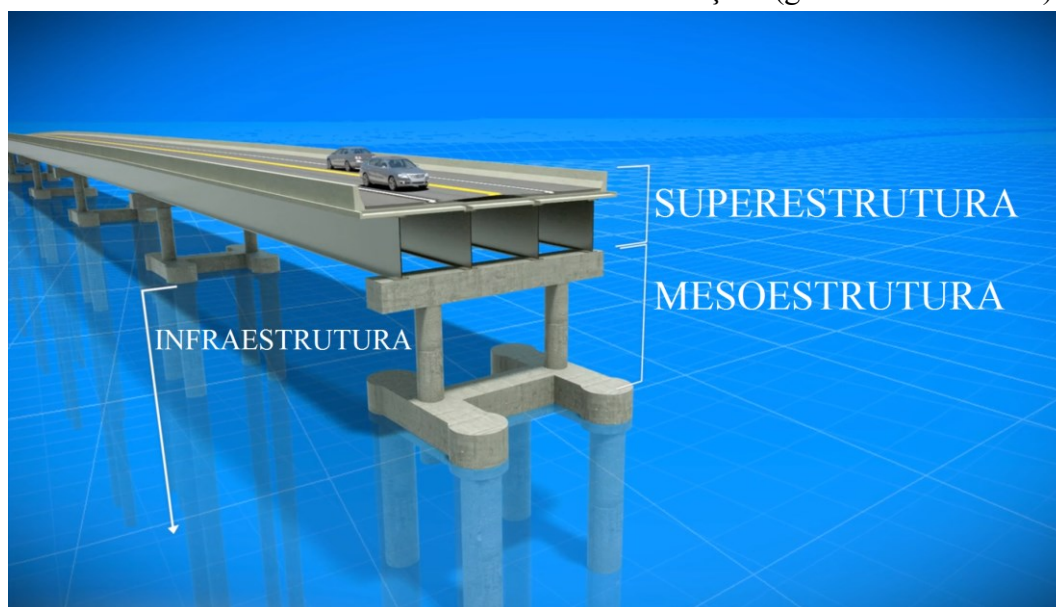


Figura 16 - Partes Constituintes da Ponte
Fonte: Brasil Acadêmico, 2016

Diante disso, este estudo pretende realizar uma análise na mesoestrutura de uma ponte, mas precisamente nos pilares, destacando as tensões existentes para verificar os critérios de segurança, funcionalidade e durabilidade perante a perspectiva estrutural mediante as fases construtivas, com o auxílio do Método dos Elementos Finitos (MEF), a fim de presenciarmos critérios de exploração mais realistas, tornando possível implantar alternativas para o manuseio de ferramentas propícias ao desenvolver de construções de OAEs, com o intuito de beneficiar futuramente com rápidas execuções e proteções.

A pesquisa está organizada no seguinte formato: seção 2 retrata os procedimentos de esforços e tensões, além da explicação sobre o MEF, a seção 3 apresenta os critérios de análise no pilar de estudo diante do *software*

ABAQUS, a seção 4 evidencia os resultados mediante a influência estrutural em pilares por meio das tensões de forma analítica e numérica, e por fim, a seção 5 mostra as conclusões e os trabalhos futuros.

Análise Estrutural dos Pilares

Os procedimentos de análise dos pilares correspondem à realização do dimensionamento da estrutura, pretendendo impor todas as condições estabelecidas na peça, para assim determinar em quais situações o mesmo se encontra quando realizar o seu levantamento numa obra, principalmente de uma ponte, no qual as circunstâncias devem ter maiores preocupações. Diante disso, estes parâmetros de análise são os seguintes:

- **Classificação:** Corresponde à análise em diversos aspectos, mediante a configuração, com a finalidade de verificar a sustentação da estrutura. O quadro 1 mostra exatamente todos os procedimentos de observação:

Quadro 1 – Tipos de Classificação em Pilares de Pontes

| Classificação | Tipo | Descrição |
|---------------|--|---|
| Esbeltez | Curto, Medianamento Esbelto, Esbelto e Muito Esbelto | Corresponde a uma análise da segurança e durabilidade da estrutura, mediante as condições de geometria submetida; |
| Seção | Sólido, oco, circular, retangular, octogonal, etc, | Apresentar uma estrutura mais leve garantindo uma rigidez apropriada em diversas direções; |
| Estrutura | Encastrados no tabuleiro ou articulados | Com a finalidade de trabalhar a distribuição dos carregamentos por meio de apoios fixos ou deslizantes; |
| Estrutural | Pilar único, conjunto de pilares, pilar tipo parede e pilar tipo cabeça de martelo | Acontecer à diminuição da resistência das cargas horizontais aplicadas na estrutura e valorizar a estética final |

Fonte: Adaptado de Melo, 2017

- **Ações:** Destaca os carregamentos atuantes perante o elemento estrutural, mostrando exatamente como a sua influência proporciona melhores condições ao dimensionamento final, conforme pode ser observado na tabela a seguir:

Quadro 2 – Tipos de Ações Submetidas em Pontes

| Ações | Carregamento | Descrição |
|-------------|---|--|
| Verticais | Superestrutura (Permanente e Móvel) e Peso Próprio do Pilar | Consiste nos esforços contínuos paralelos ao pilar, proporcionando uma compressão axial; |
| Horizontais | Longitudinais (Aceleração / Frenagem, Empuxo de Terra e Vento), Transversais (Efeito da Variação de Temperatura, Empuxo de Terra, Retração do Concreto, Vento e Pressão da Água) e Excepcionais (Fenômenos Naturais e Choque de Objetos Móveis) | Representa os esforços perpendiculares ao pilar, de curta ou atuação constante gerado por forças externas a estrutura, causando prováveis deslocamentos excessivos no elemento estrutural. |

Fonte: Adaptado de Melo, 2017

- **Disposição Construtiva:** Consiste na realização de procedimentos (cobrimento, dimensões, etc) capazes de fornecer os dados suficientes perante a delimitação, ajustes, posicionamento e o enquadramento da armadura final, com a intenção de contribuir para a resistência a construção do pilar;

Quadro 3 – Finalidade referente à Disposição Construtiva



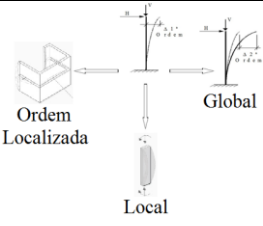
| Armadura | Descrição |
|--------------|---|
| Longitudinal | Influenciando diretamente na resistência com a intenção de aguentar os esforços |
| Estribo | Barras posicionadas com a função de posicionar corretamente a armadura longitudinal |

Fonte: NBR 6118/2014

Efeitos da Submissão dos Esforços

Os esforços atuantes nos pilares devido à distribuição de elementos estruturais superiores (superestrutura), mostram exatamente em quais condições o mesmo se encontra perante o acréscimo de ações propiciando avanços em análises de equilíbrio, afetando diretamente na configuração do pilar. A tabela a seguir apresenta esses efeitos:

Quadro 4 – Efeitos devido a Submissão dos Esforços

| Efeitos | Descrição | Representação |
|------------|--|---|
| Compressão | Acontece uma pressão ao elemento estrutural proveniente de esforços, tentando alcançar suas partes constituintes; |  |
| Tração | Ocorre por meio de um prolongamento correspondente as forças em sentidos oposto sem nenhum ponto em comum; |  |
| 1ª Ordem | Análise do pilar diante do equilíbrio em suas condições iniciais, ou seja, não deformada; |  |
| 2ª Ordem | Ocorrência da aplicação de esforços em uma situação deformada, devido à influência das forças horizontais e verticais, ocasionando possível instabilidade estrutural. Podendo ser local, global e de ordem localizada. | |

Fonte: Gonçalves, 2017

Esses efeitos do quadro 4 provocam alterações no pilar, podendo ser permanentes ou não, depende unicamente da intensidade e extensão desses esforços. De certa forma, torna eficaz a devida verificação, para assim

determinar exatamente a capacidade de resistência diante do seu dimensionamento, conforme pode ser observado a seguir:

Quadro 5 - Incidentes no Pilar devido aos Efeitos de Submissão dos Esforços

| Incidentes | Descrição | Representação da Influência |
|--------------|--|-----------------------------|
| Deformação | Devido à ocorrência de efeitos de compressão ou tração, provocando alterações nas dimensões da peça estrutural (variações na sua geometria); | |
| Deslocamento | Com relação aos efeitos de 1ª e 2ª ordem, provenientes de esforços horizontais tornando possíveis modificações na posição inicial (locomoção) devido à carga efetuada; | |
| Tensão | A combinação das forças internas mediante a um espaço específico (seção transversal), com a intenção de proporcionar associação de resultados (compressão, tração, etc), a fim de compreender todo o funcionamento existente em elementos estruturais; | |
| Flexão | Corresponde a combinação de esforços (normal ou momento) provocando afastamento do eixo de gravidade, causando uma curvatura ao longo da direção longitudinal. | |

Fonte: Silva, 2018

Um fator relevante aos incidentes (quadro 5), pois correspondem exatamente às dificuldades que podem surgir diante de um mau dimensionamento, causando, possivelmente, patologias que sem os devidos cuidados podem levar a ruína do elemento estrutural.

Tensões

Uma perspectiva de análise perante a uma tensão aplicada em um elemento estrutural, condiz exatamente com as condições externas e internas de aplicação de forças mediante a deformação da peça, para assim descobrir quanto o mesmo resiste antes mesmo de acontecer alguma ruptura.

O estudo de tensões se torna importante justamente para evidenciar a concepções de esforços aplicados ao longo da estrutura, com a finalidade de observar detalhadamente o seu comportamento proporcionando medidas preventivas por meio de esforços estruturais ou minoração das ações atuantes (Couto *et al*, 2015). Todo esse detalhamento das forças operantes pode ser visualizado no plano de tensões, visto que o sentido e direção podem estar posicionados e visualizados com mais eficiência no estado de tensões triaxial, conforme pode ser observado na Figura 2.

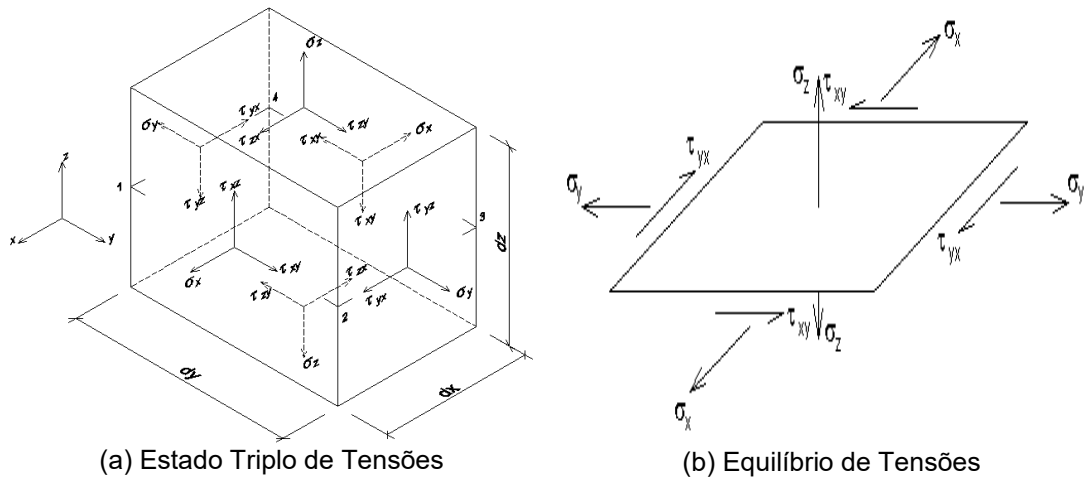


Figura 17 - Plano de Tensões
Fonte: Neto, 2017

A impressão correta dessas condições de submissão dos esforços pode ocorrer em qualquer um dos três eixos (Figura 2a), destacando uma perspectiva mais favorável mediante as condições de equilíbrio. Mediante a tais condições, a estabilidade dessas ações (Figura 2b), no sentido de evitar tais procedimentos ocorrentes em diversas localizações ao longo do pilar. Diante disso, as etapas de cálculos envolvem os seguintes processos:

- **Posicionamento:** Mostra exatamente a perspectiva referente à localização das tensões principais tomando como orientação as premissas de inclinação existentes para ampliar o alcance, sendo influenciado diretamente no carregamento imposto, para assim impor condições suficientes para as situações de máximo e mínimo.
- **Verificação de Posição:** Esses termos devem ser analisados justamente para evidenciar os locais de maior instabilidade para assim verificar a possibilidade de prováveis rupturas nos pilares de análise e dessa forma mostrar exatamente a principal atuação para reforços ou evitar riscos superiores;
- **Tensões Principais:** Corresponde a intensidade de tensões nas situações de máximo de mínimo existentes devido ao posicionamento implantado;
- **Tensões Normais:** A tensão e deformação apresentam perspectivas atreladas uma à outra, devido às tensões que as peças sofrem, causa deformação na mesma. Força axial ou força normal (Figura 3), são solicitações que atuam axialmente no eixo de uma seção retangular ou circular, a tensão que está sendo sujeitado na seção for de compressão usasse sinal negativo (-) e quando for de tração atribui-se sinal positivo (+). A representação da sua intensidade acontece em virtude da Equação 1.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Tensão ←
Força Axial
Área

$\sigma_- = \text{Compressão}$
 $\sigma_+ = \text{Tração}$

(a) Equação 1

(b) Representação

Figura 18 - Tensão Normal

Fonte: Carvalho, 2019

- Tensão de Cisalhamento:** Em relação à tensão de cisalhamento precisa-se de duas forças atuando em sentidos opostos, como se o objeto estivesse sendo partido, essa força não é a tensão máxima que atua na seção e sim uma tensão média. Como na peça cisalhante acontece dois cortes deve-se considerar no cálculo da tensão média a área multiplicada por dois. Geralmente essas tensões são mais encontradas em pinos e parafusos que são usadas para conectar elementos estruturais, cuja sua atuação corresponde de acordo com a Equação 2.

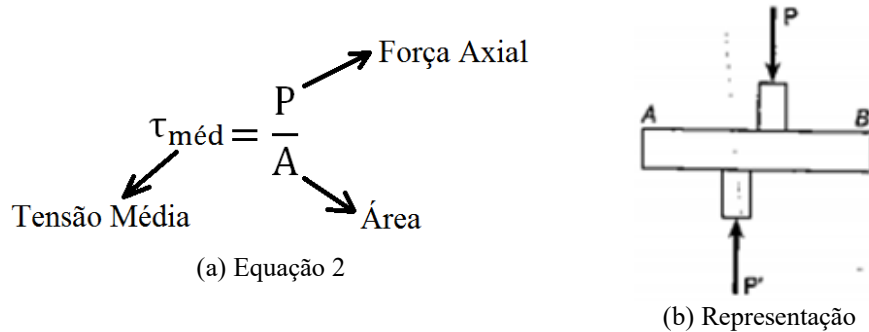


Figura 19 - Tensão de Cisalhamento
Fonte: Carvalho, 2019

De certa forma, a contribuição dos esforços provoca interações específicas no pilar, com o propósito de entender o comportamento mediante a submissão desses esforços aplicados. Os processos apresentados correspondem exatamente em evidenciar a ligação atuante deste posicionamento com as tensões existentes devido ao esforço, provocando alterações em três componentes por meio da orientação específica, ou mais conhecido como estado plano de tensões, conforme pode ser observado na figura a seguir:

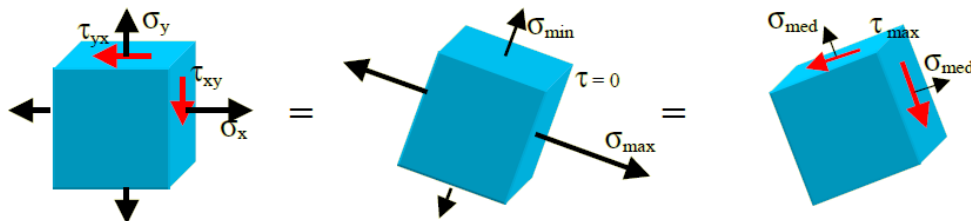


Figura 20 – Estado Plano de Tensões
Fonte: Buffoni, 2017

Método dos Elementos Finitos

O Método dos Elementos Finitos (MEF) desenvolvido em 1909 por Walter Ritz (1878-1909) para determinar a solução aproximada de problemas em mecânica dos sólidos deformáveis, ganhando destaque na década de 60 pelo engenheiro Ray Clough, através da funcionalidade de energia aproximada por funções conhecidas com coeficientes a serem determinados (Assan, 2020).

A análise de elementos finitos pode ser aplicada em diversas áreas da engenharia, como por exemplo, problemas acústicos, térmicos, eletromagnéticos e estruturais, obtendo conhecimento adequado no desenvolvimento de tecnologias, a fim de propor soluções apropriadas para o benefício do conforto aos usuários.

Em relação aos critérios estruturais, o MEF tem como objetivo analisar as devidas interações entre os estado de tensão e deformação mediante as ações externas, destacando o comportamento do sólido geométrico, para evidenciar métodos estruturais juntamente com especificações de cada elemento estrutural, com o intuito de visualizar todos os procedimentos antes do seu acontecimento e desta forma aperfeiçoar todos os parâmetros envolventes, obtendo soluções satisfatórias em termos econômicos, quer na verificação dos pré-requisitos funcionais e regulamentares (Brasil, 2020).

A apresentação do MEF corresponde a soluções aproximadas aplicadas por meio de equações diferenciais parciais, mediante a aplicação de condições de contorno, tornando possível observar todas as subdivisões existentes através de malhas, cuja sua representação condiz com inúmeros pontos nodais conectados entre si, formando aspectos triangulares, quadrilaterais, etc, (Figura 6a), fragmentando a complexibilidade do caso em diversos parâmetros tornando mais ágil e prático o problema exposto.

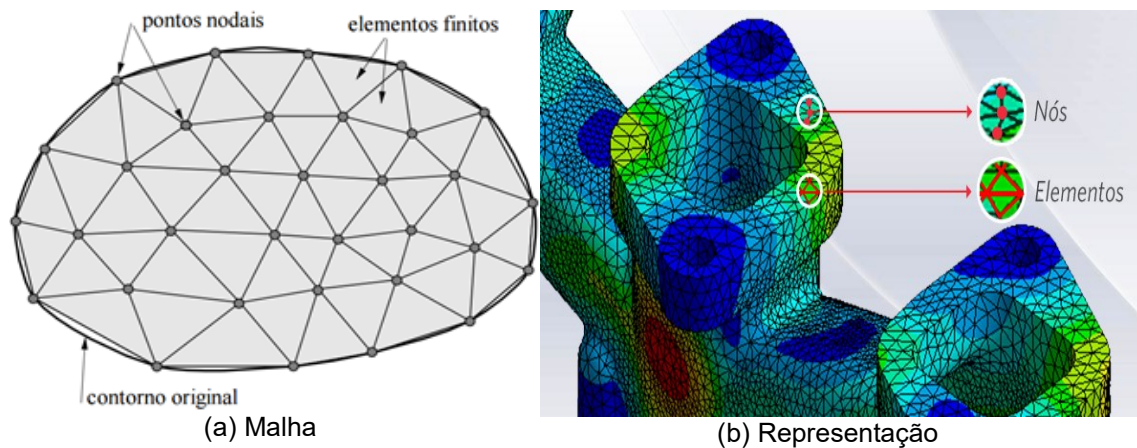


Figura 21 - Malha de Elementos Finitos
Fonte: Malaguti, 2013

De certa forma, a solução aproximada do problema pode ser obtida por resultados de uma interpretação de várias do mesmo caso, devido a isso o seu emprego em softwares para auxiliar na precisão, como: Nastran, Femap, University, Apex, Workbench e ABAQUS (Figura 6b), destacando o comportamento mais realista da situação devido à submissão dos esforços, caracterizando todo o comportamento através da modelagem em diferentes tipos de estruturas. A importância de ter o conhecimento destes softwares mostra explicações vantajosas e completamente realistas proporcionando um melhor entendimento, compreensão e raciocínio diante de situações complexas, como o caso deste estudo.

MÉTODO DE ANÁLISE

A metodologia empregada para o desenvolvimento da pesquisa e atendimento de todos os objetivos mencionados corresponde a uma análise computacional mediante aos pilares com o intuito de aprofundar ainda mais os conhecimentos adquiridos sobre o assunto.

A ponte em questão para se fazer o estudo e dimensionamento do pilar foi uma que tem a seguinte apresentação, possui 45m de comprimento de extensão divididos em dois tramos de 18m e dois balanços nas extremidades de 4,5m, largura de 13m, obedecendo ao prescrito pelo manual do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 1996) e respeita as características da rodovia (DNIT, 1973), com faixa de rolamento, com um capeamento asfáltico de 9cm de espessura e inclinação de 1% na laje do tabuleiro.

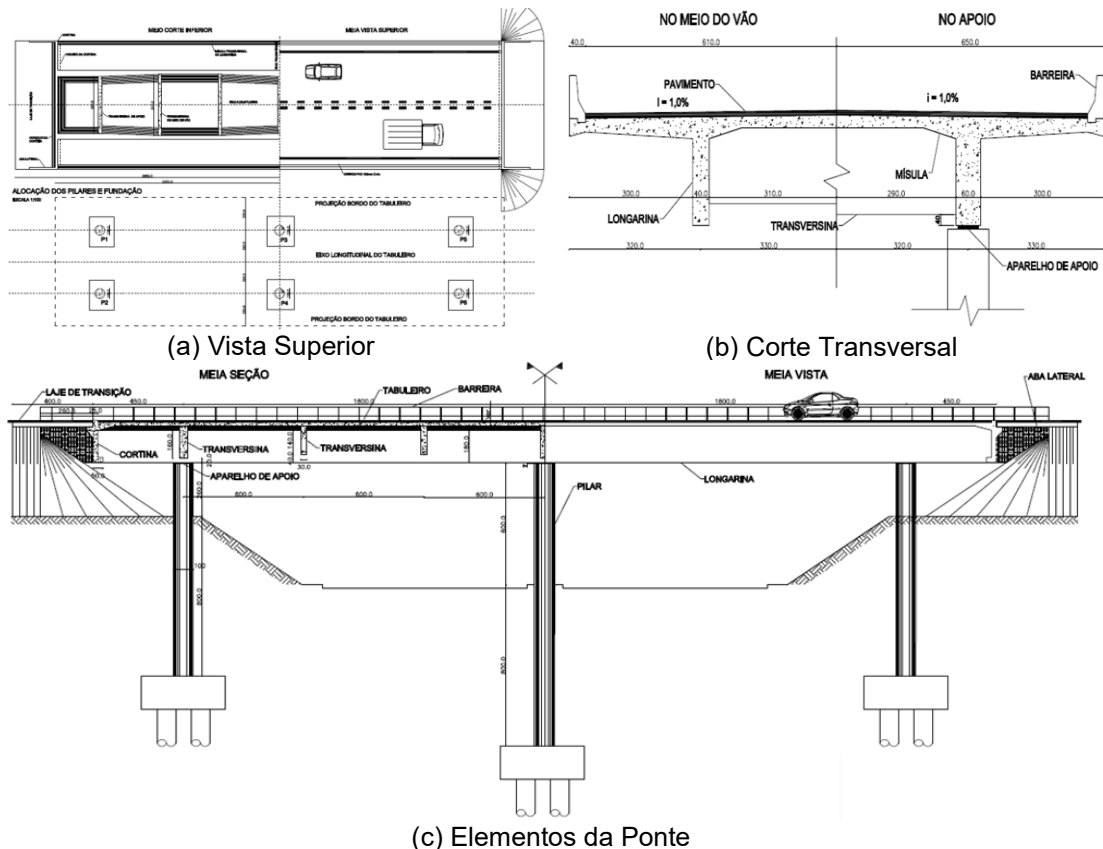


Figura 22 - Ponte da Pesquisa
Fonte: Melo, 2017

A disposição para essa verificação corresponde a dois procedimentos:

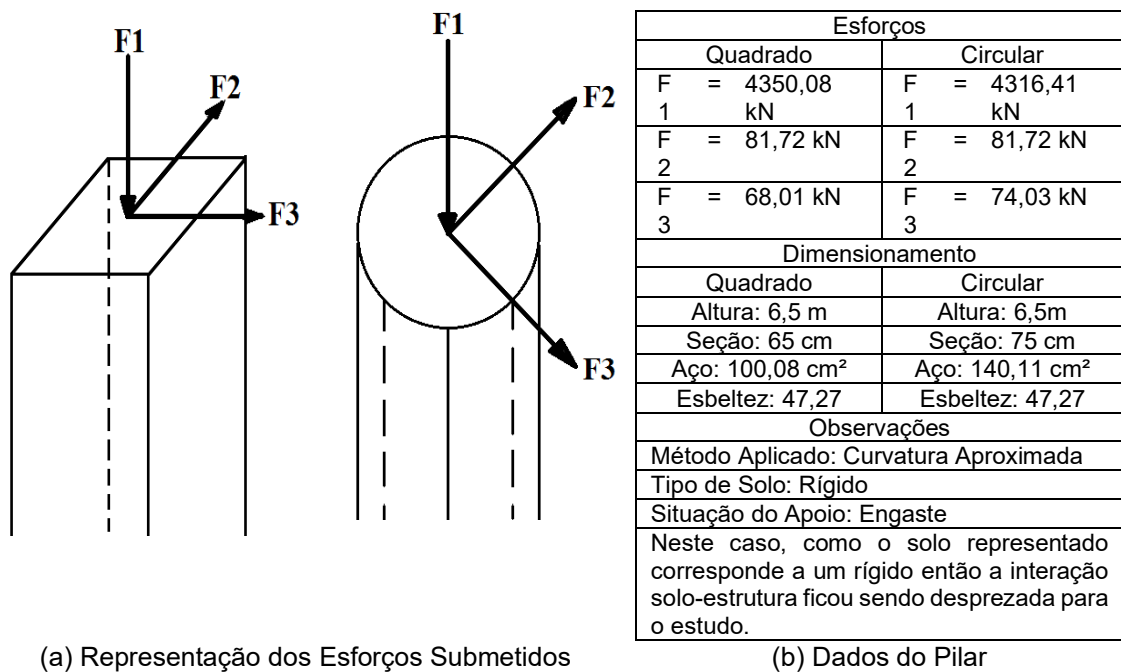
- **Etapa Analítica:** baseada em Normas de Dimensionamento para Estruturas de Concreto Armado, representando toda uma perspectiva do comportamento de tensões ao longo do pilar, por meio do representativo plano de tensões para a situação, a fim de adquirir equívocos perante a análise para assim visualizar com mais clareza o seu funcionamento, através da incorreção mostrando a zona crítica;
- **Etapa Numérica:** utilizando o MEF por meio do *software* ABAQUS, evidenciando todo o material, configuração e comportamento estrutural do pilar em uma situação realista por meio de uma modelagem tridimensional dos pilares, com o intuito de esquematizar exatamente a precisão dos acontecimentos e determinar as zonas de riscos.

Resultados e Discussões

Perante uma perspectiva comparativa entre duas seções uma circular e outra retangular, o detalhamento analítico e numérico correspondem as melhores alternativas, a fim de esclarecer todo o funcionamento do elemento estrutural diante das alternativas demonstradas.

Etapa Analítica

Para realizar a devida comparação, deve ser observado e destacado todos os esforços exercidos em ambos os formatos tanto na circular quanto no retangular, com a intenção de averiguar exatamente a condição da flexão composta oblíqua ao qual a peça está submetida, apresentando uma perspectiva mediante a funcionalidade dos carregamentos, conforme a sua configuração, a figura a seguir mostra exatamente tais condições:

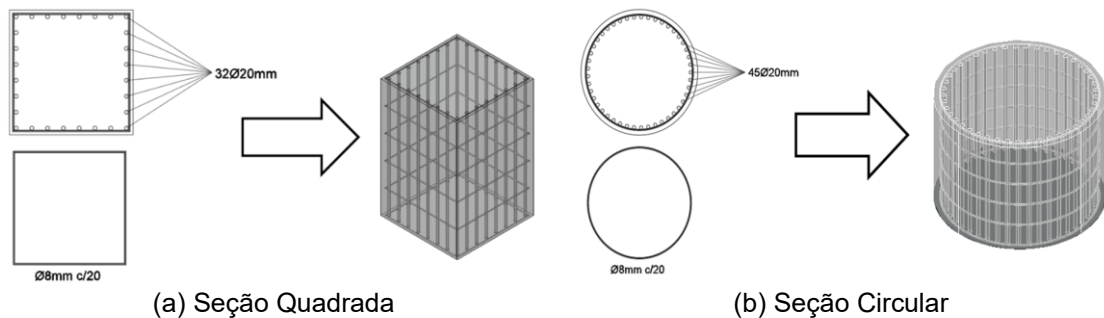


(a) Representação dos Esforços Submetidos

(b) Dados do Pilar

Figura 23 – Configurações do Pilar para a Pesquisa
Fonte: Autores, 2021

Para que a situação se torne eficaz mediante a construção de cada pilar, por meio da capacidade adquirida na superestrutura, a armadura existente deve aguentar os esforços aplicados, então a representação da armação final apresenta as seguintes características:



(a) Seção Quadrada

(b) Seção Circular

Figura 9 – Detalhamento da Armadura
Fonte: Autores, 2021

Com todos os dados e dimensionamento mostrados anteriormente, a verificação das tensões de aplicação em cada um dos pilares mediante a perspectiva de execução dos esforços ao longo do pilar, a fim de comprovar toda e qualquer funcionalidade de precaução através das tensões críticas existentes dentro do estado triplo de tensões empregado neste estudo. Por isso, essa acessibilidade a tais condições pode ser visualizada na figura a seguir:

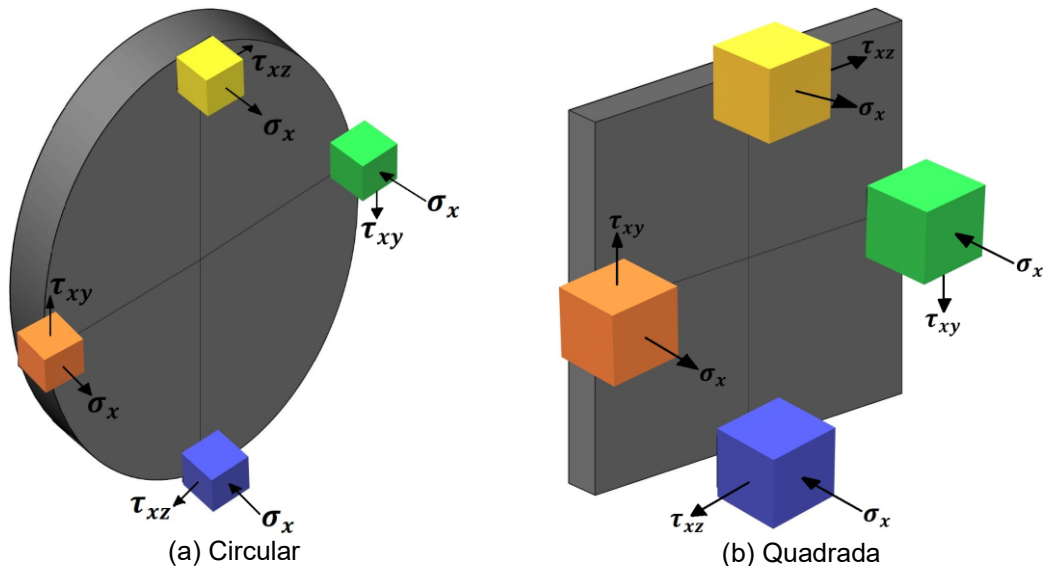


Figura 10 – Representação do Estado Plano de Tensões em cada Seção
Fonte: Autores, 2021

A estrutura apresenta situações de tração e compressão ao longo da sua altura, por isso, a observação das tensões ocorre em relação à tensão normal (σ) e a tensão tangencial (τ), com a intenção de destacar parâmetros de alteração do comportamento do pilar.

A tabela 1 mostra exatamente cada um desses desempenhos relacionados à altura do pilar do estudo, com a intenção de visualizar qualquer tipo de modificação. A tensão de cisalhamento não houve alteração ao longo da altura, pois a própria seção e os carregamentos não foram um parâmetro de alteração para a mesma, porém as tensões normais sofreram mudanças, justamente pelo fato do momento relacionado à aplicação da força diante da inércia da peça apresentar variação correlacionada a sua altura, tornando possível visualizar exatamente onde a alteração ocorre.

A principal relevância em examinar esses pontos de modificação relacionados à variação da tensão corresponde em investigar situações de risco, onde a preocupação ocorre mediante a execução final. Na tabela 1, para a seção circular pode ser visualizado a alteração na altura de 5 metros, onde a compressão existente modifica para a tração provocando uma instabilidade estrutural, mesmo sendo muito baixa. Na seção quadrada, essa alteração ocorre aos 6 metros do pilar, exatamente onde a alteração da seção circular fica mais significativa.

Tabela 1 – Tensões Aplicadas ao longo da Altura

| Altura | Localização | Circular | | | | | | Quadrada | | | | | |
|--------|-------------|---------------------|------------|--------|-------------------------|-------------|-------|---------------------|------------|--------|-------------------------|-------------|-------|
| | | Tensão Normal (MPa) | | | Tensão Tangencial (MPa) | | | Tensão Normal (MPa) | | | Tensão Tangencial (MPa) | | |
| | | N/A | (M/I)(D/2) | Total | (4/3)(Q/A) | (T/Jp)(D/2) | Total | N/A | (M/I)(D/2) | Total | (4/3)(Q/A) | (T/Jp)(D/2) | Total |
| 0 | Amarelo | -9,77 | 0 | -9,77 | 0,52 | 2,75 | 3,27 | -9,77 | 0 | -9,77 | 0,26 | 1,86 | 2,12 |
| | Laranja | -9,77 | 0 | -9,77 | 0,22 | -2,75 | -2,53 | -9,77 | 0 | -9,77 | 0,22 | -1,86 | -1,64 |
| | Azul | -9,77 | 0 | -9,77 | 0,52 | -2,75 | -2,23 | -9,77 | 0 | -9,77 | 0,26 | -1,86 | -1,6 |
| | Verde | -9,77 | 0 | -9,77 | 0,22 | 2,75 | 2,97 | -9,77 | 0 | -9,77 | 0,22 | 1,86 | 2,08 |
| 1 | Amarelo | -9,77 | 1,78 | -7,99 | 0,52 | 2,75 | 3,27 | -9,77 | 1,49 | -8,28 | 0,26 | 1,86 | 2,12 |
| | Laranja | -9,77 | 1,97 | -7,8 | 0,22 | -2,75 | -2,53 | -9,77 | 1,79 | -7,98 | 0,22 | -1,86 | -1,64 |
| | Azul | -9,77 | -1,78 | -11,55 | 0,52 | -2,75 | -2,23 | -9,77 | -1,49 | -11,26 | 0,26 | -1,86 | -1,6 |
| | Verde | -9,77 | -1,97 | -11,74 | 0,22 | 2,75 | 2,97 | -9,77 | -1,79 | -11,56 | 0,22 | 1,86 | 2,08 |
| 2 | Amarelo | -9,77 | 3,57 | -6,2 | 0,52 | 2,75 | 3,27 | -9,77 | 2,97 | -6,8 | 0,26 | 1,86 | 2,12 |
| | Laranja | -9,77 | 3,95 | -5,82 | 0,22 | -2,75 | -2,53 | -9,77 | 3,57 | -6,2 | 0,22 | -1,86 | -1,64 |
| | Azul | -9,77 | -3,57 | -13,34 | 0,52 | -2,75 | -2,23 | -9,77 | -2,97 | -12,74 | 0,26 | -1,86 | -1,6 |
| | Verde | -9,77 | -3,94 | -13,71 | 0,22 | 2,75 | 2,97 | -9,77 | -3,57 | -13,34 | 0,22 | 1,86 | 2,08 |
| 3 | Amarelo | -9,77 | 5,36 | -4,41 | 0,52 | 2,75 | 3,27 | -9,77 | 4,46 | -5,31 | 0,26 | 1,86 | 2,12 |
| | Laranja | -9,77 | 5,91 | -3,86 | 0,22 | -2,75 | -2,53 | -9,77 | 5,36 | -4,41 | 0,22 | -1,86 | -1,64 |
| | Azul | -9,77 | -5,36 | -15,13 | 0,52 | -2,75 | -2,23 | -9,77 | -4,46 | -14,23 | 0,26 | -1,86 | -1,6 |
| | Verde | -9,77 | -5,91 | -15,68 | 0,22 | 2,75 | 2,97 | -9,77 | -5,36 | -15,13 | 0,22 | 1,86 | 2,08 |
| 4 | Amarelo | -9,77 | 7,14 | -2,63 | 0,52 | 2,75 | 3,27 | -9,77 | 5,94 | -3,83 | 0,26 | 1,86 | 2,12 |
| | Laranja | -9,77 | 7,89 | -1,88 | 0,22 | -2,75 | -2,53 | -9,77 | 7,14 | -2,63 | 0,22 | -1,86 | -1,64 |
| | Azul | -9,77 | -7,14 | -16,91 | 0,52 | -2,75 | -2,23 | -9,77 | -5,94 | -15,71 | 0,26 | -1,86 | -1,6 |
| | Verde | -9,77 | -7,89 | -17,66 | 0,22 | 2,75 | 2,97 | -9,77 | -7,14 | -16,91 | 0,22 | 1,86 | 2,08 |
| 5 | Amarelo | -9,77 | 8,93 | -0,84 | 0,52 | 2,75 | 3,27 | -9,77 | 7,43 | -2,34 | 0,26 | 1,86 | 2,12 |
| | Laranja | -9,77 | 9,86 | 0,09 | 0,22 | -2,75 | -2,53 | -9,77 | 8,93 | -0,84 | 0,22 | -1,86 | -1,64 |
| | Azul | -9,77 | -8,93 | -18,7 | 0,52 | -2,75 | -2,23 | -9,77 | -7,43 | -17,2 | 0,26 | -1,86 | -1,6 |
| | Verde | -9,77 | -9,86 | -19,63 | 0,22 | 2,75 | 2,97 | -9,77 | -8,93 | -18,7 | 0,22 | 1,86 | 2,08 |
| 6 | Amarelo | -9,77 | 10,73 | 0,96 | 0,52 | 2,75 | 3,27 | -9,77 | 8,92 | -0,85 | 0,26 | 1,86 | 2,12 |
| | Laranja | -9,77 | 11,84 | 2,07 | 0,22 | -2,75 | -2,53 | -9,77 | 10,71 | 0,94 | 0,22 | -1,86 | -1,64 |
| | Azul | -9,77 | -10,73 | -20,5 | 0,52 | -2,75 | -2,23 | -9,77 | -8,92 | -18,69 | 0,26 | -1,86 | -1,6 |
| | Verde | -9,77 | -11,84 | -21,61 | 0,22 | 2,75 | 2,97 | -9,77 | -10,71 | -20,48 | 0,22 | 1,86 | 2,08 |
| 6,5 | Amarelo | -9,77 | 11,62 | 1,85 | 0,52 | 2,75 | 3,27 | -9,77 | 9,66 | -0,11 | 0,26 | 1,86 | 2,12 |
| | Laranja | -9,77 | 12,83 | 3,06 | 0,22 | -2,75 | -2,53 | -9,77 | 11,61 | 1,84 | 0,22 | -1,86 | -1,64 |
| | Azul | -9,77 | -11,62 | -21,39 | 0,52 | -2,75 | -2,23 | -9,77 | -9,66 | -19,43 | 0,26 | -1,86 | -1,6 |
| | Verde | -9,77 | -12,83 | -22,6 | 0,22 | 2,75 | 2,97 | -9,77 | -11,61 | -21,38 | 0,22 | 1,86 | 2,08 |

Fonte: Autores, 2021

Etapa Numérica

Para compreender melhor todos os procedimentos da etapa analítica, a devida aplicação numérica requer os detalhes mais precisos da situação, a fim de visualizar com mais eficiência o desenvolvimento das tensões executadas. Diante disso, o uso do *software* ABAQUS proporciona tais condições, por meio das seguintes ideias:

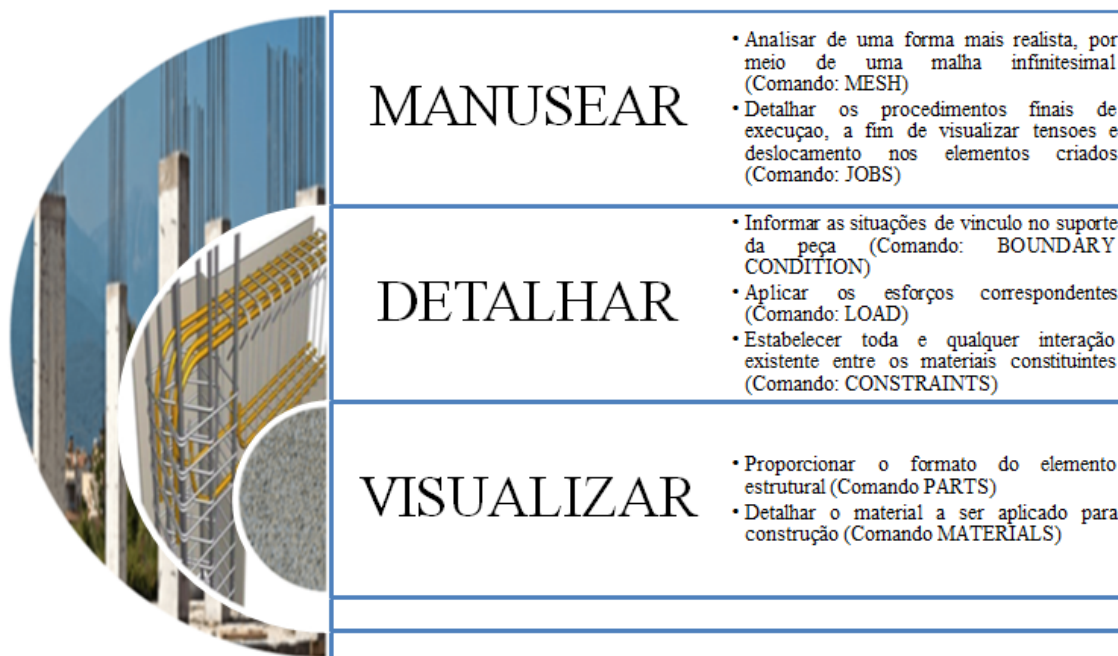
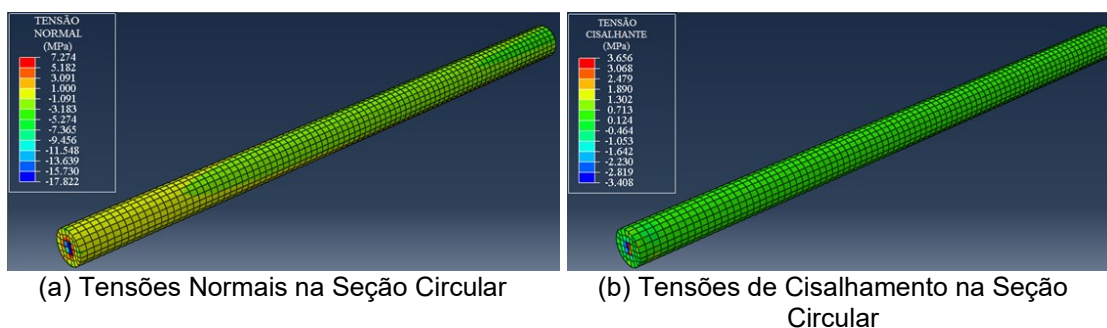


Figura 11 – Procedimentos de Manuseio no *software* ABAQUS
Fonte: Autores, 2021

Diante disso, realizando a devida aplicação dos comandos no programa para determinar as tensões existentes, com foco de encontrar a divergência entre elas para as zonas de risco mediante o manuseio, conforme pode ser observado a seguir:



¹ Graduanda em Engenharia Civil na Faculdade de Florianópolis – FAESF;

² Graduando em Engenharia Civil na Faculdade de Florianópolis – FAESF;

³ Professora Orientadora.

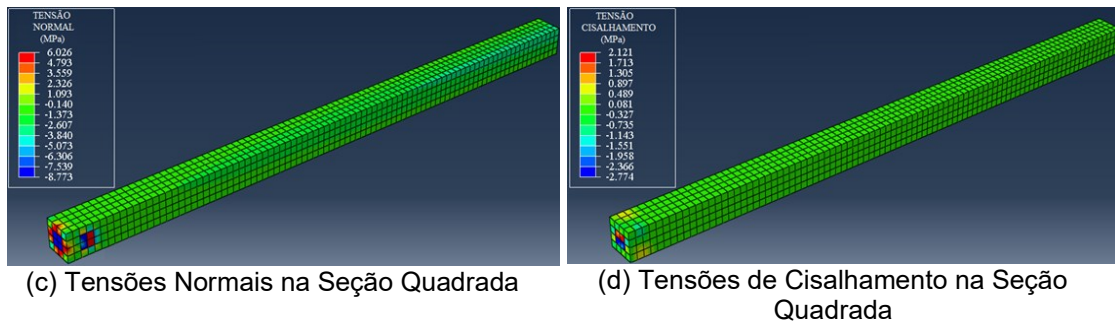


Figura 12 – Tensões nos Pilares do Estudo
Fonte: Autores, 2021

De acordo com a figura 12, pode ser visualizado todas as tensões aplicadas no pilar e comprovar exatamente todos os dados determinados na situação analítica do estudo, mostrando a eficiência em discutir todo o posicionamento das dimensões dos elementos estruturais em questão.

Pelas figuras 12b e 12d, utilizando como base a tabela 6 do estudo, as tensões cisalhantes realmente não evidenciam tais diferenças, a fim de detalhar com exatidão todo o procedimento de risco existentes, pois o impacto de cada uma reflete diretamente na seção e no esforço aplicado, e isso não causa danos relativamente graves, a não ser que a devida constância possa provocar efeitos patológicos, ou seja, ocorrer alguma alteração nas tensões de cisalhamento aplicadas mediante ao acréscimo de carga.

Por outro lado, as figuras 12a e 12c revelam toda a fisionomia ideal da tabela 6, para assim mostrar o devido risco ao qual o pilar se encontra devido à alteração das tensões aplicadas. Na figura 12a, está mais claro de visualizar a tonicidade em amarelo, mostrando exatamente as alterações ocorridas no pilar circular e comprovando a particularidade de preocupação ao início dos 5 metros, diferente do pilar quadrado que essa diferença apresenta mais presença no topo da estrutura, dos 6 metros em diante.

O relacionamento dos esforços aplicados juntamente com as dimensões dos elementos existentes na estrutura por completo, relaciona exatamente a circunstância de possíveis flambagem, principalmente em peças com alta esbelteza, ocorrendo à preocupação da existência de alguma patologia durante os anos de uso na frente, por isso seria ideal realizar um reforço nessas alturas (figura 13), providenciando segurança durante a execução e diminuindo o risco pós-construção.



Figura 13 – Execução da Armadura de Reforço
Fonte: Artigo publicado no site do grupo A HORA

Conclusões e Sugestões

A seguir são apresentadas as conclusões obtidas nesta pesquisa após a realização do comparativo entre tensões do método analítico e o numérico do pilar, ressaltando os seguintes tópicos: manuseio para aplicação e a devida segurança construtiva. No fim desta são apresentadas as sugestões para trabalhos futuros.

Conclusão

Dentre os critérios de segurança, funcionalidade e durabilidade, as estruturas circulares e retangulares comportam sem avarias sérias, porém ao longo do tempo elas podem sofrer desgastes que não são aceitáveis.

Fazendo o comparativo entre a seção circular e retangular pelos dois métodos abordados na pesquisa pode-se observar que ambos se comportam de forma que não é tão prejudicial à estrutura, mas que o pilar circular por sua seção ser nessa configuração precisa de uma atenção específica como mostra a tabela

6 que foi pelo método analítico e a figura 12a pelo método numérico com o *software* ABAQUS.

Em relação ao pilar de seção circular, é notório que teve mais aparecimento de zonas críticas e que a estrutura dele vai sofrer mais que o pilar de formato quadrado com pequena diferença de tensões que foram aplicadas em ambos, essas zonas críticas podem ser observadas no pilar de seção circular no começo dos 5 metros de altura, já pode avaliar que nesses pontos do pilar circular apresenta tensão diferente e que pode causar ruína ao pilar. Por outro lado, no pilar de seção quadrada essas zonas críticas já teve o aparecimento em sua altura de 6 metros, nessa ponta o pilar tem mais estabilidade por ser concentrada no seu topo e com isso tem-se uma melhor distribuição, assim não sofrendo quanto o pilar de seção circular.

Algumas dessas alterações são em relação ao que foi citado anteriormente na pesquisa no que se referem os efeitos de submissão dos esforços, mais precisamente em dois efeitos que é o de deformação e deslocamento. No que se refere ao efeito de deformação é que está diretamente relacionado à ocorrência de provocar alteração nas dimensões da peça que é a sua variação na geometria, já no tocante ao efeito de deslocamento ele está ligado ao fato da estrutura sofrer possível modificação na sua posição inicial.

Com essas duas análises ficam claro que a configuração circular ela é mais desfavorável que a retangular para esse tipo de pilar em estudo. E com isso a estrutura pode sofrer alteração ao longo de sua vida útil.

Trabalhos Futuros

Para os possíveis trabalhos futuros, recomenda-se:

1. Estabelecer no estudo a interação solo e estrutura, justamente para agregar uma perspectiva mais prática e complexa, evidenciando aspectos funcionais no desenvolvimento do reforço;
2. Analisar outros tipos de armaduras, como o caso de uma armadura helicoidal, a fim de esquematizar a devida resistência ao elemento estrutural;
3. Destacar a possibilidade de análise para esbeltez muito elevada, proporcionando inclusive o comparativo dentre os métodos de cálculos tabelados por norma, saber a sua eficiência diante do executado no *software*.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus, sobre todas as coisas, por me conceder a bênção da vida, por ter me dado saúde, força e coragem durante toda esta longa caminhada para que a gente superasse todas as dificuldades.

Aos nossos pais, por todo carinho e amor, pela compreensão nos momentos que precisamos ao longo desta caminhada e por estarem sempre presentes em

Artigo científico apresentado à Faculdade de Florianópolis – FAESF, como requisito à obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso II (TCC II), do curso de Bacharel em Engenharia Civil, 2021.

todas as nossas conquistas. Aos nossos irmãos e irmãs, que apesar de tudo, sempre acredita no nosso potencial de vencer qualquer obstáculo. Aos nossas tios e tias pelo carinho e afeto. Aos primos pelos conselhos que sempre são bem validos e pelas alegrias vividas.

Aos nossos dois professores que nos orientaram Sávio Torres Melo e Rômulo Brandão Madeira, pela amizade, pelas brincadeiras nos nossos encontros virtuais e presenciais quando tivemos, pelo apoio, pela paciência na orientação, pela contribuição com sugestões e críticas determinantes para a elaboração deste trabalho. Aos professores da FESF, por todos os ensinamentos ao longo desses cinco anos que foram tão importantes na nossa vida acadêmica e devemos a eles grande parte da nossa educação.

Aos nossos amigos pessoais e a nossa panelinha de turma, que sempre nos ajudaram na nossa personalidade tornando quem somos hoje, na construção do nosso caráter, fortalecimento espiritual nos momentos de necessidade. Aqueles que não estão mais entre nós, mas sempre desejaram que obtivesse sucesso.

Referências Bibliográficas

Artigo científico apresentado à Faculdade de Florianópolis – FAESF, como requisito à obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso II (TCC II), do curso de Bacharel em Engenharia Civil, 2021.

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Resolução nº 3.056. **Diário Oficial da União**, 2016;

Assan, A. E. **Método dos Elementos Finitos: Primeiros Passos**. 3ª edição Revista e Ampliada – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118/2014: **Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado**, Rio de Janeiro;
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7187/2003: **Projeto e Execução de Pontes de Concreto Armado e Protendido**, Rio de Janeiro;

Brasil, R. **Para leigos: entenda o Método dos Elementos Finitos**. KOT Engenharia. 2020. Disponível em: < <https://kotengenharia.com.br/para-leigos-entenda-o-metodo-dos-elementos-finitos/> >. Acessado em 15 de abril de 2021;

BUFFONI, S. S. O. **Transformação de Tensão ou Análise de Tensão**. Notas de Aula de Resistência dos Materiais. Universidade Federal Fluminense (UFF) - Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda, 2017;

Carvalho, K. R. **Estudo Comparativo entre os Critérios de Resistência da Máxima Energia de Distorção e da Máxima Tensão de Cisalhamento**. Universidade Federal de Ouro Preto Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil do Curso de Graduação em Engenharia Civil, Ouro Preto, 2019;

Couto, D.; Carvalho, M.; Cintra, A.; Helene, P. **Estruturas de concreto: Contribuição à Análise da Segurança em Estruturas Existentes**. Revista IBRACON. ISSN 1983-4195 vol.8 nº 3 São Paulo May/June 2015;

Gonçalves, M. M. O. **Análise dos Efeitos de Segunda Ordem em Pilares de Concreto Armado Aplicando o Método dos Elementos Finitos**. Monografia de TCC do Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017;

Malaguti, A. K. **Análise Dinâmica de Estruturas de Barra Empregando o Método dos Elementos Finitos com Funções de Forma B-Splines Não Uniformes**. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná - Departamento Acadêmico De Construção Civil - Curso De Engenharia Civil, Pato Branco, 2013;

Melo, Sávio Torres. **Estudo analítico e numérico via Método dos elementos finitos dos deslocamentos horizontais de pilares de pontes em concreto armado**. 2017. xxi, 136 f., il. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017;

Neto, E. S. A. **Estado Duplo e Estado Triplo de Tensões**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), 2017;

Artigo científico apresentado à Faculdade de Florianópolis – FAESF, como requisito à obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso II (TCC II), do curso de Bacharel em Engenharia Civil, 2021.

Silva, M. J. M. **Análise Numérica de Pilares de Concreto Armado submetidos à Flexo-Compressão**. Dissertação de Mestrado na Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2018;

Turmina, G. **Estudo dos Esforços Atuantes em uma Ponte em Concreto Armado**. Monografia de TCC da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento Acadêmico de Construção Civil do Curso de Engenharia Civil. Pato Branco, 2016;

Zwirtes, A. A. **Dimensionamento de Pilares Retangulares de Concreto Armado pela NBR 6118/2014 e Verificação da Capacidade Resistente da Seção pelo Diagrama de Interação**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI. Santa Rosa, 2016.

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS CONVENCIONAL E CONCRETO PRÉ-MOLDADO DE PROJETO RESIDENCIAL NA CIDADE DE FLORIANO-PI.

Iasmyn Gomes Martins ¹

Thiago Renan Rocha Moura ²

Prof.^a Arquiteta Esp. Luanna de Carvalho Santos ³

Resumo:

O setor da construção civil demanda por inovações e qualidade na execução de projetos, essa busca se dá pelo desenvolvimento e crescimento populacional, exigindo do mercado tecnologia para obter uma obra com durabilidade, elevado nível organizacional da produção, rapidez de execução e racionalização de custos e materiais. Surgiu então a necessidade de pesquisas, considerando esta circunstância, o presente trabalho será elaborado com pesquisas bibliográficas

Artigo científico apresentado à Faculdade de Floriano – FAESF, como requisito à obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso II (TCC II), do curso de Bacharel em Engenharia Civil, 2021.

e de campo, com a utilização do *software* AutoCAD no qual planeja-se apresentar características dos métodos construtivos convencional e pré-moldado trazendo comparação do orçamento e custo final do projeto de uma residência de 45,53 m² de área construída, que faz parte de um residencial localizado em Floriano-PI, proporcionando assim a escolha construtiva que apresenta menor custo de execução, verificando ambos junto às vantagens e desvantagens, compreendendo quais as maiores dificuldades enfrentadas para a implementação do método construtivo sustentável em pré-moldados em relação ao convencional no município, trazendo melhorias no mercado e conhecimento para o incentivo tecnológico e industrial.

Palavras-Chave: Construção sustentável. Pré-moldado. Economia. Industrialização.

Abstract:

The civil construction sector demands innovation and quality in the execution of projects, this search is for development and population growth, demanding from the market technology to obtain a work with durability, high organizational level of production, speed of execution and rationalization of costs and materials. Therefore, the need for research arose, considering this circumstance, the present work will be elaborated with bibliographical and field researches, with the use of AutoCAD software in which it is planned to present characteristics of conventional and precast constructive methods, bringing comparison of budget and cost end of the project of a residence of 45.53 m² of built area, which is part of a residential located in Floriano-PI, thus providing the constructive choice that has the lowest execution cost, checking both together with the advantages and disadvantages, understanding which are the greater difficulties faced for the implementation of the sustainable construction method in precast parts in relation

to the conventional one in the city, bringing improvements in the market and knowledge for technological and industrial incentives.

Keywords: Sustainable construction. Precast. Economy. Industrialization.

INTRODUÇÃO

A escolha do método construtivo é de suma importância na hora de planejar um projeto e principalmente na execução do mesmo, pois este irá conduzir questões econômicas, sustentáveis e de qualidade, além disso o processo pode garantir rapidez de execução e durabilidade (SULMONETI, 2018).

A construção civil está sempre em constante evolução junto à tecnologia e a busca por sustentabilidade em prol da produtividade, lembrando também que o setor da construção civil em termo de empregabilidade é referência no país.

Nesse contexto, podemos observar que existe uma ampla variedade de formas para edificar, sendo no método convencional ou sustentável, podendo assim adequar cada uma às necessidades de utilização e instalação para cada situação. Dentre os métodos construtivos industrializados existentes estão: steel frame, wood frame, drywall, alvenaria estrutural, concreto pré-fabricado ou pré-moldado, concreto pvc, entre outros. (SULMONETI, 2018).

Construir sustentavelmente é uma forma de inovação para relacionar a construção civil e o meio ambiente, procurando formas de causar menos impactos possíveis, além disso existe a demanda por um sistema mais eficiente às obras.

Podemos considerar também que “devido ao crescimento populacional e desenvolvimento, o setor de construção civil tem estudado sistemas com maior eficiência para aumentar a produtividade, reduzir o desperdício e conseguir atender à alta demanda de moradias e edificações em geral [...]” (SULMONETI, 2018, p.08). Levando à benefícios como redução de custos e resíduos, obtendo alto desempenho construtivo.

O presente artigo tem como base analisar de forma comparativa os métodos convencional e concreto pré-moldado, através do orçamento final de um projeto de uma residência de padrão popular de 45,53 m² de área construída, compreendendo assim qual o método construtivo que apresenta menor custo de execução e quais as maiores dificuldades enfrentadas para a implementação do método construtivo sustentável em pré-moldados em relação ao convencional no município, trazendo melhorias no mercado e conhecimento para o incentivo tecnológico e industrial.

¹ Graduando(a) em Engenharia Civil na Faculdade de Ensino Superior de Floriano – FAESF

² Orientador (a)

Apresenta-se no desenvolvimento desse trabalho os métodos a serem analisados: construção com pré-moldados e método convencional, descrevendo suas características e as principais vantagens e desvantagens de ambos.

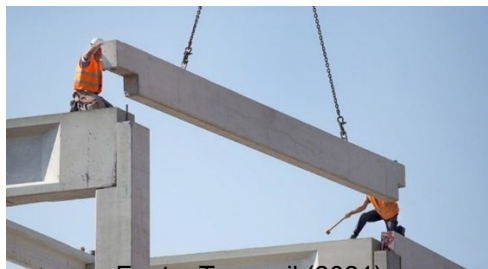
Nos materiais e métodos está a descrição de como foram feitas todas as etapas, pesquisas e visitas necessárias para a obtenção dos dados para que se chegassem aos resultados.

Os resultados foram obtidos através de estudos bibliográficos e análises de dados obtidos por meio de visita técnica ao local do residencial pesquisado, com isso conseguiu-se chegar a conclusão que a cidade de Floriano não possui um mercado preparado com a tecnologia da construção sustentável de pré-moldados, sendo assim o presente estudo irá contribuir e incentivar ao mesmo a buscar por mais conhecimentos e práticas dessa tecnologia para a cidade.

Sistema sustentável de construção com pré-MOLDAdos

O cenário da construção civil é composto por várias maneiras de edificar projetos, dentre eles existem construções com elementos pré-moldados, como: vigas, pilares, lajes, escadas e painéis de fachada (figura 1 e 2). Os mesmos são desenvolvidos *in loco*, ou seja, no local da obra, podem ser feitos com concreto armado ou protendido dependendo da necessidade para que alcancem a resistência desejada e um alto controle de qualidade, assim serão conduzidos e colocados de forma adequada alinhando-se ao projeto (TELES, 2017).

Figura 1 – Viga pré-moldada.



Fonte: Tecnosil (2021).

Figura 2 – Painel de fachada pré-moldado.



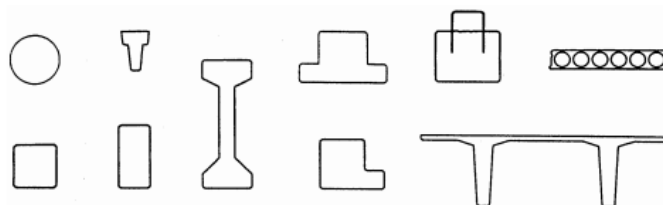
Fonte: Tecnosil (2021).

A NBR 9062:2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, no item 3.8 da mesma, descreve elemento pré-fabricado sendo aquele que é industrialmente executado, sendo em instalações fixas nas empresas destinadas a este fim sob condições rigorosas de controle de qualidade, sendo assim a única diferença para o pré-moldado é o local em que as peças estão sendo feitas (ABNT, 2017).

É essencial que haja um entendimento entre quem deseja construir e o responsável pela construção a respeito de como é o processo de execução com elementos pré-moldados ou pré-fabricados, pois o mercado moderno construtivo ainda está engatinhando, ou seja, pode não existir indústrias para este fim que se enquadre e esteja em conformidade com as especificações tornando necessária a busca em locais próximos.

Para a fabricação existe uma padronização dos elementos, uma variação de sessão transversal para cada tipo de componente (figura 3), é limitada mais a geometria e detalhes da sessão transversal da peça, não ao comprimento e altura, pois dependerão do projeto individualmente (ACKER, 2002).

Figura 3 - Exemplos de padrões de sessões transversais.



Fonte: Arnold Van Acker (2002).

Os benefícios da construção sustentável

O setor industrial da construção civil pode ser considerada uma indústria atrasada em relação aos demais por conta da baixa produtividade em relação ao tempo, enormes números de desperdícios e geração de resíduos, e baixo controle de qualidade se comparada aos outros setores industriais.

Acker (2002, p.02) relata que

“O uso de concreto pré-moldado em edificações está amplamente relacionado à uma forma de construir econômica, durável, estruturalmente segura e com versatilidade arquitetônica. A indústria de pré-fabricados está continuamente fazendo esforços para atender as demandas da sociedade, como por exemplo: economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade.”

Percebe-se que a contribuição com o meio ambiente é a finalidade da construção sustentável. Redução de desperdícios, redução nos custos, agilidade e sustentabilidade são essenciais para obter um máximo desenvolvimento que satisfaça todas as exigências do mercado construtivo que tende a crescer junto à inovação, economia e qualidade.

Estatísticas do emprego de pré-fabricados na construção

Não é surpresa que o sistema construtivo sustentável que utiliza pré-fabricados de concreto tem se expandido e ganhado espaço no Brasil, cada vez mais o mercado industrial da construção tem procurado avançar de forma a conscientizar todos os envolvidos nesse meio. A Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC) mostrou dados que o setor tem aumentado cerca de 15% ao ano. Surge novos horizontes, além das obras industriais e grandes centros de distribuição, para setor de construções habitacionais, escolares e outras. A busca por prazo e qualidade é um desejo de todos do ramo (SOUSA; GONÇALVES, 2018).

Processo de produção dos elementos

Essa é a parte em que os elementos: vigas, pilares, lajes e outras peças de concreto ganham forma e são fabricadas de acordo com os padrões de qualidade e especificações que a norma NBR 9062:2017 estabelece para as empresas aptas.

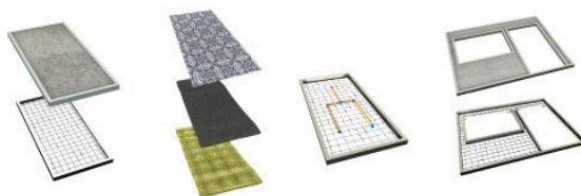
Um fator determinante antes de começar a produção das peças é o próprio projeto, devido a este método construtivo exigir um extremo cuidado e planejamento, já que todas as peças serão feitas de acordo com o mesmo (TELES, 2017). Existe uma tolerância em relação as dimensões do projeto e as dimensões reais, visto que as variações do concreto pré-fabricado são geralmente pequenas, não muda o fato de que os projetistas devem sempre se atentar as variabilidades dimensionais e que desde o início do projeto haver discussões a respeito das tolerâncias com os fabricantes (ACKER, 2002).

As tolerâncias nas fabricas são a critério de superfícies não lineares, variações dimensionais do produto, variações na curvatura dos elementos pretendidos e outros, já no canteiro estão relacionadas aos níveis no início da construção e a montagem se dá pelo posicionamento e alinhamento dos elementos (ACKER, 2002).

O processo produtivo consiste em separar os materiais a serem utilizados junto a preparação das formas e armaduras, o concreto pode ser feito por alguma central de concreto própria da fábrica, tendo em vista que a demanda é em larga escala, e assim obter um concreto adequado que atenda a dosagem, resistência e trabalhabilidade ideal (WAGNER; CORRÊA; FREITAS, 2020).

De acordo com Almeida (2015, p.39) “quando há instalações elétricas, hidráulicas, janelas e portas, os painéis antes de serem concretados, são preparados, recebendo os perfis e acessórios necessários”, conforme ilustra a figura 4.

Figura 4 -Ilustração dos painéis com acabamentos e instalações.



Fonte: Luiza Rangel de Almeida (2015).

A escolha da forma é uma etapa importante que define a qualidade e produtividade do desenvolvimento produtivo, após a escolha e montagem das formas

coloca-se as armaduras dependendo do tipo de concreto escolhido, armado ou protendido, a colocação do concreto vai depender da fábrica, pois cada uma escolhe um método desejado, içadas por pontes rolantes através de bombas de concretagem, através de bicas ou manualmente (WAGNER; CORRÊA; FREITAS, 2020).

A NBR 9062:2017, estabelece no item 8.2.2.2 da mesma, que “[...] para o saque, manuseio, transporte e montagem, deve ser definida em projeto a resistência do concreto para a referida etapa do processo, com o mínimo de 15 MPa para elementos em concreto armado e 21 MPa para elementos em concreto protendido [...]”.

Após a desmoldagem é esperado que as peças estejam em perfeito estado físico e estrutural, mas podem surgir pequenas patologias como: bicheiras, fissuras ou bolhas (WAGNER; CORRÊA; FREITAS, 2020).

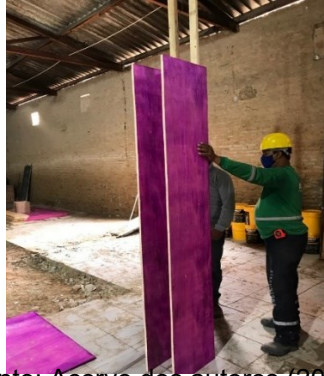
Método construtivo convencional

As construções por método convencional são amplas existindo uma série de opções construtivas no mercado como: estruturas metálicas, estruturas de madeira, alvenaria estrutural e outras.

Cada lugar tem sua preferida, aqui no Brasil a mais utilizada é a de moldagem de concreto *in loco*, que faz uso de pilares, vigas e lajes para a superestrutura utilizando concreto armado e alvenaria de blocos cerâmicos para vedação (COSTA, 2013 apud TELES, 2017).

As fôrmas e concreto são preparados *in loco* (figura 5). Utiliza-se materiais como compensado de madeira para preparação das fôrmas que já são moldadas nos lugares definitivos, mas antes são colocadas as armaduras, após a montagem das fôrmas vem a concretagem (figura 6), vibração para adensamento e por fim espera-se alguns dias até atingir a cura do concreto, a cura é feita normalmente dentro de 21 dias, podemos observar esse processo no fluxograma presente na figura 7.

Figura 5 – Preparação de forma *in loco*.

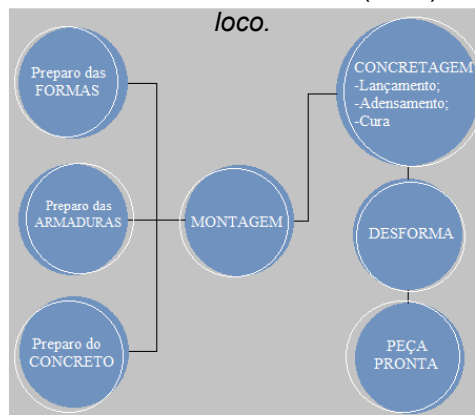


Fonte: Acervo dos autores (2021).

Figura 6 – Concretagem de pilar *in loco*.



Figura 7 – Fluxograma de produção de elementos de concreto armado *in loco*.
Fonte: Acervo dos autores (2021).



Fonte: Silvio Burrattino Melhado; Mercia Maria S. Bottura (1998).

A vedação é feita com blocos cerâmicos (figura 8) ou de concretos não estruturais que são assentados com argamassa (agregado miúdo, cimento, água e aditivos se necessário), todo esse processo requer muita mão de obra e muitas das vezes precisam ser refeitas por conta das imperfeições nos blocos, também se torna

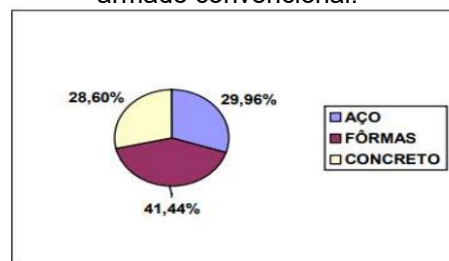
Figura 8 – Execução de alvenaria em bloco cerâmico.

necessário quebra parcial das paredes para a passagem de instalações elétricas e hidráulicas (ALLEN; IANO, 2013 apud TELES, 2017).



Fonte: Acervo dos autores (2021).

Figura 9 – Porcentagens de custos de uma estrutura de concreto armado convencional.



Fonte: Mauro Satoshi Morikawa (2013).

Na execução de uma estrutura pelo método convencional (figura 9) utiliza-se cerca de 41,44% de madeira para fôrmas, 29,96% é a porcentagem da utilização de aço para as armaduras e o concreto tem 28,60%.

Comparativo de vantagens e desvantagens das metodologias construtivas: convencional e pré-fabricada

Como apresentados nos itens 2.0 e 2.4 desse trabalho ambos os métodos construtivos são viáveis e bastante utilizados no mercado, mas cabe analisar qual deles compensa mais em relação as vantagens e desvantagens, como vemos na tabela 1.

Tabela 1 – Comparativo entre vantagens e desvantagens entre os métodos construtivos.

| Método | Aspecto | |
|---|---|--|
| | Positivo | Negativo |
| Construtivo <i>Concretagem in loco</i> | Projeto, Planejamento e execução deste método são bem conhecidos e dominados pelas empreiteiras | Maior tempo de espera para desformar e retirada do escoramento |
| | Maior opção de escolha quanto à geometria dos elementos estruturais | Maior desperdício de material na moldagem das peças |
| | Monoliticidade da estrutura | |
| Concreto Pré-moldado | Maior qualidade do elemento estrutural | Restrição na geometria dos elementos estruturais |
| | Estrutura final mais leve, resultando em menores estruturas de fundação | Mais oneroso em casos de empreendimentos pouco modulares e com muita variação de tipologia |
| | Diminuição da quantidade de mão de obra | |
| | Execução acelerada | Dificuldade na logística de transporte e instalação dos elementos pré-moldados |
| | Economia em fôrmas e revestimento para acabamento das peças | |

Fonte: Alice Amorim Teles (2017).

Materiais e métodos

Com o intuito de comparar o custo entre um projeto de uma residência de formato popular executada com o método pré-moldado sendo comparada com o mesmo projeto caso fosse executado de forma convencional, então foi feita uma pesquisa de mercado da região para encontrar uma empresa que trabalhasse com elementos pré-moldados.

Realizou-se uma busca entre as empresas que trabalham com pré-moldados na região, no município de Floriano-Pi só foram encontradas empresas que trabalhassem apenas com pré-moldados não estruturais, então foi selecionada uma empresa X que fica localizada em Teresina, capital do Piauí, a mesma pediu para que não fosse divulgado o seu nome. A escolha da construtora se deu por que eles

trabalham com a execução de obras em pré-moldados, ou seja, eles fabricam as peças no local da obra e realizam a montagem, além disso eles estão construindo um residencial no modelo de casas padrão popular na cidade de Floriano.

A empresa infelizmente não conseguiu fornecer o orçamento completo para que se comparasse todos os insumos para ambos os métodos de construção. Porém disponibilizaram a planta baixa da residência construída por eles e também uma tabela resumindo o orçamento e o valor final de execução da mesma utilizando pré-moldados.

Foi realizada uma visita de campo no local em que a construtora realiza a fabricação das peças pré-moldadas e a execução das casas do residencial. O engenheiro e o mestre de obras responsáveis pela obra esclareceram todas as etapas feitas até chegar na finalização da casa.

Através da visita técnica pôde-se observar e fotografar todo o processo da construção da residência pré-moldada, desde a fabricação das peças até a montagem e finalização da mesma.

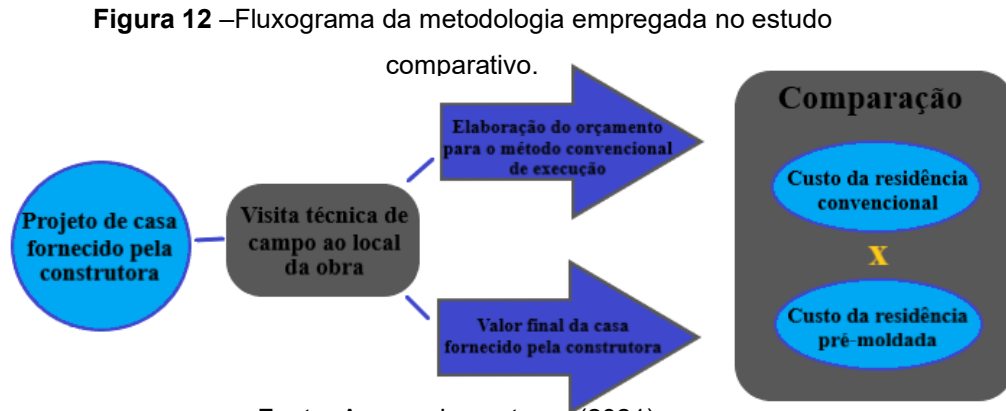
O projeto da residência foi desenvolvido no *software* AutoCAD utilizando todas as ferramentas que o mesmo oferece para a extensão de projetos em interface 2D pela empresa responsável pela construção do residencial. O projeto tem modelo de residência popular que possui 2 quartos, banheiro social, cozinha, sala de estar e área de serviço com área total construída de 45,53 m², como mostra a figura 13. Esse modelo de residência é ideal para morarem até 4 pessoas.

Para a obtenção da tabela de orçamento para o projeto residencial com execução convencional foi utilizado o *software* Excel. O orçamento foi elaborado de acordo com as composições de custo unitário de cada material da tabela do SEINFRA (Secretaria de Estado da Infraestrutura) de 2021 e também por cotação, que é o valor de mercado de Floriano-PI. Contou-se com todos os materiais a serem utilizados de acordo com o projeto da residência e assim chegar a um orçamento completo.

Em vista disso, foram comparados os resumos dos orçamentos de custo final para execução convencional e pré-fabricada, nos quais foram feitos através do *software* Excel calculando o custo da mesma residência. Além disso entra em

questão, nessa comparação de ambos os métodos construtivos, a sustentabilidade e seu tripé: social, ambiental e financeiro, também entra em discussão o lado cultural.

A figura 12 mostra um fluxograma de como chegou-se à uma comparação em relação ao financeiro.



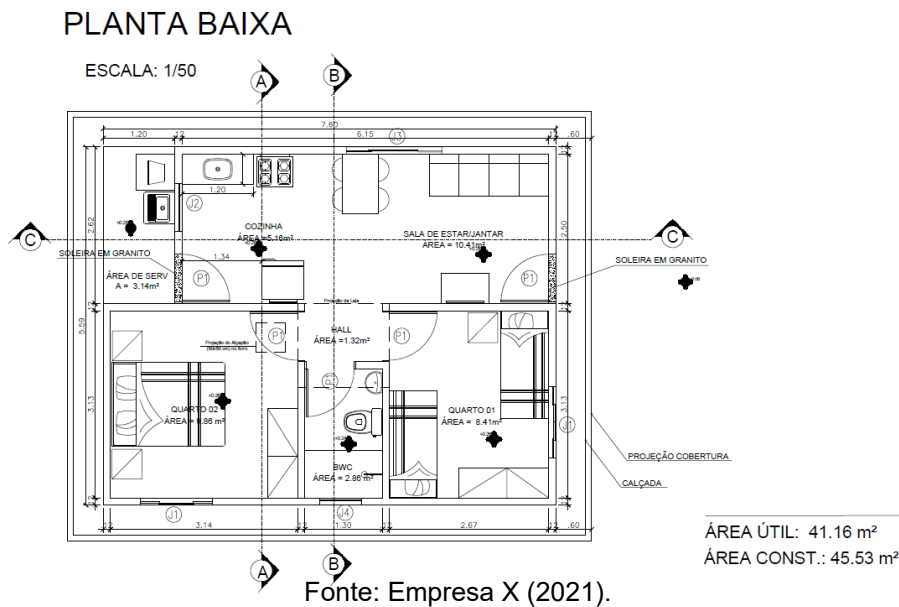
Fonte: Acervo dos autores (2021).

Projeto da edificação residencial padrão popular em pré-moldados de concreto

A construtora elaborou um projeto que atendesse as necessidades de uma família de até 4 pessoas, uma residência de padrão popular de baixo custo. A mesma conta com 2 quartos (9,86m² cada), 1 banheiro social (2,86m²), 1 cozinha (5,16m²), 1 sala (10,41m²) um hall (1,32m²) e uma área de serviço (3,14m²) um total de 45,53m² de área construída (figura 13). A planta baixa foi feita no *software* AutoCAD e disponibilizada para o desenvolvimento desse trabalho.

Realizou-se o projeto de acordo com a idealização da empresa, uma casa que fosse pequena e com custo de execução baixo, mas que fosse confortável e conseguisse suprir o que uma família de baixa renda precisa.

Figura 13 – Planta baixa da residência de padrão popular.



A fundação da casa é no radier por ser de peso leve e não ser tão grande não necessita de outro tipo de fundação. As paredes são moldadas *in loco* através de fôrmas metálicas, que podem durar até 10 anos de uso, sendo assim uma forma de economizar com fôrmas de madeira, elas não são completamente preenchidas com concreto, pois com o intuito de diminuir o peso da edificação é colocado junto ao concreto blocos cerâmicos. Instalações elétricas e sanitárias já são colocadas dentro das paredes antes delas serem concretadas, como mostra a figura 14.

O tempo de cura das paredes moldadas *in loco* é de até 1 dia, conseguindo atingir resistência de 20Mpa. Para o desmolde eles utilizam nas fôrmas metálicas óleo queimado para ficar mais fácil a retirada sem que haja quebras. Para que não haja infiltração nas paredes, após a cura das mesmas eles passam argamassa polimérica na altura de 60cm. Procurando um padrão de qualidade para que se chegue à resistência e trabalhabilidade exigida pela norma eles possuem um laboratório de análise de corpos de provas (figura 15), que são usados para fazer o ensaio de compressão, também fazem o Slump teste.

Figura 14 – Instalações elétricas e hidráulicas embutidas.



Fonte: Acervo dos autores (2021).

Figura 15 –Corpos de provas de concreto.



Fonte: Acervo dos autores (2021).

O Munck é utilizado para o descolamento das peças até o local de execução da residência e através dele que as peças são encaixadas nos lugares em que devem ser fixadas (figura 16), as mesmas são fixadas por meio de pequenas chapas metálicas que são cravadas ainda no processo de concretagem das peças (figura 17).

Munck.



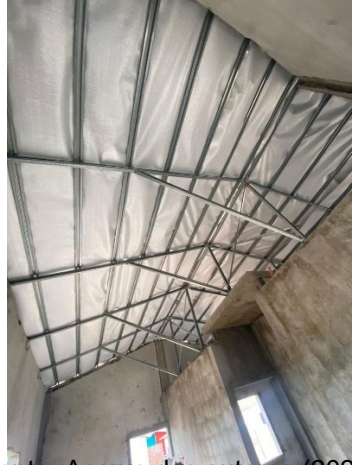
Figura 17 –Chapa de fixação das paredes.
Fonte: Acervo dos autores (2021).



Fonte: Acervo dos autores (2021).

Por meio de perfis metálicos em aço galvanizado é feita a cobertura, de forma rápida, pratica e limpa eles montam a trama para receber as telhas cerâmicas além de ser colocado uma manta térmica, antes da colocação do forro em PVC, com o intuito de diminuir o calor interno da casa e proporcionar assim um conforto maior aos moradores (figura 18).

Figura 18 –Cobertura metálica e manta térmica.



Fonte: Acervo dos autores (2021).

As paredes não necessitam de reboco pois já saem com acabamento, ou seja, após a finalização da montagem da casa eles apenas passam selador e pintam a mesma.

Para a montagem das residências a construtora conta com entorno de 32 funcionários fichados, 1 engenheiro, 1 mestre de obras, 1 almoxarife e o restante de pedreiros e ajudantes, tais esses que constroem 60 casas ao mesmo tempo.

ANÁLISE E RESULTADOS

Visto que a empresa X não pôde disponibilizar o orçamento completo, porem foi fornecido uma tabela com os valores principais dos gastos realizados para a execução do projeto, o valor aferido em novembro de 2021 foi de R\$58.645,15 como mostra na tabela 2.

Tabela 2 – Resumo de orçamento da residência pré-moldada.

| RESUMO DO ORÇAMENTO | |
|--|--|
| DISCRIMINAÇÃO | R\$ |
| UNIDADE UNIFAMILIAR | |
| Limpeza mecanizada superficial do terreno | R\$ 220,41 |
| Escavação manual de vala em solo de 1ª categoria (profundidade: até 1,5m) | R\$ 1.317,72 |
| Baldrame em Alv. 14Cm em Bloco Cerâmico 06F 9 X14 X19(deitado) | R\$ 5.862,06 |
| Placas de concreto pré-moldadas confec., transporte e montagem -Casas Olé In | R\$ 17.006,09 |
| Instalação de estrutura metálica para cobertura | R\$ 4.627,61 |
| Instalação de forro PVC | R\$ 1.593,26 |
| Instalações Elétricas | R\$ 2.928,17 |
| Impermeabilização c/ argamassa polimérica | R\$ 694,14 |
| Aplicação e aquisição de piso e parede cerâmico | R\$ 3.525,36 |
| Requadramento de portas e janelas | R\$ 5.739,19 |
| Aplicação de selador interno e externo | R\$ 1.857,73 |
| Execução de fossa, filtro e sumidouro com anéis D=1,20m | R\$ 1.329,03 |
| Confecção, transporte e montagem de mureta de medição | R\$ 197,88 |
| Pavimentação externa(calçada) | R\$ 526,29 |
| Limpeza da obra | R\$ 181,56 |
| ADMINISTRATIVO E EQUIPE DE APOIO | R\$ 6.940,91 |
| DESPESAS CORRENTES | R\$ 1.772,73 |
| MAQUINAS E EQUIPAMENTOS | R\$ 2.325,00 |
| TOTAL | R\$ 58.645,15 |
| DATA BASE: | TOTAL: R\$ 58.645,15 |
| | RESUMO DE PREÇOS A PREÇOS INICIAIS (P.I.) |

Fonte: Empresa X (2021).

Para a execução da casa no método convencional, obteve-se o valor final através do orçamento da tabela 3.

Tabela 3 – Orçamento da residência executada convencionalmente

| PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DISCRIMINATIVA | | |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Obra: | CONSTRUÇÃO DE CASA PADRÃO POPULAR | Data Base / Preços: |
| Local: | FLORIANO - PI | DATA REFERÊNCIA TÉCNICA: 20/10/2021 |
| Resp. Técnico: | THIAGO RENAN / IASMYN GOMES | BDI ADOTADO: 15% |
| ITEM | DISCRIMINAÇÃO | PREÇO (R\$) GLOBAL C/ BDI |
| 1.00 | SERVIÇOS PRELIMINARES: | R\$350,18 |
| 2.00 | MOVIMENTO DE TERRA : | R\$1.863,21 |
| 3.00 | ESTRUTURA: | R\$11.879,01 |
| 4.00 | PAREDES E PAINÉIS: | R\$17.544,69 |
| 5.00 | COBERTURA: | R\$9.126,22 |
| 6.00 | PISO: | R\$4.255,47 |
| 7.00 | FORRO: | R\$1.414,50 |
| 8.00 | ESQUADRIAS: | R\$3.511,55 |
| 9.00 | PINTURA: | R\$3.834,64 |
| 10.00 | INSTALAÇÕES ELÉTRICAS : | R\$3.986,19 |
| 11.00 | INSTALAÇÕES HIDRO SANITÁRIAS | R\$3.951,73 |
| 12.00 | APARELHOS, LOUÇAS E METAIS | R\$867,87 |
| 13.00 | DIVERSOS: | R\$117,53 |

TOTAL GERAL (C/ BDI) R\$62.702,79

Fonte: Acervo dos autores (2021).

Através do valor final da residência construída com pré-moldados e da mesma caso fosse construída de forma convencional, como mostram as tabelas 2 e 3, o método construtivo que saiu mais em conta foi a execução com pré-moldados tendo uma diferença de R\$4.057,64 do método convencional. Apesar da diferença não ser exorbitante, já se tem uma economia justa e que faz diferença a final de contas.

Precisa ser levado em consideração que esse valor da residência se deu pelo motivo de que a construtora segue um padrão, pois se trata de um residencial, portanto difere-se de um projeto específico exigido por qualquer outro cliente, neste caso seria necessário um novo orçamento com novos e diferentes valores.

Pegando o tripé da sustentabilidade afins comparativos, além da economia, também existe o aspecto social e ambiental. Desse modo, a construção pré-moldada também sai em vantagem em relação a convencional, pois ambientalmente é uma obra mais limpa e livre de geração de resíduos, pois não há a necessidade de quebrar paredes, visto que as instalações já são embutidas nas mesmas, como todas as casas seguem um padrão não há a necessidade de fôrmas diferentes, lembrando que as mesmas são metálicas e duram em torno de 10 anos. Vale ressaltar que também não há desperdícios de materiais já que todas as paredes são pré-moldadas.

No início da construção do residencial a empresa notou que a população da região não havia conhecimento sobre o método de construção com pré-moldados, o que gerava dúvidas em relação a durabilidade e qualidade das casas, tornando-se assim difícil a venda das mesmas, ou seja, socialmente e culturalmente para a cidade de Floriano-PI esse método ainda é novidade, o que se leva a crer que tem muito espaço ainda para evoluir na região.

Vale lembrar que uma casa feita de forma convencional demora mais tempo e exige um quadro maior de funcionários para ser construída, a empresa X demora em média 6 meses para construir 64 casas, ou seja, em mais ou menos 3 dias eles finalizam uma casa, com um quadro de 30 funcionários, sendo assim mais uma vantagem deste método.

Tabela 4 – Resumo dos custos para a residência.

Custos para a residência padrão popular 45,53m²

| | |
|-------------------------------|--------------|
| Pré-moldada: Empresa X | R\$58.645,15 |
| Convencional (SEM BDI) | R\$53.297,37 |
| Convencional (COM BDI) | R\$62.702,79 |

Fonte: Acervo dos autores (2021).

CONCLUSÕES

Tendo em vista a análise dos métodos construtivos pré-moldado e convencional, verifica-se que o método com pré-moldados conferiu maior economia e atendeu todos os aspectos da sustentabilidade, trazendo assim um meio de construção mais limpa, com menos geração de resíduos, mais rápida e com grande durabilidade em relação ao convencional.

Apesar do método com pré-moldados ter se saído melhor no que esse estudo se propôs a analisar, encontrou-se muita dificuldade nas pesquisas de empresas tanto como construtoras da região que trabalhem com pré-moldados ou pré-fabricados, ou seja, ainda se predomina a construção convencional, o que pode concluir que Floriano-PI e região ainda precisa de muito conhecimento e investimento nessa área tecnológica da engenharia civil.

Sendo assim, o resultado do presente estudo comparativo se mostrou bastante relevante para a região, tendo em vista que o tipo de residência analisado é direcionado às famílias com baixa renda, que é predominante na região, e a busca pelo menor preço se faz importante, vale ressaltar também que esse tipo de construção padrão Minha Casa Minha Vida tem sido um ramo de grandes investimentos entre as empresas que trabalham com a construção civil. Logo, entende-se que a região do sul do Piauí, principalmente a cidade de Floriano que se encontra em constante evolução, demanda de mais estudos que tragam resultados para melhores investimentos em tecnologias no meio da execução de obras.

Além do custo da obra com pré-moldados ter se saído mais barata, sendo uma das coisas mais importantes na hora de construir, existe também a rapidez de execução que se faz importante na construção e mais uma vez a obra sustentável com pré-moldados se sobressai em relação à convencional.

Por fim, pegando o aspecto social do tripe da sustentabilidade, percebeu-se que a sociedade por falta de conhecimento às construções pré-moldadas se assusta com a tecnologia e acaba pensando que esse tipo de edificação não tem a

durabilidade e a qualidade das convencionais, o que mais uma vez mostra como culturalmente as pessoas necessitam de mais estudos e experiência para que assim se tenha um domínio maior do método.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros cogita-se relacionar a comparação dos métodos estudados com a NBR 15575 que trata sobre desempenho, ou seja, focar melhor na qualidade das edificações. Também fica como proposta para trabalhos futuros estudos para contribuir com a sustentabilidade e fazer análises da geração de resíduos das construções convencionais.

Além disso, pode ser explorada a questão da umidade e infiltração nas estruturas de concreto armado e o que isso afeta nas construções pré-moldadas patologicamente em relação à durabilidade e como pode ser evitado esse tipo de problema.

Outro aspecto que pode ser explorado é em relação à rapidez de execução que as obras pré-moldadas possuem, com isso traz junto o estudo sobre a economia dos custos indiretos obtidos durante a construção, pois quanto mais demora construir mais custos vão aparecendo.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desse artigo contou com a ajuda de muitas pessoas especiais, dentre elas gostaríamos de agradecer:

Primeiramente a Deus que com sua infinita bondade nos guiou para vencermos mais uma batalha e nos deu forças durante todos esses dias.

À nossa orientadora Prof.^a Arquiteta Esp. Luanna de Carvalho Santos, que nos acompanhou e deu todo o auxílio necessário.

Aos professores do curso de Engenharia Civil que nos passou o conhecimento que precisávamos para chegarmos até aqui.

Aos nossos pais, que em momento nenhum nos deixou desistir e nos incentivaram nessa jornada.

Por fim aos nossos amigos, por compreender nossas ausências e estarem sempre mandando energias positivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKER, Arnold Van. (FIP-2002) – Tradução: Marcelo Ferreira (ABCIC-2003). **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**, 2003. Disponível em:<http://apoioididatico.iau.usp.br/projeto3/2013/manual_prefabricados.pdf>.

Acesso em: 21, abril de 2021.

ALMEIDA, Luiza Rangel de. **Estudo de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obras**. 2015, 83 f. Monografia de projeto final. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2017.

CAMPOS, F. **Análise do ciclo de vida na construção civil: um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto**. Dissertação (Mestre em Construção civil) – Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 19. 2012.

DEGANI, Jonathan. **5 Vantagens e Desvantagens das casas pré-fabricadas**. Sienge Plataforma, 2019. Disponível em:< <https://www.sienge.com.br/blog/capa-casa-pre-fabricada/>>. Acesso em: 26, fevereiro de 2021.

GODOY, Raul. **Uma proposta para habitações populares em elementos de pré-moldado leve de concreto**. TCC (Bacharel em Engenharia civil) – Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA. Alegrete-RS, p.88. 2014.

Florianópolis: IBGE. **IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2020. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio>>. Acesso em: 22, abril de 2021.

Florianópolis Governo Municipal. **Florianópolis**. Disponível em:< <https://www.florianopolis.pi.gov.br/florianopolis.php>>. Acesso em: 27, abril de 2021.

MELHADO, Silvio Burrattino; BARROS, Mercia Maria S. Bottura. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo. Projeto EPUSP/SENAI, 1998.

MORIKAWA, Mauro Satoshi. **Materiais alternativos utilizados em fôrmas para concreto armado**. Campinas, São Paulo, 2013. Disponível em:<http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257688/1/Morikawa_MauroSatoshi_M.pdf>. Acesso em: 21, abril de 2021.

O que são pré-moldados de concreto e qual a diferença com os pré-fabricados. Tecnosil. Disponível em:< <https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-sao-pre-moldados-de-concreto-e-qual-a-diferenca-com-os-pre-fabricados/>>. Acesso em: 27, abril de 2021.

SOUSA, Lucas Ythalo N. de; GONÇALVES, Sandra de Lourdes. **Estudo da viabilização e utilização de peças pré-moldadas na construção civil**. Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas, Acaraju, V.3, N.1, p.35 – 42, julho, 2018. Disponível em:< <https://periodicos.set.edu.br/exatas/article/view/3382/2899>>. Acesso em: 21, abril de 2021.

SOUZA, Matheus Almeida Cardoso de; Soares, Álvaro Manoel de Souza. **Aplicações do software AutoCAD em engenharia**. 8º Congresso de extensão universitária da UNESP, p. 1-4, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/142431>>. Acesso em: 22, outubro de 2021.

SULMONETI, Roberto de Carvalho. **Estudo de métodos construtivos industrializados**. Orientador: Carlos Eugênio Pereira. 2018. 36 f. TCC (Bacharel em Engenharia civil) – Universidade Federal de Uberlândia, UFU. Uberlândia-MG, p.88. 2018. Disponível em:< [file:///C:/Users/grupo/Downloads/M%C3%A9todosConstrutivosIndustrializados%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/grupo/Downloads/M%C3%A9todosConstrutivosIndustrializados%20(1).pdf)>. Acesso em: 25, maio de 2021.

TELES, Alice Amorim. **Estudo comparativo entre métodos construtivos de concreto moldado in loco e concreto pré-fabricado, por meio da plataforma BIM**. 2017, 48 f. Monografia de Projeto Final. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, 2017.

VIVA DECORA. **Saiba o que é AutoCAD e porque arquitetos, designers e engenheiros usam o programa**. Disponível em:< <https://www.vivadecora.com.br/pro/tecnologia/o-que-e-autocad/>>. Acesso em: 27, outubro de 2021.

WAGNER, Leonardo L.; CORRÊA, Ana Laura S.; FREITAS, Denizard B. de. **Revisão sobre a utilização de elementos pré-fabricados**. Brazilian Journal of Development, 2020. Disponível em:< file:///C:/Users/Leandro/Downloads/17831-45949-1-PB%20(1).pdf>. Acesso em: 21, abril de 2021.

IMPORTÂNCIA DA GESTÃO EFICIENTE PERANTE A SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

João Victor Almeida Da Silva¹
Marcelo Barreto Alves Pinto¹
Francisca Itaynara De Sousa Araújo²

Resumo

A Gestão é um recurso fundamental já que ela ajuda no desempenho de um projeto. Uma Gestão de pessoas no canteiro de obras eficiente tem como resultado um aumento da probabilidade de sucesso das atividades e na finalização dessas conforme prazos, custos e escopo planejados, bem como de acordo com a qualidade demandada, além de evitar acidentes. Neste caso, torna-se significativo investigar as ações e qualificar a importância da Gestão no canteiro de obras em uma Construção de uma escola em São João dos Patos – MA, com a finalidade de estudar a eficácia no processo construtivo e assim obter o cumprimento de prazos, alcançar qualidade esperada e reduzir custos de projeto, evitar acidentes, pois em uma construção é necessário seguir uma sequência de atividades, e, para que as atividades sejam concluídas conforme planejado é necessário que seja feito o gerenciamento de pessoas e recursos. Para isso foi realizada uma pesquisa Bibliográfica e tem caráter descritivo, pois descreve as características sobre o conhecimento e cultura dos colaboradores da obra estudada.

Palavras-Chave: Construção Civil; Gestão; Segurança

Abstract:

Management is a fundamental resource as it helps in the performance of a project. Given this importance, if this is not properly implemented, the project may suffer several interferences that affect its final product. Thus, efficient people management at the construction site results in an increase in the probability of success of activities and their completion according to planned deadlines, costs and scope, as well as in accordance with the quality demanded, in addition to avoiding accidents. The objective of this study is to qualify the importance of Management at the construction site in a Construction of a school in São João dos Patos - MA, in order to increase the effectiveness of the construction process and thus achieve deadlines, achieve expected quality and reduce project costs, avoid accidents, as within a construction it is necessary to follow a sequence of activities, and, for the activities to be completed as planned, it is necessary to make the management of people and resources. For this, a bibliographical research was carried out and it has a descriptive character, as it

describes the characteristics of the knowledge and culture of the collaborators of the work studied.

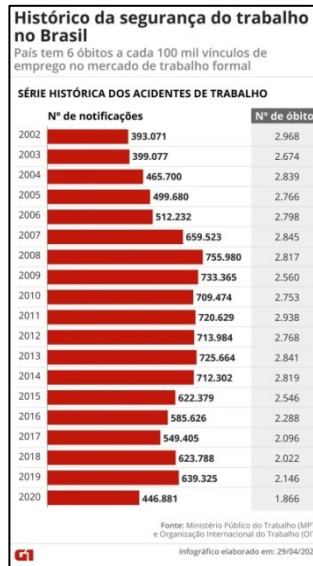
Keywords: Civil Construction; Management; Safety

1 INTRODUÇÃO

O termo Segurança do Trabalho teve início no decurso da Revolução Industrial, quando começou a industrialização mundial com o aparecimento das primeiras fábricas, quando foram estruturadas as primeiras leis relativas à segurança e saúde no trabalho. Incidentes tais como: equipamentos sem proteção provocando numerosos incidentes de trabalho, horas de trabalho sem limite onde mulheres, homens e crianças iniciando suas atividades durante a madrugada e percorriam trabalhando até o período da noite, existindo vezes de continuar mesmo durante o anoitecer, em ambientes isolados, precariamente e iluminados e ventilados e com altos níveis de ruídos originados das máquinas (CÔRTEZ; SILVA, 2011).

Na atualidade, tanto em países desenvolvidos quanto no Brasil, a construção civil segue se evidenciando como uma das áreas mais problemáticas no que se refere aos acidentes de trabalho. Em 2020, o setor é o quarto maior causador de acidentes fatais em termos de periodicidade e o segundo em termos de nível por cem mil trabalhadores, de acordo com dados do Ministério Público do Trabalho - (MPT). Em oito anos, foram registrados no Brasil 5,6 milhões de doenças e acidentes de trabalho, que geraram um gasto previdenciário que ultrapassa R\$ 100 bilhões.

Gráfico 1: Histórico da segurança do trabalho no Brasil



Fonte: G1

Os grandes responsáveis por acidentes de trabalho na construção civil são: tombos; contato com ferramentas mecânicas, maquinários e aparelhos automáticos; acidentes de percurso; colisão por objeto; corpo estranho; brigas; contato com objetos cortantes como vidro; contato com a corrente elétrica; e exposição a fontes de calor (SENA, 2019).

Figura 1: 5 falhas que geram acidentes na construção civil



Fonte: SENAI (2019)

Assegurar a segurança dos colaboradores, na construção civil, em atividades do dia a dia é básico para deixar que os operários possam agir com eficácia e calma ao mesmo tempo. Pois acidentes são inaceitáveis, especialmente por descuido. A

gestão de segurança do trabalho, assim, cumpre um papel fundamental na Construção Civil. Sendo assim, a seguinte pesquisa adota a temática: A importância da Gestão perante a Segurança do Trabalho na Construção Civil nas obras. Nesta pesquisa, formulamos as questões (problemas), que circulam sobre a temática apresentada que são: Gestão em Segurança no Trabalho na Construção Civil é possível? Quais melhorias podem ocorrer com uma gestão operante em Segurança do Trabalho na Construção Civil?

Este estudo torna-se relevante, pois a segurança do trabalho pode afetar até a sociedade já que ter um número expressivo de acidentes de trabalho tem por resultado, menos leitos disponíveis nos hospitais, maior concessão de benefícios previdenciários acidentários, redução da população economicamente ativa, queda na produção das empresas, entre outros. Com isso foi criado o objetivo geral deste trabalho que foi o de verificar a importância de uma Gestão perante a Segurança do Trabalho na Construção Civil nas obras. E os seguintes objetivos específicos:

- Informar e ilustrar um breve histórico da segurança e prevenção de acidentes de trabalho.
- Demonstrar como a organização do canteiro de obras influencia na segurança do trabalho;
- Analisar a importância de uma gestão para o canteiro de obra;

A pesquisa está dividida nas seguintes seções: seção 2 corresponde a parte de fundamentação teórica mostrando as principais normas envolvidas no diagnóstico elétrico do hospital, notificando os problemas mais frequentes. Na seção 3 mostra exatamente o desenvolvimento da pesquisa, referente a uma pesquisa de campo juntamente com dados pertinentes ao progresso dos resultados e discussões da pesquisa (seção 4), tornando possível relacionar todo o diagnóstico ao debate de outras pesquisas, e por fim a seção 5 apresenta a conclusão da pesquisa.

Segurança do trabalho

Para Pinheiro (2012), a Segurança do Trabalho pode ser abrangida como o conjunto de medidas adotadas, para tornar mínimos os incidentes no local de trabalho, assim doenças ocupacionais, bem como resguardar a integridade e a disposição de

trabalho dos indivíduos envolvidos. Ela é definida por normas e leis. Na Legislação de Segurança do Trabalho brasileira, Portaria 3.214/78, compreende de Normas que regulamentam, Normas Regulamentadoras Rurais, outras leis complementares, portarias, decretos e, também, as convenções da Organização Internacional do Trabalho (OIT) ratificadas no Brasil.

Nota-se que é importante que toda empresa faça uma análise de suas práticas com o objetivo de definir quais são seus métodos e o plano de ação para cada setor, principalmente o Segurança do Trabalho. A segurança do trabalho é uma área fundamental em qualquer empresa. A sua atuação impacta diretamente no negócio e no bem-estar dos colaboradores.

A definição de acidente do trabalho, sobre a óptica legal, é bastante vasto e não se limita somente ao ambiente do trabalho, compreendendo os acidentes de caminho e os advindos por causa do trabalho, sendo considerados como acidentes típicos, ou seja, os decorrentes da qualidade da função profissional exercida pelo acidentado; os acidentes de trajeto, ocorridos no trajeto entre a residência e o local do trabalho do segurado e os acidentes devidos às doenças do trabalho, ocasionados por qualquer tipo de doença profissional peculiar a determinado ramo de atividade constante do Anexo II do Decreto 611/92 (BRASIL, 1992).

A segurança e a saúde do trabalho no setor da construção civil fundar-se em normas regulamentadoras, descritas no Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), existindo a mais admirável para as atividades exercidas em canteiros de obras a NR-18, que coage a preparação e implementação do PCMAT, (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção) (BRASIL, 1988).

Quadro 1: A NR 18 e seus anexos

A NR 18 e seus Anexos serão interpretados conforme o disposto na tabela abaixo:

| Regulamento | Tipificação | Descrição |
|-------------|-------------|---|
| NR 18 | NR Setorial | Regulamenta a execução do trabalho em setores ou atividades econômicas específicas. |
| Anexo I | Tipo 1 | Complementa diretamente a parte geral da NR. |
| Anexo II | | |

Fonte: PCMAT, 2018

Como o canteiro de obras é um ambiente de trabalho muito específico da construção civil. Dessa forma, oferece riscos aos colaboradores. Garantir a segurança

de um canteiro de obras exige extrema responsabilidade – pois não abrange apenas o bom andamento do projeto, mas também o fiel cumprimento das normas que o regulam e, principalmente, a integridade daqueles que o estão executando. Por sua vez, existem inúmeras causas para os acidentes em um canteiro de obras. A situação é agravada pela elevada rotatividade observada no setor, o que limita o treinamento e a necessária experiência para uma adequada prevenção. Segundo a NR 18.13 existem medidas de proteção contra quedas de altura

É obrigatória a instalação de proteção coletiva onde houver risco de queda de trabalhadores ou de projeção de materiais.

As aberturas no piso devem ter fechamento provisório resistente.

As aberturas, em caso de serem utilizadas para o transporte vertical de materiais e equipamentos, devem ser protegidas por guarda-corpo fixo, no ponto de entrada e saída de material, e por sistema de fechamento do tipo cancela ou similar.

Os vãos de acesso às caixas dos elevadores devem ter fechamento provisório de, no mínimo, 1,20m (um metro e vinte centímetros) de altura, constituído de material resistente e seguramente fixado à estrutura, até a colocação definitiva das portas.

É obrigatória, na periferia da edificação, a instalação de proteção contra queda de trabalhadores e projeção de materiais a partir do início dos serviços necessários à concretagem da primeira laje.

Além de algumas atribuições do operador:

- a) manter o posto de trabalho limpo e organizado;
- b) instruir e verificar a carga e descarga de material e pessoas dentro da cabine;
- c) comunicar e registrar ao engenheiro responsável da obra qualquer anomalia no equipamento;
- d) acompanhar todos os serviços de manutenção enquanto executados no equipamento.

A NR 18 diz que deve ser observados os seguintes requisitos de segurança durante a execução dos serviços de montagem, desmontagem, ascensão e manutenção do elevador:

- a) isolamento da área de trabalho;

b) proibição da execução de outras atividades nas periferias das fachadas onde estão sendo executados os serviços;

c) proibição de execução deste tipo de serviço em dias de condições meteorológicas não favoráveis como chuva, relâmpagos, ventanias, etc.

Quadro 2: Áreas de Vivência

| NORMA REGULAMENTADORA - NR 18 (Redação antiga – Portaria MTb n.º 261, de 18 de abril de 2018) | NORMA REGULAMENTADORA - NR 18 (Publicada - Portaria nº 3.733, de 10 de fevereiro de 2020) |
|--|---|
| Corresponde ao item 18.4.2.4 que foi realocado aqui | 18.5.3 A instalação sanitária deve ser constituída de lavatório, bacia sanitária sifonada, dotada de assento com tampo, e mictório, na proporção de 1 (um) conjunto para cada grupo de 20 (vinte) trabalhadores ou fração, bem como de chuveiro, na proporção de 1 (uma) unidade para cada grupo de 10 (dez) trabalhadores ou fração. |
| Item novo | 18.5.4 É obrigatória, quando o caso exigir, a instalação de alojamento, no canteiro de obras ou fora dele, contemplando as seguintes instalações: |
| e) cozinha, quando houver preparo de refeições; | a) cozinha, quando houver preparo de refeições; |
| Item novo | b) local para refeição; |
| Item novo | c) instalação sanitária; |
| f) lavanderia; | d) lavanderia, dotada de meios adequados para higienização e passagem das roupas; |
| g) área de lazer; | e) área de lazer, para recreação dos trabalhadores alojados, podendo ser utilizado o local de refeição para este fim; |
| h) ambulatório, quando se tratar de frentes de trabalho com 50 (cinquenta) ou mais trabalhadores. | Item excluído |
| Corresponde ao item 18.4.2.3, alínea j, que foi realocado aqui | 18.5.5 Deve ser de, no máximo, 150 m (cento e cinquenta metros) o deslocamento do trabalhador do seu posto de trabalho até a instalação sanitária mais próxima. |
| Corresponde ao item 18.37.2 que foi realocado aqui | 18.5.6 É obrigatório o fornecimento de água potável, filtrada e fresca para os trabalhadores, no canteiro de obras, nas frentes de trabalho e nos alojamentos, por meio de bebedouro ou outro dispositivo equivalente, na |

| NORMA REGULAMENTADORA - NR 18 (Redação antiga – Portaria MTb n.º 261, de 18 de abril de 2018) | NORMA REGULAMENTADORA - NR 18 (Publicada - Portaria nº 3.733, de 10 de fevereiro de 2020) |
|--|---|
| | procedimentos operacionais, os materiais, as ferramentas e outros dispositivos necessários à execução segura da tarefa. |
| Corresponde ao item 18.37.7.5 que foi realocado aqui | 18.4.6.3 A documentação relativa à adoção de soluções alternativas integra o PGR do canteiro de obras, devendo estar disponível no local de trabalho e acompanhada das respectivas memórias de cálculo, especificações técnicas e procedimentos de trabalho. |
| 18.4 Áreas de Vivência | 18.5 Áreas de vivência |
| 18.4.1 Os canteiros de obras devem dispor de: | 18.5.1 As áreas de vivência devem ser projetadas de forma a oferecer, aos trabalhadores, condições mínimas de segurança, de conforto e de privacidade e devem ser mantidas em perfeito estado de conservação, higiene e limpeza, contemplando as seguintes instalações: |
| a) instalações sanitárias; | a) instalação sanitária; |
| b) vestiário; | b) vestiário; |
| c) alojamento; | Este item foi levado para o 18.5.1, alínea d |
| d) local de refeições; | Este item foi levado para o 18.5.1, alínea c |
| Corresponde ao item 18.4.1, alínea d, que foi realocado aqui | c) local para refeição; |
| Corresponde ao item 18.4.1, alínea c, que foi realocado aqui | d) alojamento, quando houver trabalhador alojado. |
| Item novo | 18.5.2 As instalações da área de vivência devem atender, no que for cabível, ao disposto na NR-24 (Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho). |

| NORMA REGULAMENTADORA - NR 18 (Redação antiga – Portaria MTb n.º 261, de 18 de abril de 2018) | NORMA REGULAMENTADORA - NR 18 (Publicada - Portaria nº 3.733, de 10 de fevereiro de 2020) |
|--|--|
| | proporção de 1 (uma) unidade para cada grupo de 25 (vinte e cinco) trabalhadores ou fração, sendo vedado o uso de copos coletivos. |
| Corresponde ao item 18.37.2.1 que foi realocado aqui | 18.5.6.1 O fornecimento de água potável deve ser garantido de forma que, do posto de trabalho ao bebedouro ou ao dispositivo equivalente, não haja deslocamento superior a 100 m (cem metros) no plano horizontal e 15 m (quinze metros) no plano vertical. |
| Corresponde ao item 18.37.2.2 que foi realocado aqui | 18.5.6.2 Na impossibilidade de instalação de bebedouro ou de dispositivo equivalente dentro dos limites referidos no subitem anterior, as empresas devem garantir, nos postos de trabalho, suprimento de água potável, filtrada e fresca fornecida em recipientes portáteis herméticos. |

Fonte: NR 18, 2018

2.1 Evolução Histórica da Segurança do Trabalho

Nos tempos coloniais, no Brasil, os escravos laboravam mais 18 horas diárias, permanecendo os seus donos no dever de dar castigos para assegurar uma melhor eficiência e subordinação no trabalho. Isto transformava a mão de obra escrava quase que irrelevante, visto que, em 1730, a duração da vida de um escravo moço era de somente 12 anos. No século XIX, houve restrições colocadas sobre o tráfico de escravos, os donos mostraram apreensão com o bem-estar dos escravos, procurando assegurar um tempo mais elevado de vida da sua força de trabalho de suas “propriedades” (OLIVEIRA, 2012).

Tradicionalmente, a verificação do trabalho mostrou-se no século XIX, junto à Revolução Industrial e ao alicerçamento da maneira de fabricação capitalista. Com o aparecimento na Inglaterra da vistoria do trabalho, através do ALTHORP ACT e do FACTORY ACT (1833), passando por várias transformações causadas pelas recentes tecnologias cabíveis aos métodos produtivos e pelas distintas maneiras de arrumação do trabalho (CÔRTEZ; SILVA, 2011).

Observa-se que acidentes com pessoas em seu trabalho ocorreram desde sempre, por causa das circunstâncias e atos sem segurança. Até na pré-história o indivíduo em seu dia a dia, esteve regularmente sujeito a riscos que faziam parte de sua briga pela vida. Os acidentes e as doenças do trabalho são a culminância de um longo e duro processo de exploração e das péssimas condições de trabalho a que os trabalhadores foram expostos e obrigados a suportar, por falta de outras opções que lhes garantam a sobrevivência.

Com a Revolução Industrial, segundo MOTERLE (2014), máquinas foram inventadas e melhoradas para acompanhar a industrialização que se expandia, trazendo acompanhados novos perigos. Dessa maneira, as leis de trabalho, bem como pesquisas no setor de segurança ao trabalhador, vêm passando por constantes modificações, visto que a proteção ao trabalhador tem criando altas apreensões nos países industrializados. A construção civil é uma das atividades mais antigas do mundo, trazendo consigo vários perigos de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. Desta maneira, tem recebido uma seriedade exclusiva pela legislação, para a segurança do trabalhador deste setor.

Segundo Dwyer (1994), na Europa pré-industrial, “os incidentes assemelham-se a como castigo pelo pecado, um dos fundamentos de motivos mais normais”. Para Barbosa e Ramos (2012), os acidentes de trabalho foram vistos, no passado, ao longo dos séculos, como ocorrências normais, corriqueiras e inerentes ao exercício de uma atividade, sendo os acidentes considerados somente uma consequência infeliz e inevitável. Apenas a recuperação dos acidentados, quando possível, despertava algum interesse social, sendo que a dimensão total do impacto econômico do problema, afetando as empresas e os países como um todo, não era levada em consideração.

Pode ser notado que acidentes e doenças do trabalho ocorrem em contextos históricos, relações sociais e em condições materiais determinadas, porém o seu crescente volume, a gravidade e a diversidade tipológica dos acidentes e das doenças do trabalho são um fenômeno eminente das relações capitalistas de produção. Depois da Revolução Industrial e o surgimento de máquinas, os acidentes de trabalho tornaram-se mais comuns, além de existir um baixo interesse sobre as causas destes acidentes e doenças ocupacionais.

Segundo Chibinski (2011), com a Revolução Industrial e suas jornadas de trabalho (de 14 horas em média) e a procura de mão de obra comum, ou seja, de crianças, o Parlamento inglês pressionado confirmou em 1802, a “Lei de Saúde e Moral dos Principiantes” que colocou um limite de 12 horas de jornada de trabalho diária, coibiu o trabalho durante a noite e colocou regras de higiene nas indústrias. Foi apenas a partir do final da década de 80 as definições de saúde do trabalhador abarcam a ganhar espaço no Brasil, por causa do grande alcance da denominada Medicina Social Latina no desenvolvimento de profissionais de medicina e, à briga de poucos sindicalistas a favor de melhores categorias de trabalho (PINHEIRO, 2012).

Inicialmente, como falam os autores Côrtes e Silva (2011), com o surgimento do acordo de trabalho, os avaliadores do trabalho se limitavam a vigiar a execução das iniciais leis de proteção e a tutelares aparências mais particulares e fundamentalmente defensivos a que estavam compelidos por uma circunstância de extrema submissão do colaborador.

Nos dias atuais, a complicação cada vez mais elevada das relações trabalhistas determina que o avaliador das condições de trabalho tenha um bom jogo de cintura. Contudo, além disso, o jeito multidisciplinar que determina um entendimento dos inspetores explica tanto a expansão de seu preparo em outras matérias relacionadas como a incorporação a estes, quanto carreiras técnicas.

2.2 A Importância de Uma Gestão Eficiente no Canteiro de Obras

A gestão de obras, no Brasil, é uma atribuição de engenheiros civis e arquitetos, regulamentada pela Lei 5.194, de 1966. Gerenciar uma obra quer dizer administrar, o horário, os meios e o pessoal dentro e fora do canteiro de obras. Com fim de realizar o planejamento, o cronograma e a previsão financeira proposta no orçamento do projeto inicial. Com uma gestão atuante pode-se prevenir falhas nas etapas de construção e antecipar imprevistos. Resguardando seu projeto de danos, atrasos e prejuízos, que prejudiquem a qualidade e o tempo da entrega (MORTELE, 2014).

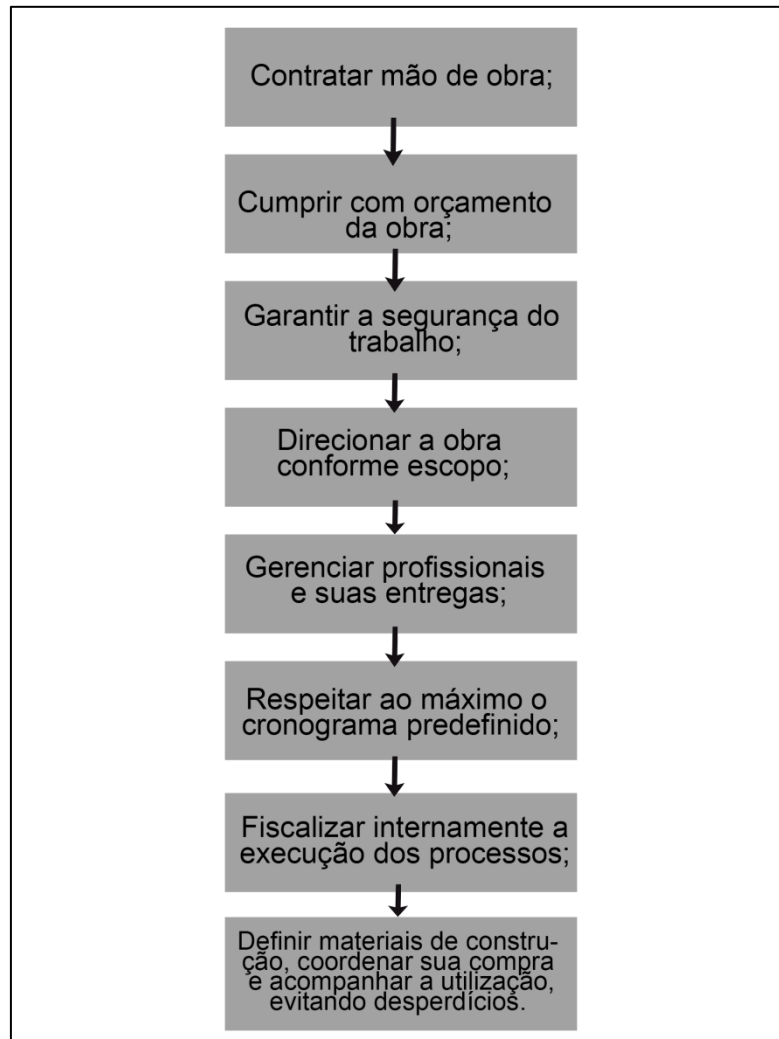
De acordo com NAKAMURA, (2014):

Gerenciar uma obra significa administrar, simultaneamente, o cumprimento do cronograma e a previsão financeira, gerindo profissionais que têm formações e práticas diversas. Quem assume essa função é o gestor que deve dominar custos, contratos, prazos, ser organizado e um bom gestor de pessoas.

Como dito nos parágrafos anteriores, o quadro de colaboradores relacionados em uma obra é enorme e variado. Diante disso, a gestão e supervisão frequente através de uma coordenação de obras é essencial. A gestão do canteiro de obras é de grande importância para a organização. Com ela, é possível ampliar e aperfeiçoar a associação do planejamento do canteiro com o restante da organização. Pode-se evitar problemas que precisam do tempo dos responsáveis e, por consequência, criam atrasos em serviços.

Votorantim (2017) diz que, entre as etapas que compõem o gerenciamento, podemos destacar:

Figura 2: As etapas que compõem o gerenciamento



Fonte: Votorantim (2017)

Acidentes de trabalho são normais dentro do canteiro de obras e podem ser evitados com uma gestão. Para algumas obras, possuir profissionais especializados — como um apontador ou um almoxarife — pode ajudar na gestão do canteiro. Atividades de controle de materiais e armazenagem, de equipes e ferramentas realizadas por esses profissionais melhoram e contribuem para a arrumação de sua obra (PINTO et. al. 2016).

Ter todo um pessoal bem treinado em relação às ferramentas de proteção individual (EPI) e uma gestão atuante é um diferencial. Observa-se que uma gestão operante atua em várias frentes, tanto na coordenação, como no planejamento e também no andamento e verificação de uma obra. Ela deve ter um pessoal

especializado em todo processo de construção, com a habilidade de enfrentar problemas e gerir corretamente o time e a obra. Uma ou duas pessoas não são o suficiente para fiscalizar o fluxo de trabalhadores que utilizam seus EPI' S.

Gerenciar o andamento do canteiro de obras é essencial. No entanto, ter o comando total, conhecer o que cada colaborador necessita fazer, qual a duração que deve levar quais equipamentos necessários para a segurança deste e se estão corretamente usados, quando certos produtos estão acabando, quanto ainda vai ser preciso, entre outras várias procedimentos de um canteiro de obras, é um trabalho árduo para o gestor (CÔRTEZ; SILVA, 2011).

Observa-se que na construção civil, uma boa gestão possui um plano de ação bem estabelecido para cada parte do trabalho, de maneira que as funções de cada grupo de colaboradores sejam executadas organizadas, impedindo a improvisação por parte dos funcionários. E assim diminuindo os riscos de atrasos e acidentes, já que a supervisão se torna maior. Dessa forma, é possível apontar como função da gestão em uma obra a necessidade de direcionar e conferir se seus trabalhadores estão com todos seus equipamentos. Para a Construção Civil atingir, em todas as áreas, os objetivos determinados precisa de uma gestão atuante.

Construção civil está entre os setores com maior risco de acidentes de trabalho. Um dos segmentos que mais registram acidentes de trabalho no Brasil, a construção civil é o primeiro do país em incapacidade permanente, o segundo em mortes (perde apenas para o transporte terrestre) e o quinto em afastamentos com mais de 15 dias. O setor é um dos alvos da Campanha Nacional de Prevenção de Acidentes do Trabalho (Canpat), lançada em abril pela Secretaria Especial de Previdência e Trabalho do Ministério da Economia, que se estende até novembro (FAGUNDES, 2018).

Construção civil está entre os setores com maior risco de acidentes de trabalho. Um dos segmentos que mais registram acidentes de trabalho no brasil, a construção civil é o primeiro do país em incapacidade permanente, o segundo em mortes (perde apenas para o transporte terrestre) e o quinto em afastamentos com mais de 15 dias. O setor é um dos alvos da campanha nacional de prevenção de acidentes do trabalho

(CANPAT), lançada em abril pela secretaria especial de previdência e trabalho do ministério da economia, que se estende até novembro (FAGUNDES, 2018).

O mais recente Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho (AEAT) aponta que em 2017 ocorreram 549.405 acidentes de trabalho em todo o país. Na construção civil, foram 30.025, equivalente a 5,46% de todos os casos. O número de afastamentos do emprego por mais de 15 dias por conta das atividades profissionais no Brasil foi de 142.782. No setor, o número chegou a 11.894 na construção – 8,3% do total.

O setor é bastante representativo – em 2017 havia 1,8 milhão de pessoas trabalhando na área – e que a natureza da atividade na construção civil é perigosa. Mas pondera que a maioria dos acidentes poderia ser evitada se fossem tomadas medidas preventivas.

Para reduzir os riscos de acidentes de trabalho na construção civil existem regras dispostas na Norma Reguladora 18 (NR-18), que trata especificamente da saúde e segurança na Construção Civil. Para conhecimento e aplicação dessa regulamentação é preciso treinamento inicial e periódico (por fase da obra), com duração de seis horas.

É importante também conhecer e seguir as Recomendações Técnicas de Procedimento publicadas pela FUNDACENTRO- RTP. Todo canteiro de obra deve contar com uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) ou um representante. É fundamental que o ambiente de trabalho esteja preparado de acordo com as normas e que os operários adotem medidas de segurança (FAGUNDES, 2018).

É importante lembrar que a prevenção de acidentes não se resume aos Equipamentos de Proteção Individual. As proteções coletivas e a organização do trabalho são as principais medidas de gerenciamento dos riscos ocupacionais. A Canpat tem o objetivo justamente de contribuir para que no Brasil todos tenham uma cultura de prevenção, entendendo os riscos e as melhores soluções em cada atividade.

Caso o empregado se sinta inseguro ou vítima de negligência, a orientação da Coordenação-Geral de Segurança e Saúde no Trabalho é conversar com a Cipa e o

Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT) da empresa. Se não houver êxito, a denúncia deve ser feita ao sindicato da categoria ou na unidade mais próxima da Rede de Atendimento do Trabalhador. Em 2017, mil pessoas não puderam retornar ao trabalho ou retornaram com limitações porque ficaram com algum tipo de incapacidade permanente, o que representa 7,9% do total de 12.651 casos. E 227 pessoas morreram de um total de 2.096 (10,8%).

Enquanto a taxa de mortalidade no trabalho no Brasil é de 5,21 mortes para cada 100 mil vínculos, na construção civil a taxa é de 11,76 casos para cada grupo de 100 mil. As principais causas destes acidentes são impactos com objetos, quedas, choques elétricos e soterramento ou desmoronamento. “Tem que considerar que o risco na construção civil é muito maior do que no serviço público, por exemplo. Mas também não dá para justificar o alto número de acidentes com isso, porque há procedimentos e equipamentos que, se adotados, evitariam esses acidentes e mortes” (FAGUNDES, 2018).

Gráfico 2: Total de óbitos na construção civil



Fonte: AEAT (INSS, 2020)

Os dados presentes no AEAT se referem apenas ao mercado formal, não considerando a informalidade, onde os acidentes acontecem e não são registrados. “De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) Contínua, a informalidade na construção civil gira em torno de 40% na média do Brasil e até 60% em alguns estados. Esses trabalhadores informais atuam certamente em

situação mais precária, mas os acidentes que eles sofrem não entram na estatística”, disse.

Os casos de adoecimento no setor também são destacados pelo auditor. Segundo ele, os mais comuns são de lombalgia, perda auditiva induzida por ruído e doenças do sistema respiratório por exposição a poeiras. “Embora os dois últimos não apareçam nas estatísticas, sabe-se que são fatores importantes em todos os tipos de obra”, (FAGUNDES, 2018).

Prejuízos decorrentes de acidentes ocupacionais são muitas vezes imensuráveis, os trabalhadores voltam ao serviço com medo e a imagem da empresa sofre desgaste. Em caso de negligência por parte do empregador, há a possibilidade de pagar indenização ao INSS ou até responder a processo criminal por lesão corporal ou homicídio culposo, dependendo da situação (FAGUNDES, 2018).

MÉTODOS DE ANÁLISE

A pesquisa trará um enfoque qualitativo por trabalhar com as percepções dos pesquisados e descritivo, pois tem o objetivo descrever um determinado fenômeno (GIL, 1987). Esse estudo também se baseará em uma pesquisa bibliográfica, sobre Segurança do Trabalho, a partir da revisão de publicações científicas sobre o assunto. A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído, principalmente, de livros e artigos científicos e é importante para o levantamento de informações básicas sobre os aspectos direta e indiretamente ligados à nossa temática (OLIVEIRA *apud* VERGARA, 2000).

Uma vez coletadas as informações necessárias à pesquisa, tais dados foram descritos e agrupados, conforme os objetivos que respondem, para uma primeira análise do conteúdo das variáveis, individualmente. Posteriormente, fez-se uma análise da legislação aplicável aos trabalhos desenvolvidos com base na NR-18, procurando cruzar as informações, que no caso, são as variações no layout do canteiro como meio de se perceber as relações entre elas, a redução de acidentes e aumento da produtividade, através das medidas de controle e planejamento.

Figura 3: Canteiro de Obras



Fonte: Autor, 2021

ANÁLISE E RESULTADOS

Para tornar claro todos os tópicos discutidos na pesquisa e determinar as condições estabelecidas nos objetivos, os resultados foram divididos em duas abordagens: pesquisa de campo e estudo bibliométrico.

Pesquisa de Campo

Foi observado o canteiro de obra na obra de Construção de Escola localizada no município de São João dos Patos-MA, onde a execução de depósito no canteiro de obra é em chapa de madeira compensada, não incluso mobiliário, execução do seu refeitório também feito em chapa de madeira compensada, não incluso mobiliário e equipamentos. A execução do reservatório elevado de água (2000 litros), apoiado em estrutura de madeira. Foi feita uma fossa séptica pré-moldada, tipo oms, capacidade 30 pessoas ($v=2710$ litros), placa de obra em chapa de aço galvanizado aluguel container largura de 2,20m, comprimento 6,20m, altura 2,50m chapa de aço, trapez forro com isolamento termo/acústico, chassi reforçados, piso 15 compensado, tapume de chapa de madeira compensada, $e=6$ mm, com pintura a cal e reaproveitamento de 2x, instalações provisórias de luz e força. O canteiro de obras teve um custo R\$ 87.550,32.

Figura 4: Execução Canteiro de Obras



Fonte: Autor, 2021

O estudo de um planejamento operacional é de vital importância para o desenvolvimento dos processos e poderá contribuir com melhores resultados, otimizando a qualidade e produtividade a todos os envolvidos no serviço. Planejar é transformar de forma objetiva a elaboração de um orçamento, é projetar um cronograma físico, cujo objetivo é atender os custos e prazos de forma definida. No entanto, as vertentes estão mudando, muitas construtoras buscam padronização dos processos e estão cada vez mais investindo em um planejamento operacional mais conciso e eficaz, buscando desenvolver novas tecnologias em confluência aos métodos construtivos, trazendo racionalização às construções, gerando maior competitividade, redução de custos e melhor renome no mercado em atividades sustentáveis (LIMMER, 2015).

Figura 5: Armazenamento Canteiro de Obras



Fonte: Autor, 2021

No canteiro de obra da construção estudada foi observado o armazenamento dos materiais, a organização e se o canteiro segue a normas da NR 18.

Figura 6: Armazenamento Canteiro de Obras



Fonte: Autor, 2021

CONCLUSÕES

A segurança no trabalho é uma questão que deve ser amplamente discutida para que aumente a visibilidade das técnicas utilizadas pelas empresas para sensibilização dos seus colaboradores no sentido de que se obtenha mais engajamento no cumprimento das regras e medidas de segurança. Considerando o objetivo desta pesquisa que foi de verificar o comportamento dos trabalhadores da

construção civil quanto a implementação de medidas de segurança nas atividades laborais em uma obra na cidade de São João dos Patos – Ma. Assim, considera-se que nessa pesquisa foi possível observar a importância de uma gestão atuante na construção civil através de uma pesquisa, uma vez que essa pesquisa poderá contribuir de forma significativa para as obras. Sendo inicialmente, percebidas melhorias que acarretarão em uma situação tanto financeiras quanto social satisfatórias, seja através de mudanças que podem ocorrer na forma de coordenar as obras como no modo de perceber a gestão, o que proporcionará condições mais seguras de trabalho para os colaboradores como uma maior organização do canteiro de obras.

Adoção de práticas corretas de gestão dará uma maior credibilidade a organização, como a engenheiros civis, arquitetos e urbanistas, proporcionando uma imagem melhor diante de fornecedores, clientes, colaboradores e sociedade.

Por fim, notou-se que a obra foco desse estudo cumpre todas as normas regulamentadoras exigidas no setor da construção civil, ela atente seu olhar para seus colaboradores no sentido de estar sempre reforçando a importância da questão da segurança, já que, essa também deve ser uma medida administrativa/gerencial que deve fazer parte da cultura organizacional, para que os colaboradores mantenham-se sempre atentos e engajados a essas questões.

5.2 Trabalhos Futuros

Em função da indisponibilidade de algumas informações e do tempo para a conclusão desta pesquisa, recomenda-se trabalhos futuros a incorporação de um cálculo matemático para uma análise de custos para obra quando a gestão acompanha corretamente a implantação do canteiro de obra. Além de uma análise do custo de um trabalhador da construção acidentado para a sociedade. E recomenda-se um estudo de como o trabalhador da construção civil observa os riscos diários de acidentes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter nos dado saúde e sabedoria para chegar tão longe, nesse que era nosso principal objetivo. Agradecer a instituição de ensino FAESF, a nossa orientadora

Itaynara Araújo que com muita paciência, incentivo e correções nos conduziu até aqui. Obrigado aos amigos por toda forma de motivação e apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, Luana Oliveira; RAMOS, Wyuk. **IMPORTÂNCIA DA PREVENÇÃO DE ACIDENTES NO SETOR DE CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO EM UBERLÂNDIA, MINAS GERAIS, BRASIL**. Revista Conhecimento Online – Ano 4 – Vol. 2 – 2012.
- BERNARDES, M.M.S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- BIANCHINI, Glauco Fabricio et al. **SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL - UM ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO EM CIDADES DO INTERIOR DE SÃO PAULO**. João Pessoa/PB, Brasil, 2016.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. **Lei nº 6229, de 17 de julho de 1975**. Dispõe sobre a organização do Sistema Nacional de Saúde. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, p. 8921, set. 1992.
- CÔRTEZ, Áquila Silva; SILVA, Luciano Souza Da, **A IMPORTÂNCIA DA CONSCIENTIZAÇÃO DOS TRABALHADORES DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Governador Valadares, dezembro de 2011.
- CHIBINSKI, Murilo. **Introdução à Segurança do Trabalho**. Instituto Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2011.
- DWYER, T. **Uma concepção sociológica dos acidentes do trabalho**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 22, n. 81, p. 15-19, jan./mar. 1994.
- GIL, Antônio Carlos, 1946-. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo; Atlas, **1987**.
- JÚNIOR, Jadir Ataíde D. **Segurança Do Trabalho Em Obras De Construção Civil: Uma Abordagem Na Cidade De Santa Rosa-Rs**. Santa Rosa-RS, 2002.
- LIMMER, Carl V. (Carl Vicente). **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras / Carl Vicente Limmer – Rio de Janeiro: LTC, 2015**.
- LEAL; Ana Márcia. **NOÇÕES BÁSICAS DE HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO. ESCOLA DE ESPECIALISTAS DE AERONÁUTICA**. GUARATINGUETÁ, SP 2011.
- MONTEDO, Caroline Vieira. **A Importância Da Gestão De Projeto E Sua Reflexibilidade No Tempo Da Construção Civil**. Rio de Janeiro, 2019.

MOTERLE, Neodimar. **A IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO EM UM CANTEIRO DE OBRA NA CIDADE DE PATO BRANCO - PR.** PATO BRANCO, 2014.

NAKAMURA, Juliana. Como fazer gerenciamento de obras. PINI Revistas. Ed. 245, ago. 2014.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira. **METODOLOGIA CIENTÍFICA: Um manual para a realização de pesquisas em administração.** Catalão – GO. 2011.

PINHEIRO, Cleber de Souza. **Introdução à Segurança no Trabalho.** Instituto Formação Cursos Profissionalizantes, 2012.

PEIXOTO, Neverton Hofstadler. **Curso técnico em automação industrial: segurança do trabalho.** – 3. ed. – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.

SENA, C. G. O. **A Importância da Segurança do Trabalho na Construção Civil.** Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica. GOIAS, 2019.

VOTORANTIM CIMENTO. **A IMPORTÂNCIA DE UM BOM GERENCIAMENTO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.** 2017. Disponível em <https://www.mapadaobra.com.br/gestao/a-importancia-de-um-bom-gerenciamento-de-projetos-na-construcao-civil/> GRUPOVOTORANTIM. Acesso em abril de 2021.

ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO-BENEFÍCIO ENTRE LAJE STELL DECK E LAJE PRÉ-MOLDADA

João Victor H. E. Oliveira ¹

Leonardo Freitas Andrade ¹

Francisca Itaynara de Souza Araújo ²

Resumo:

O sistema de lajes mistas steel deck é um método construtivo que gera otimização do tempo e de produção, mas em alguns locais pode ser difícil o acesso a mão de obra especializada, bem como a disponibilidade de insumos um pouco escassa, ocorrendo deste modo uma possível elevação no preço final da construção. Em contrapartida, o sistema construtivo de lajes pré-moldadas de concreto oferece maior facilidade na obtenção de mão de obra e de insumos de materiais por ser uma técnica completamente dominada em termos locais. Por isso, realizou-se uma análise que permitisse divergir a laje mista steel deck e a laje pré-moldada, discutindo suas vantagens e desvantagens, realizando composições de custos e serviços e discutindo seu custo-benefício. Foi feita uma pesquisa exploratória, utilizando um projeto de uma edificação comercial. Foi realizada uma pesquisa de mercado para a realização das composições de custo, e em bases de dados públicas como SINAPI, ORSE e SEINFRA. Após a realização das composições de custo, as duas opções de lajes foram analisadas em diferentes critérios que nos permitissem diferenciá-las com maior clareza em relação ao custo-benefício e posteriormente concluir que apesar de ser uma laje com maior investimento em relação a pré-moldada, torna-se uma opção bastante competitiva pela sua velocidade de execução, trabalho simultâneo e menor geração de resíduos na obra, trazendo um ótimo custo-benefício, principalmente ao se tratar de obras de médio a grande porte.

Palavras-chave: Composição; Orçamentação; Pré-moldada; Steel deck.

Abstract:

The steel deck composite slab system is a construction method that generates optimization of time and production, but in some locations it can be difficult to access skilled labor, as well as the availability of inputs a little scarce, thus occurring a possible increase in the final price of the construction. In contrast, the construction system of precast concrete slabs offers greater ease in obtaining labor and material inputs because it is a technique completely dominated in local terms. Therefore, an analysis was carried out to allow the divergence of the mixed steel deck slab and precast slab, discussing their advantages and disadvantages, performing cost and service compositions and discussing their cost effectiveness. An exploratory research was carried out, using a commercial building project. A market research was carried out for the cost compositions, and in public databases such as SINAPI, ORSE and SEINFRA. After performing the cost compositions, the two slab options were analyzed according to different criteria that allowed us to differentiate them more clearly in relation to cost-benefit and then conclude that despite being a slab with higher investment compared to precast, it becomes a very competitive option for its speed of execution, simultaneous work and lower waste generation on site, bringing a great cost-benefit, especially when dealing with medium to large works. , especially when dealing with medium to large works.

Keywords: Composition; Budgeting; Precast; Steel deck.

INTRODUÇÃO

O sistema de lajes mistas, modelo steel deck, surgiram nos Estados Unidos do ano de 1950. A laje steel deck ou laje com forma colaborante é formada a partir da combinação do aço ao concreto e a telas eletrossoldadas. A estrutura metálica galvanizada age como armadura positiva, servindo também de forma durante a concretagem, enquanto as telas eletrossoldadas agem como armadura negativa (SIEG, 2015). A armadura positiva e negativa são armações que tem a função de combater os esforços solicitados na estrutura.

Esse sistema está em constante expansão e atualmente vem sendo empregado em cidades de médio porte, como Floriano-PI. Por exemplo, o novo empreendimento de ramo comercial, denominado Empresa A, dispendo de supermercado, mall de lojas, áreas administrativas e depósitos, optou em seus projetos pelo uso deste sistema construtivo. Há também a obra da Empresa B, em fase de construção, trata-se de um edifício com salas comerciais que também utiliza desta mesma tecnologia de construção.

O prazo e os custos são fatores bastante discutidos no decorrer da execução de um projeto. O uso da laje mista steel deck é uma excelente opção que vem para trazer melhorias no processo construtivo no que diz respeito à velocidade de execução e de uma construção limpa e sustentável, porém há opções mais baratas como a pré-moldada. Os dois sistemas estruturais têm suas peculiaridades e a utilização de um ou de outro depende do tipo de obra.

O fator financeiro é algo que diverge esses dois tipos de lajes e que pode afetar na escolha final. Posto isto, este trabalho discutiu alguns objetivos, comparando as vantagens e desvantagens dos dois modelos construtivos, fazendo uma análise orçamentária utilizando as composições de custos para cada sistema construtivo, analisando critérios que nos permitiram observar uma análise justa para cada situação de obra e discutindo a sua viabilidade técnica para a cidade de Floriano-PI.

Este trabalho foi dividido em 4 seções: Na seção 2, é discutido 2 tipos de lajes: A steel deck e a pré-moldada. Na seção 3, temos o método de análise imposto para a

pesquisa e sua localização. Na seção 4, é mostrado o desenvolvimento da pesquisa exploratória, com alguns dados obtidos em campo, nos permitindo avançar até os resultados. Por fim, na seção 5 é feita a conclusão desta pesquisa com base nos dados analisados.

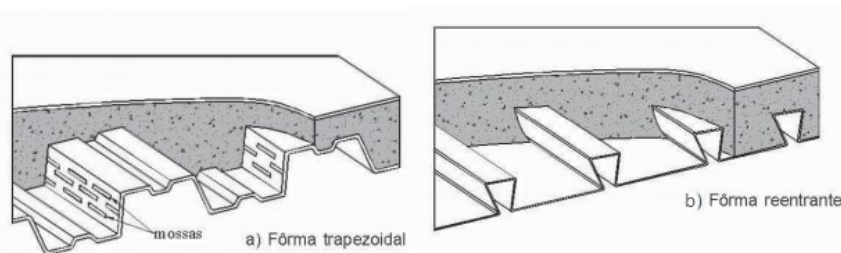
Laje STEEL DECK e LAJE pré-moldada

O sistema de laje mista steel deck, também conhecido como lajes com forma de aço incorporada, são aquelas em que a forma de aço faz parte do sistema estrutural como um todo após a etapa de concretagem. Neste sistema, o aço funciona como armadura positiva para as cargas de serviço, visto que o aço é um ótimo elemento para trabalhar sob solicitação de tração (QUEIROZ, 2012).

Neste sistema, o concreto atua estruturalmente em conjunto com a forma de aço, sendo que a forma de aço funciona como parte ou como toda a armadura de tração da laje. Na fase inicial, ou seja, antes de o concreto atingir 75% da resistência à compressão especificada, a forma de aço suporta isoladamente as ações permanentes e a sobrecarga de construção (Associação Brasileira de Normas Técnicas 8800, 2006). Esse tipo de laje é composto ainda por uma malha eletro soldada, que ajudam no controle de fissuras.

Diferentes tipos de formas podem ser utilizados no sistema steel deck, cada um com formato e função diferentes, como mostrado na Figura 3. Por exemplo, a forma trapezoidal possui mossas que servem para ligação entre o aço e o concreto trazendo mais aderência, já a forma reentrante tem como função “prender” o concreto, assim faz com que ele fique confinado nos cantos reentrantes (QUEIROZ, 2012).

Figura 3-Tipos de fôrmas de aço steel deck



FONTE: NBR 8800, 2008.

A laje pré-moldada, também conhecida como laje pré-fabricada, surgiu na década de 50, na Europa e desde então vem sendo utilizada em todo o mundo. Ela pode ser chamada de pré-fabricada porque pode-se comprar as vigotas já prontas e em seguida realizar a montagem da laje in loco. A laje pré-moldada é um elemento estrutural responsável por transmitir as cargas do teto ou piso em direção as vigas e pilares da construção. Ela é composta por vigotas, material de enchimento (lajotas cerâmicas ou EPS), tela metálica e capa de concreto. São produzidas por meio de processos industriais que apresentaram uma montagem unidirecional ou bidirecional. As lajes pré-moldadas são soluções sustentáveis para fins de diminuir o desperdício de materiais e energia nos processos de fabricação e controle de produção (DE OLIVEIRA, 2010).

Análise Das Vantagens E Desvantagens Entra As Lajes Steel Deck E Pré-Moldada

Uma das principais vantagens da steel deck é que o seu uso elimina totalmente ou parcialmente o uso de escoras em vãos de 2m a 4m de comprimento, permitindo o trabalho simultâneo entre as plataformas, por ser uma laje com fôrma colaborante, o próprio sistema atua como fôrma para a próxima camada de concreto, como mostrado na Figura 4 (GASPAR, 2020).

Figura 4- Trabalho simultâneo entre as lajes



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Por outro lado, a laje pré-moldada há redução na quantidade de escoramento, mas em alguns casos torna-se necessário em função do vão, como ilustra a figura 5.

O EPS ou o bloco cerâmico, pertencentes a esse sistema servem como fôrma para a concretagem, permanecendo após a cura (PRÉ-MOLD RM, 2021).

Figura 5- Escoramentos em laje pré-moldada



Fonte: Suaobra, 2021.

Ambas as alternativas de laje, tem fácil manuseio, descarga/transporte e armazenagem. Outra característica em comum é a redução da sua área de concretagem devido ao seu próprio sistema contribuir para um menor consumo de concreto e redução do peso próprio. A laje steel deck tem como aspecto interessante a capacidade de reduzir a quase zero o desperdício de materiais, contribuindo assim para um sistema mais sustentável, ponto que na laje pré-moldada deixa a desejar caso seja escolhido material cerâmico como enchimento e caso faça necessário o uso de escoramentos.

Outra característica que também é presente no sistema de lajes steel deck é a velocidade de execução superior aos demais sistemas de lajes, assim acaba tornando-se uma opção bastante competitiva visando a agilidade de execução de toda a obra (CICHINELLI, 2014). Já a pré-moldada, fornece maior facilidade para a execução de instalações elétricas e hidráulicas (PRÉ-MOLD RM, 2021).

Uma das grandes desvantagens da steel deck é o custo, estimado entre 10% a 20% mais caro que uma laje em concreto convencional. Outra desvantagem desse sistema, principalmente para pequenas e médias cidades do Brasil, é a falta de mão de obra especializada, pois, é necessário conhecer o método de instalação das formas, a fim de evitar erros (GASPAR, 2020). Já a laje pré-moldada tem a grande desvantagem de ocorrer maiores deformações com o decorrer do seu uso, se armada somente na direção dos apoios (unidirecional), pois apresentam uma distribuição

menos homogênea da armadura, formando assim futuras patologias (CARVALHO, 2004).

Outra desvantagem da laje pré-moldada segundo Dias (2017), é o acabamento no EPS que se torna dificultoso por causa da pouca aderência deste material além de alguns cuidados que devem ser tomados na hora de fazer o projeto, como orientação solar e ventilação por exemplo, que pode deixar o ambiente quente demais ou frio demais, tornando uma desvantagem. As duas alternativas de lajes, tem grandes pontos positivos que contribuem para o projeto de forma significativa.

A laje steel deck é bastante resistente, mesmo com a suas dimensões reduzidas, além da sua grande característica de vencer vãos grandes sem o uso de escoramento e a redução do consumo de concreto devido seu formato de fôrma. No entanto a laje pré-moldada, laje bem popular nas construções de residências e obras de médio porte é uma solução que também racionaliza os materiais da obra, sobretudo em relação a outros métodos como a laje maciça.

MÉTODOS DE ANÁLISE

Caracterização Metodológica

O estudo se trata de uma pesquisa exploratória. Para Gil (2008), as pesquisas exploratórias tem como principal finalidade mostrar uma visão ampla sobre determinado fato, desenvolver e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos para futuras pesquisas.

Local de Estudo

Figura 6. Local do Estudo;

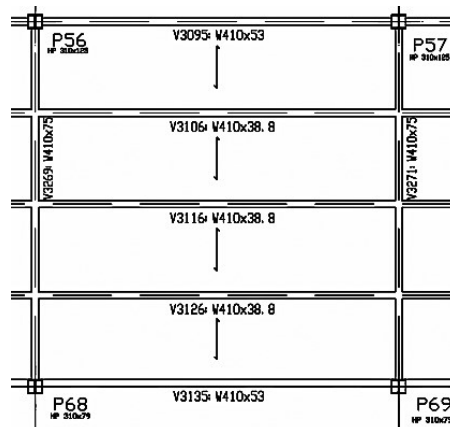


Fonte: Wikipedia, 2021.

Coleta e Tratamento de Dados

Após a análise dos dados foi feito uma composição de custos em bases de dados públicas como SINAPI, ORSE e SEINFRA que serviram como auxílio na hora de produzir a própria composição. A composição envolveu os principais insumos e serviços que compõem o sistema de lajes steel deck e o sistema de lajes pré-moldada, nos dando dados suficientes para compará-las entre si, e em seguida analisando ambas as lajes em critérios específicos para realizar a conclusão. Utilizou-se um vão de 60,84 m² como mostra o projeto estrutural na Figura 7.

Figura 7- Projeto estrutural

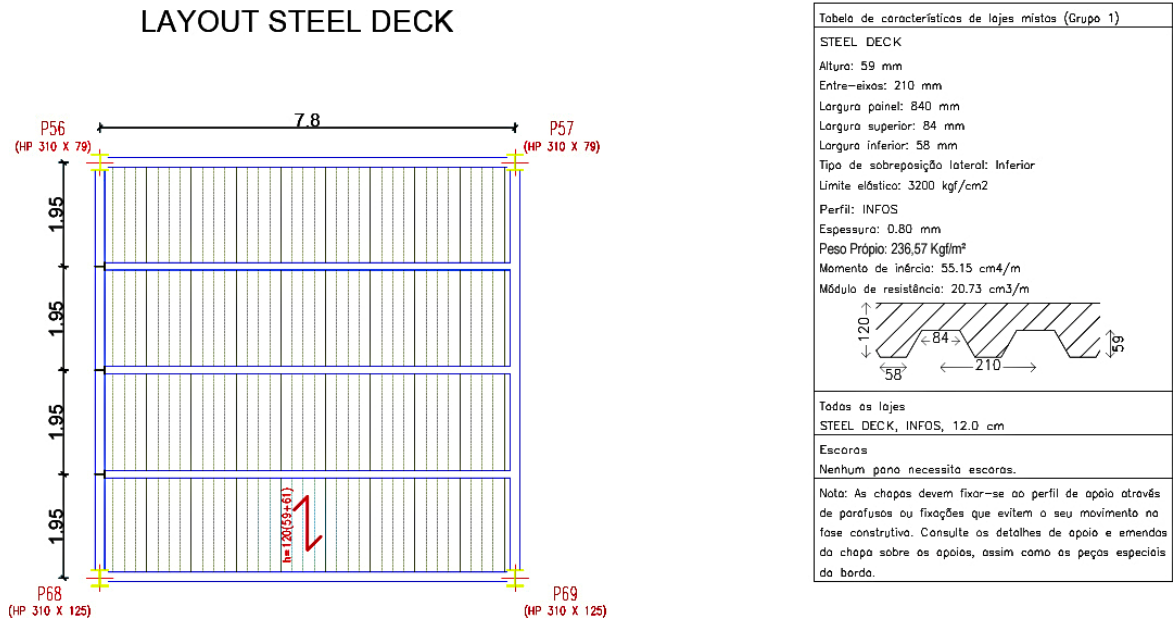


Fonte: Disponibilizado por Jorge André Paiva Aguiar, 2021.

ANÁLISE E RESULTADOS

Layout e Análise Estrutural

Figura 8- Layout laje steel deck H12 cm



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A laje steel deck do estudo já foi dimensionada, por tanto, fez-se necessário apenas mostrar a tabela de pré-dimensionamento e a sobrecarga máxima que ela suporta para o vão em questão. A tabela de dimensionamento segue as características do projeto, como o vão com apoio de 2m, a altura de 12cm e a espessura da forma de 0,80 mm como mostra a figura 9.

Figura 9- Tabela de pré-dimensionamento steel deck

ESPESSURA 0,80 mm

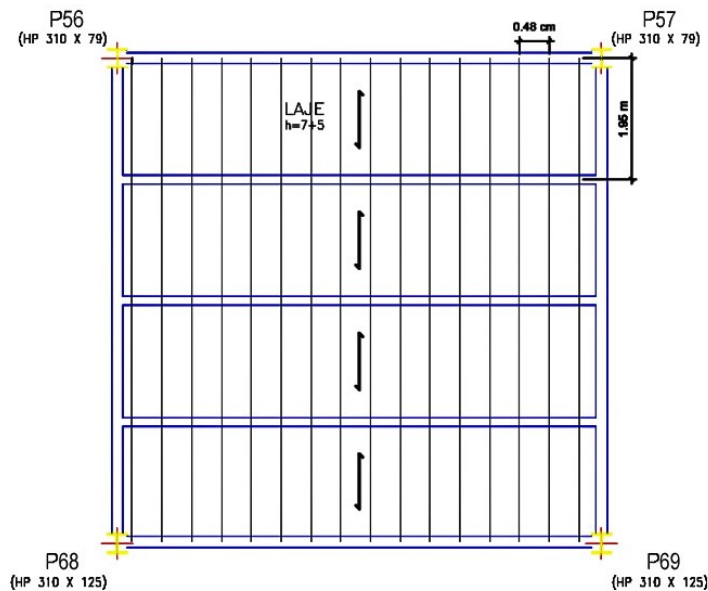
| Espessura da Laje em cm | SISTEMA 4 APOIOS - (Vão m) - Vão máximo sem escora: 3,20 m | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2,00 | 2,20 | 2,40 | 2,60 | 2,80 | 3,00 | 3,20 | 3,40 | 3,60 | 3,80 | 4,00 | 4,20 | 4,40 | 4,60 |
| 11 | 1205 | 999 | 842 | 719 | 622 | 544 | 479 | | | | | | | |
| 12 | 1326 | 1099 | 927 | 792 | 685 | 598 | 315 | 256 | | | | | | |
| 13 | 1447 | 1200 | 1012 | 865 | 748 | 654 | 341 | 276 | | | | | | |
| 14 | 1569 | 1301 | 1097 | 937 | 811 | 450 | 366 | 296 | | | | | | |
| 15 | 1691 | 1402 | 1182 | 1010 | 874 | 482 | 391 | 316 | 253 | | | | | |
| 16 | 1813 | 1503 | 1268 | 1084 | 633 | 514 | 417 | 336 | 296 | | | | | |
| 17 | 1936 | 1605 | 1353 | 1157 | 673 | 547 | 443 | 357 | 285 | | | | | |
| 18 | 2058 | 1707 | 1439 | 1230 | 714 | 579 | 469 | 377 | 301 | | | | | |
| 19 | 2181 | 1809 | 1525 | 931 | 754 | 612 | 495 | 398 | 317 | | | | | |
| 20 | 2304 | 1911 | 1611 | 982 | 795 | 644 | 521 | 418 | 333 | 260 | | | | |
| 21 | 2427 | 2013 | 1698 | 1032 | 836 | 677 | 547 | 439 | 349 | 273 | | | | |
| 22 | 2551 | 2115 | 1343 | 1083 | 876 | 710 | 573 | 460 | 365 | 285 | | | | |
| 23 | 2674 | 2218 | 1407 | 1134 | 917 | 742 | 599 | 481 | 381 | 297 | | | | |
| 24 | 2798 | 2321 | 1470 | 1185 | 958 | 775 | 626 | 501 | 397 | 310 | | | | |
| 25 | 2922 | 1916 | 1534 | 1263 | 999 | 808 | 652 | 522 | 414 | 322 | | | | |

Sem escoramento
 Com escoramento
 As tabelas das Sobrecargas levam em consideração uma flecha de

Fonte: Catálogo polydeck 59s arcelormittal, 2021.

Figura 10- Layout laje pré-moldada H12 cm

LAYOUT LAJE TRELIÇADA



| Tabela de características de lajes de vigotas (Grupo 1) |
|--|
| LAJE DE VIGOTAS DE CONCRETO |
| Altura do bloco/malde: 8 cm |
| Espessura camada de compressão: 5 cm |
| Entre-eixos: 48 cm |
| Bloco/Malde: De poliestireno |
| Largura da nervura: 12 cm |
| Volume de concreto: 0,088 m ³ /m ² |
| Peso próprio: 161,1 Kgf/m ² |
| QUANTIDADE DE VIGOTAS POR PANO DE LAJE = 16 |
| COMPRIMENTO DE CADA VIGOTA = 1,95m |

| |
|-----------------------------|
| LAJE |
| Formas |
| Concreto: C 30, usina.rigor |
| Escala: 1:100 |

| DETALHAMENTO DA TRELIÇA |
|----------------------------------|
| TRELIÇA TB 8M |
| h = 8 cm |
| Diâmetro Sup. = 1 x 6.0 mm |
| Diâmetro Diagonal = 2 x 4.2 mm |
| Diâmetro Inf. = 2 x 5.0 mm |
| Adicional no Centro = 1 x 4.2 mm |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O dimensionamento da laje treliçada, como a carga permanente de impermeabilização, com valor de 8,2 Kgf/m², o seu peso próprio no valor de 161,1 Kgf e a carga acidental (Sala de ar condicionado (*fan coil*)), (NBR 6120), no valor de 500 Kgf/m², tendo uma carga total para cálculo no valor de 669,3 Kgf/m². O dimensionamento resultou na treliça detalhada acima, Figura 10.

O dimensionamento foi realizado no software do mesmo fabricante da laje steel deck, a Arcelormittal. Ao escolher o tipo de treliça TB 8M, foi inserido as informações

do vão e das cargas, em seguida o software fez o cálculo da área de aço necessária para resistir aos esforços. Os resultados são exibidos nas figuras 11 e 12.

Figura 11- Informações sobre as cargas;

Cargas distribuídas aplicadas sobre a laje


" A correta determinação das cargas atuantes na laje é imprescindível para o seu dimensionamento".

Podemos dizer que a primeira carga atuante na laje é o seu peso próprio. Em função da geometria da laje, o peso próprio desta é:
Peso da laje = 161,1 kg/m²

O segundo tipo de carga atuante serão as cargas permanentes:
Revestimento = 0,0 kg/m²
Contra-piso = 8,2 kg/m²
Outros = 0,0 kg/m²
Alvenaria Distribuída = 0 kg/m²

O terceiro tipo de carga atuante serão as cargas acidentais:
Cargas Acidentais = 500,0 kg/m²

Somando todas as cargas distribuídas na laje obtemos:
Cargas Totais = 669,3 kg/m²



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Figura 12- Informações da treliça a ser utilizada

Armação treliçada:

Diâmetro das barras:
 Superior = 6,0 mm
 Diagonal = 4,2 mm
 Inferior = 5,0 mm



Altura da treliça = 8,0 cm
 Área de aço das duas barras inferiores = 0,393cm²
 Treliça: **TB 8M = TR 8645**



Armação Treliçada + adicionais:

TB 8M + φ + φ

CA 60

Posição dos adicionais:
 dentro da vigota
 sobre a vigota

Posição dos adicionais:
 dentro da vigota
 sobre a vigota

Área dos adicionais (cm²) = **0,139** + **0,000**

CA 60
CA 50
disponíveis

Área Total dos adicionais = 0,139 cm²
Composição OK

Composição Otimizada

1 3 5 7 9
 2 4 6 8 10

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Composição De Custos Das Lajes Steel Deck E Pré-Moldada

Quadro 3: Composições de custos Steel deck

| | |
|------------------------------|---|
| Descrição | LAJE STEEL DECK PARA PISO, ESPESSURA DA CHAPA 0,80 mm, H 12 cm, FCK=30Mpa |
| Data | 30/11/2021 |
| Estado | Piauí |
| Tipo | FUES - FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS |
| Unidade | M ² |
| Valor sem Desoneração | 302,10 |

| Código (Adaptado) | Descrição | Tipo | Unidade | Valor sem Desoneração | Coeficiente | Fonte para cálculo do coeficiente | Valor sem Desoneração |
|---------------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------|-------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 88278 SINAPI | MONTADOR DE ESTRUTURA METÁLICA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS | H | 20,56 | 0,10 | Empresa A | 2,05 |
| 88317 SINAPI | SOLDADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS | H | 21,55 | 0,10 | Empresa A | 2,15 |
| 88309 SINAPI | PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS | H | 20,84 | 0,05 | Empresa A | 1,05 |
| 88316 SINAPI | SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS | H | 16,33 | 0,07 | Empresa A | 1,15 |
| 88245 SINAPI | ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS | H | 20,73 | 0,01 | Empresa A | 0,20 |
| 00000002 PRÓPRIO | PAINEL STEEL DECK E=0,80mm POLYDECK 59s | MATERIAL | M ² | 195,46 | 1,0 | ArcelorMittal | 195,46 |
| 00007155 SINAPI | TELA DE AÇO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-138, (2,20 KG/M2), DIÂMETRO DO FIO | MATERIAL | M ² | 30,15 | 1,0 | Empresa A | 30,15 |

| | | | | | | | |
|---------------------|--|-------------|----|--------|---------|-----------|-------|
| | = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPACAMENTO DA MALHA = 10 X 10 CM | | | | | | |
| 00001525 SINAPI | CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C30, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, INCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953) | MATERIAL | M³ | 459,25 | 0,087 | Empresa A | 39,95 |
| 00000003 PRÓPRIO | Caminhão Munck | EQUIPAMENTO | H | 200,00 | 0,00825 | Empresa A | 1,65 |
| 00000344 SINAPI | ARAME GALVANIZADO 16 BWG, D = 1,65MM (0,0166 KG/M) | MATERIAL | KG | 30,46 | 0,0082 | Empresa A | 0,24 |
| 00040598 SINAPI | PERFIL UDC ("U" DOBRADO DE CHAPA) SIMPLES DE ACO LAMINADO, GALVANIZADO, ASTM A36, 127 X 50 MM, E= 3 MM | MATERIAL | KG | 11,22 | 2,5 | Empresa A | 28,05 |

Fonte: Autoria própria, 2021.

Quadro 4: Composições de custos Laje pré-moldada

| | |
|----------------------------------|--|
| Descrição | LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA PISO, ENCHIMENTO EM EPS, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+4) |
| Data | 30/11/2021 |
| Estado | Piauí |
| Tipo | FUES - FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS |
| Unidade | M² |
| Valor sem Desoneração | 239,91 |

| Código (Adaptado) | Descrição | Tipo | Unidade | Valor sem Desoneração | Coefficiente | Fonte para cálculo do coeficiente | Valor sem Desoneração |
|------------------------------|--|--------------------------------|----------------|----------------------------------|---------------------|--|----------------------------------|
| 88262 SINAPI | CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS | H | 20,61 | 0,67 | Utilizou-se a proporção em relação ao valor da Composição auxiliar - SINAPI | 13,80 |
| 88316 SINAPI | SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS | H | 16,33 | 0,354 | Composição auxiliar - SINAPI | 5,78 |

| | | | | | | | |
|---------------------|--|--|----------------|--------|-------|--|-------|
| 88309 SINAPI | PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS | H | 20,84 | 0,73 | Composição Auxiliar - SINAPI | 15,21 |
| 00000004 Próprio | FABRICAÇÃO DE ESCORAS DO TIPO PONTALETE, EM MADEIRA | FUES - FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS | M | 37,28 | 0,97 | Utilizou-se o valor do pé direito para calcular um novo coeficiente para o consumo de escoramento e composição auxiliar - SINAPI | 36,16 |
| 00001525 SINAPI | CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL, CLASSE DE RESISTÊNCIA C30, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, INCLUI SERVIÇO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953) | MATERIAL | M ³ | 459,25 | 0,088 | Utilizou-se o consumo de concreto m ³ /m ² da laje pré-moldada. | 40,41 |
| 00000001 PRÓPRIO | LAJE PRE-MOLDADA CONVENCIONAL (VIGOTA+EPS) PARA PISO, UNIDIRECIONAL, SOBRECARGA DE 691,3 KG/M2, VÃO ATÉ 2 M (SEM COLOCACAO) | MATERIAL | M ² | 93,60 | 1,0 | Para a vigota foi feita uma pesquisa de mercado local (Floriano-PI), utilizando Empresa A, B e C, posteriormente fazendo a média dos valores. Para o EPS foi calculado o Valor em m ³ /m ² de laje, utilizou-se o valor do SINAPI. | 93,60 |
| 00006193 SINAPI | TÁBUA NÃO APARELHADA *2,5 X 20* CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA | MATERIAL | M | 13,42 | 2,5 | Utilizou-se a proporção em relação ao valor da Composição auxiliar - SINAPI | 33,55 |
| 00040304 SINAPI | PREGO DE AÇO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11) | MATERIAL | KG | 26,37 | 0,054 | Utilizou-se a proporção em relação ao valor da Composição auxiliar - SINAPI | 1,40 |

Fonte: Autoria própria, 2021.

Quadro 5: Composições de custos Laje pré moldada (Auxiliar)

| | |
|------------------------------|---|
| Código | 101963 SINAPI |
| Descrição | LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA PISO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+4). AF_11/2020 |
| Data | 10/2021 |
| Estado | Piauí |
| Tipo | FUES - FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS |
| Unidade | M ² |
| Valor sem Desoneração | 194,30 |

| Código | Descrição | TIPO | Unidade | Valor sem Desoneração | Coeficiente | Valor sem Desoneração |
|--------------------|---|-------------------------------|----------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
| 88262 SINAPI | CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS | H | 20,61 | 0,501 | 10,32 |
| 88316 SINAPI | SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS | H | 16,33 | 0,354 | 5,78 |
| 92273 SINAPI | FABRICAÇÃO DE ESCORAS DO TIPO PONTALETE, EM MADEIRA, PARA PÉ-DIREITO SIMPLES. AF_09/2020 | FUES - FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS | M | 15,66 | 0,97 | 15,19 |
| 92723 SINAPI | CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M ² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015 | FUES - FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS | M ³ | 504,89 | 0,054 | 27,26 |
| 92783 SINAPI | ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 4,2 MM - MONTAGEM. AF_12/2015 | FUES - FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS | KG | 17,61 | 1,211 | 21,32 |
| 00003743 SINAPI | LAJE PRÉ-MOLDADA CONVENCIONAL (LAJOTAS + VIGOTAS) PARA PISO, UNIDIRECIONAL, SOBRECARGA DE 200 KG/M ² , VAO ATE 3,50 M (SEM COLOCACAO) | MATERIAL | M ² | 88,29 | 1,0 | 88,29 |

| | | | | | | |
|--------------------|--|----------|----|-------|------|-------|
| 00006193 SINAPI | TABUA NAO APARELHADA *2,5 X 20* CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA | MATERIAL | M | 13,42 | 1,87 | 25,09 |
| 00040304 SINAPI | PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11) | MATERIAL | KG | 26,37 | 0,04 | 1,05 |

Fonte: SINAPI, 2021.

Análise Da Velocidade De Execução X Investimento

A seguir temos o quadro 6, que nos mostra o tempo o cálculo do tempo de montagem para cada laje. O tempo é determinado em função do coeficiente, pois o tempo de serviço é dado em horas. O coeficiente, nesse caso, é a quantidade de horas gastas por metro quadrado para executar determinado serviço. Como a área da laje em estudo é de 60,84 m², fez-se necessário a multiplicação do coeficiente pela área da laje.

Quadro 6: Cálculo do tempo de execução

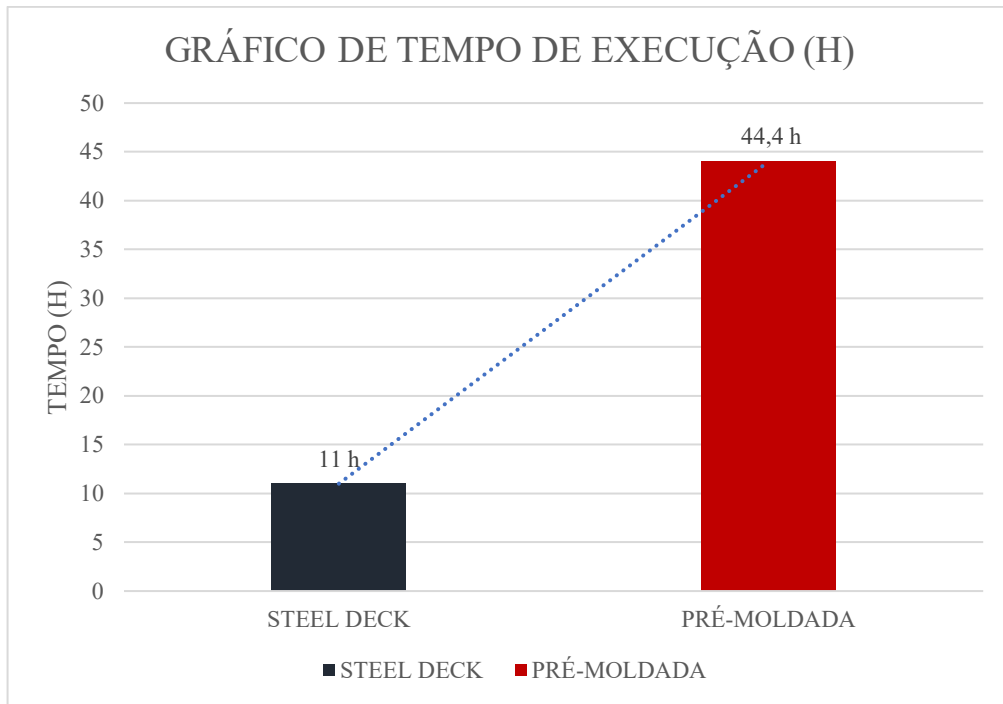
| STEEL DECK | COEFICIENTE (m ² /h) | TEMPO (h) (COEFICIENTE X ÁREA) | PRÉ-MOLDADA | COEFICIENTE | TEMPO (h) (COEFICIENTE X ÁREA) |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------|---------------|-----------------------------------|
| MONTADOR DE ESTRUTURA METÁLICA | 0,10 | 6,1 | CARPINTEIRO | 1/0,67 | 40,8 |
| SOLDADOR | 0,10 | 6,1 | SERVENTE | 0,354 | 21,5 |
| ARMADOR | 0,01 | 0,60 | PEDREIRO | 0,73 | 44,4 |
| PEDREIRO | 0,05 | 3,1 | | | |
| SERVENTE | 0,07 | 4,3 | | | |
| TOTAL | (0,10+0,01+0,07) | 11 | TOTAL | (0,73) | 44,4 |

Fonte: Autoria própria, 2021.

Podemos notar que no coeficiente de alguns serviços não são somados no total, resultando em uma quantidade menor de horas. Foi considerado para o cálculo de horas totais a dedução de alguns serviços simultâneos, como o montador e o soldador trabalhando em conjunto. O mesmo acontece com o pedreiro, carpinteiro e servente, ou seja, alguns serviços acontecem simultaneamente, resultando em 11 horas (aproximadamente 1 dia e meio trabalhado) para execução da laje steel deck e 44,4 horas

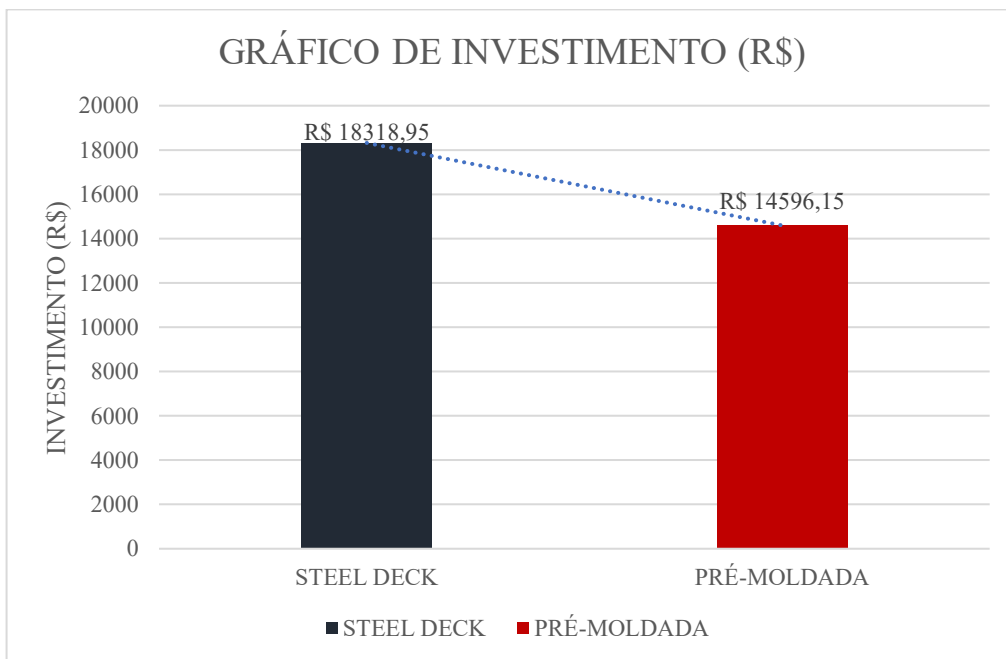
(aproximadamente 6 dias trabalhados) para execução da laje pré-moldada. Os dias trabalhados foram calculados em função da jornada diária de trabalho (8 horas). Logo abaixo temos o gráfico 1, do tempo de execução e o gráfico 2, do investimento.

Gráfico 1: Tempo de execução



Fonte: Autoria própria, 2021.

Gráfico 2: Investimento



Fonte: Autoria própria, 2021.



Cada opção de laje será analisada de acordo com os critérios mostrados no quadro 7, que permitirão mais clareza em relação ao Custo x Benefício.

Quadro 7: Critérios de decisão

| CRITÉRIOS | DESCRIÇÃO |
|------------------------|--|
| PESO PRÓPRIO | Análise do peso próprio de cada laje, que pode impactar diretamente no dimensionamento dos demais elementos estruturais. |
| VELOCIDADE DE EXECUÇÃO | Definir a opção mais rápida de execução, sendo este um dos pontos que causa bastante atraso no planejamento de uma obra. |
| CUSTO FINANCEIRO | Verificar qual a laje com menor preço, utilizando a composição. |
| LOGÍSTICA | Tem por finalidade verificar a disponibilidade de obtenção do insumo principal. |
| RESÍDUOS GERADOS | Análise da opção que gera menos resíduos. |
| TRABALHO SIMULTÂNEO | Possibilidade da execução de outros serviços enquanto o concreto efetua seu tempo de cura. |

Fonte: Autoria própria, 2021.

Os critérios acima foram avaliados adotando a seguinte legenda:

| | |
|--|-----------|
| | RUIM |
| | REGULAR |
| | EXCELENTE |

Quadro 8: Análise dos critérios de decisão

| CRITÉRIOS | STEEL DECK | PRÉ-MOLDADA |
|------------------------|------------|-------------|
| PESO PRÓPRIO | | |
| VELOCIDADE DE EXECUÇÃO | | |
| INVESTIMENTO | | |
| LOGÍSTICA | | |
| RESÍDUOS GERADOS | | |
| TRABALHO SIMULTÂNEO | | |

Fonte: Autoria própria, 2021.

¹ Graduando em Engenharia Civil na Faculdade de Ensino Superior de Florianópolis – FAESF;

² Graduando em Engenharia Civil na Faculdade de Ensino Superior de Florianópolis – FAESF;

³ Professor Orientador.

CONCLUSÃO

O artigo apresentou o resultado almejado e todos os objetivos concluídos. Sabe-se que a laje steel deck torna-se uma opção com grande potencial de utilização devido suas características principais como a velocidade de execução e o trabalho simultâneo, proporcionando uma melhor evolução no cronograma da obra e possivelmente no retorno financeiro.

Sobre a utilização da laje pré-moldada, também é uma ótima opção, bastante utilizada no nosso país, porém não proporciona tanta velocidade quando comparada a steel deck, mas é uma opção mais barata cerca de 21% em relação a laje mista, que pode ser utilizada principalmente em edificações residenciais, onde o não temos o coeficiente retorno financeiro e proporciona muitos benefícios como a economia, segurança e conforto.

A logística, é algo que deve ser estudado antes de escolher determinada solução construtiva, pois a obtenção do insumo principal pode influenciar no cronograma da obra e a sustentabilidade, fator cada vez mais cobrado na engenharia, deixa a steel deck em leve vantagem em relação a pré-moldada, quando esta dispõe do uso de escoramentos. Além disso, há também menor desperdício de materiais e o aço é sustentável.

Mesmo a laje steel deck sendo de maior investimento inicial, torna-se uma opção com bom custo-benefício em relação a pré-moldada, quando se trata de obras que buscam maior velocidade de execução, encurtando os prazos, e controle da perda de materiais. Deixamos aqui, a recomendação de posteriores estudos sobre a laje mista steel deck, incluindo seu retorno financeiro e ganho de espaço pelo país, pois é um produto com potencial de crescimento principalmente na utilização de obras de médio a grande porte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A hora e a vez do aço na construção brasileira. Grandes Construções, 2011. Disponível em: <<https://www.grandesconstrucoes.com.br/Materias/Exibir/a-hora-e-a-vez-do-aco-na-construcao-brasileira>>. Acesso em: 15/04/2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 20 jul. 2017.

Carvalho, R.C.; Figueredo, J.R. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2003, 374p. Escola de engenharia São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

Cichinelli, Gisele. Lajes em steel deck. CBCA, 2014. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticia/lajes-em-steel-deck>. Acesso em: 21/04/2021

De Oliveira, Anderson. Lajes treliçadas pré-moldadas produzidas com concreto leve estrutural. 2010. 76f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia Civil. Campos dos Goytacazes, 2010. Disponível em:

<https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-civil/wp-content/uploads/sites/3/2015/09/anderson-de-oliveira.pdf>

Dias, Ralph. “Laje de EPS é resistente?”. Youtube, 22/12/2017. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=S3Pfp51MRI&t=183s>>

Gaspar, Marília. Steel deck – Confira o passo a passo e dicas de utilização. Sienge, 2020. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/steel-deck/>>. Acesso em: 21/04/2021

Gil, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo. Atlas, 2008.

Laje treliçada eps. Pré-mold rm. Disponível em <

https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/Pre_mold_RM/Pre_mold_RM_paineltrelnerveps.pdf/>. Acesso em 25/05/2021.

Queiroz, G.; Pimenta, R. J.; Martins, A. G. Estruturas mistas. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012. Disponível em:

<[https://www.ebah.com.br/c](https://www.ebah.com.br/content/ABAAAhFhwAF/livros-cbca-estruturas-mistas-vol-1)ontent/ABAAAhFhwAF/livros-cbca-estruturas-mistas-vol-1>. Acesso em: 13 mar. 2019.

Queiroz, Gilson. Estruturas mistas, Volume 1. São Paulo: Editora Pini, 2006.

Revista Pini - Edição 105 - Dezembro/2002. Disponível em:

<https://www.docsity.com/pt/guia-da-construcao-anuario-pini-2010-1/4802323/>.

Acesso em 21 de abril de 2021.

Sieg, Ana Paula Antonello. Estudo de um sistema de laje com fôrma de aço incorporada. 2015. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de

Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

doi:10.11606/D.18.2015.tde-09092015-102117. Acesso em: 2021-04-15.

DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO INTUITIVA PARA DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO

¹ Doriedson Martins da Rocha Junior

² Matheus Victor Negreiros Braga Araújo

³ Thiago Rodrigues Piauilino Ribeiro

Resumo:

Atualmente fica evidente a existência de diversos *softwares* que auxiliam no dimensionamento e análise dos cálculos de elementos estruturais de concreto armado e que na maioria das vezes é muito importante que se faça uma otimização dos resultados obtidos. No intuito de aprimorar os resultados de maneira mais didática, intuitiva e acessível buscou-se, através deste trabalho, desenvolver uma aplicação intuitiva para dimensionamento de vigas retangulares biapoiadas e contínuas de concreto armado submetidas à flexão simples, através do Programa *Microsoft Excel*®, atendendo aos requisitos da NBR 6118:2014 – Projeto de Estruturas de Concreto (Procedimento), de maneira a garantir que a estrutura resista à todas as solicitações e trabalhe de forma segura ao longo de sua vida útil. O dimensionamento de vigas submetidas a flexão simples é uma etapa imprescindível em um projeto estrutural, onde em muitos casos pode se tornar uma atividade complexa, exigindo tempo e com a margem para erros durante a resolução quando feita de forma manual e analítica, diante disso, é de essencial a utilização de ferramentas computacionais com *softwares* que auxiliem nesse processo. A aplicação, através do *Microsoft Excel*®, permite ao usuário acompanhar todo o processo de cálculo, além de uma maior rapidez na verificação e análise dos resultados, tendo em vista que, com apenas uma alteração em qualquer célula ele pode ter diferentes resultados, permitindo uma análise mais refinada e uma otimização da estrutura. Como resultado a aplicação emitirá de forma automatizada o resumo com as características dos materiais e das dimensões da viga, as armaduras geradas

no dimensionamento e o relatório final de cálculo, onde informará para o usuário quando uma verificação não estiver de acordo com os requisitos normativos, na qual, o usuário poderá acompanhar todo o processo de cálculo de forma didática, hábil e bem intuitiva.

Palavras-chave: Concreto armado. Vigas. Dimensionamento. *Excel*.

Abstract:

Currently it is evident the existence of several softwares that help in the dimensioning and analysis of the calculations of structural elements of reinforced concrete and that in most of the times it is very important to make an optimization of the obtained results. In order to improve the results in a more didactic, intuitive and accessible way, this work sought to develop an intuitive application for dimensioning biased and continuous rectangular beams of reinforced concrete submitted to simple bending, through the Microsoft Excel® Program, meeting the requirements of NBR 6118:2014 - Concrete Structure Design (Procedure), in order to ensure that the structure resists all requests and works safely throughout its lifetime. The design of beams submitted to simple bending is an essential step in a structural design, where in many cases it can become a complex activity, requiring time and margin for errors during resolution when done manually and analytically, therefore, it is essential to use computer tools with software that help in this process. The application, through Microsoft Excel®, allows the user to follow the entire calculation process, in addition to a faster verification and analysis of the results, given that with only one change in any cell it can have different results, allowing a more refined analysis and optimization of the structure. As a result of the application, it will automatically issue the summary with the characteristics of the materials and dimensions of the beam, the reinforcement generated in the design and the final calculation report, where it will inform the user when a verification is not in accordance with the normative requirements, in which, the

user can follow the entire calculation process in a didactic, skilful and very intuitive way

Keywords: *Reinforced Concrete. Beams. Dimensioning. Excel*

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como tema o desenvolvimento de uma aplicação intuitiva através do programa *Microsoft Excel* para o dimensionamento de vigas do tipo biapoiadas de concreto armado. Esta ferramenta computacional servirá de apoio ao profissional e estudante para otimizar o dimensionamento e detalhamento de armaduras de vigas retangulares biapoiadas.

Conforme Ribeiro (2019), é notório que as tecnologias e os métodos construtivos no ramo da engenharia civil vêm crescendo gradativamente a cada ano. O concreto armado é um dos materiais mais utilizados na execução dos vários tipos de vigas. Outro fator é a sua facilidade com relação à construção de elementos em concreto de várias formas e tamanhos.

De acordo com NBR 6118 (2014), vigas são elementos lineares as quais seu comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal. Servem de apoio para lajes e paredes, conduzindo suas cargas até os pilares.

No ponto de vista de Miranda (2010), várias empresas e organizações vêm adotando recursos tecnológicos para o desenvolvimento de suas atividades de maneira eficaz, estes recursos diminuem de forma significativa os riscos de erros provocados pelos recursos manuais, tornando mais ágil e preciso as decisões no âmbito empresarial.

Dentre os vários programas usados em empresas, o *Excel* é um dos que se destacam dos demais, pois ele oferece a praticidade de alterar resultados mudando apenas uma variável de uma determinada parte do projeto. (MIRANDA, 2010).

Ainda de acordo com Cunha *et al.* (2017), o dimensionamento de vigas é definido por todas as características geométricas das vigas que serão executadas no canteiro de obra, consiste em um pré-dimensionamento em que é calculado a taxa de armadura necessária para resistir aos esforços

¹ Graduando em Engenharia Civil na Faculdade de Floriano – FAESF;

² Professor Orientador;

submetidos, definidos em projeto. Porém, se o arranjo de armadura não for satisfatório para a estrutura, é possível que o projetista faça a modificação nas seções transversais dos elementos, materiais utilizados e posicionamentos estruturais.

É nesse contexto que o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma aplicação intuitiva utilizando o Programa Computacional *Microsoft Excel*® para dimensionamento de vigas retangulares de concreto armado biapoiadas, submetidas à flexão simples, aplicando técnicas e análises de otimização modernas e de fácil acesso, com o objetivo de tornar uma ferramenta de trabalho significativa para o profissional de engenharia civil, de forma sistêmica a obter resoluções precisas e imediatas.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma aplicação intuitiva computacional para o dimensionamento de vigas retangulares biapoiadas de concreto armado, no qual o usuário irá inserir todas as entradas de dados e informações necessárias para o cálculo e detalhamento estrutural e ao final desse processo gerar um relatório mostrando se a estrutura está de acordo com os parâmetros normativos relacionados com a NBR 6118:2014.

REFERENCIAL TEÓRICO

Análise Estrutural

A primeira etapa da elaboração de um projeto estrutural é a definição da estrutura a partir de um projeto básico. Os vãos das vigas e lajes, a quantidade de pilares e o carregamento da estrutura são fatores que influenciam no pré-dimensionamento dos elementos estruturais. Essas dimensões são necessárias para que se inicie o processo de cálculo e podem ser alteradas durante a elaboração do projeto (ARAÚJO, 2009).

O objetivo da análise estrutural é determinar os efeitos das ações em uma estrutura, com a finalidade de efetuar verificações dos estados-limites últimos e de serviço. A análise estrutural deve ser feita a partir de um modelo

estrutural adequado ao objetivo da análise. O modelo deve representar a geometria dos elementos estruturais, os carregamentos atuantes, as condições de contorno, as características e respostas dos materiais, sempre em função do objetivo específico da análise. NBR 6118 (2014, 14.2.1).

Concreto

O concreto é uma mistura composta por cimento, água, areia (agregado miúdo) e brita ou pedra (agregado graúdo). Na sua composição também pode haver aditivos, os mais comuns são os plastificantes e retardadores de pega.

Na concepção de Adão e Hemerly (2010), a principal característica estrutural do concreto é sua resistência a compressão, tendo a tensão como unidade de medida, onde a mesma é medida através da relação entre força e área. O concreto consegue resistir cerca de 90% a compressão e 10% está relacionada a resistência de tração.

Devido a esta baixa resistência à tração, é necessário que se faça a junção do concreto simples com o aço propriamente dito, pois somente com a união dos dois poderá combater este déficit que o concreto simples tem em trabalhar em regiões tracionadas (GRAZIANO, 2005).

O aço é um material fabricado, não se encontra disponível no meio ambiente, e tem como base o metal “ferro”, cerca de 98%. O aço é composto basicamente por carbono (C), manganês (Mn) e o silício (Si), no qual o carbono é o responsável pelas propriedades mecânicas do aço, como sua alta resistência e a sua ductilidade (ADÃO; HEMERLY, 2010).

Pode-se enumerar algumas características importantes do aço quando submetidos a temperaturas atmosféricas:

Quadro 1 - Características e funções do aço.

| Características | Funções |
|------------------------|---|
| Dureza | Permitir que o aço tenha considerável resistência a abrasão. |
| Elasticidade | Resistir a esforços e deformações |
| Ductilidade | Capacidade do material de se deformar até o rompimento quando submetidos a cargas ou esforços |
| Durabilidade | Vida útil prolongada quando há devida proteção do aço contra materiais corrosivos. |

Fonte: Autores (2021)

Para Carvalho e Filho (2016), o concreto armado possui algumas vantagens e desvantagens:

Quadro 2 - Vantagens e desvantagens do concreto armado.

| Vantagens | Desvantagens |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Apresenta boa resistência às solicitações.• Possui boa trabalhabilidade, adaptando-se a diversas formas.• Permite trabalhar com estruturas monolíticas, facilitando a transmissão de esforços.• Técnicas dominadas em todo país. | <ul style="list-style-type: none">• Elementos com o peso próprio e dimensões muito grandes, devido ao seu peso específico ser muito elevado.• Custo elevado.• Difícil de realizar reformas e modificações.• Conduz bem o calor e o som, sendo que em alguns casos trabalham junto com |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Material durável, desde que seja bem executado.• Apresenta durabilidade e resistência ao<ul style="list-style-type: none">• fogo, quando comparados com a madeira e o aço.• Resiste a choques, vibrações, efeitos térmicos e desgastes mecânicos. | outros materiais para evitar este problema. |
|---|---|

Fonte – Autores (2021)

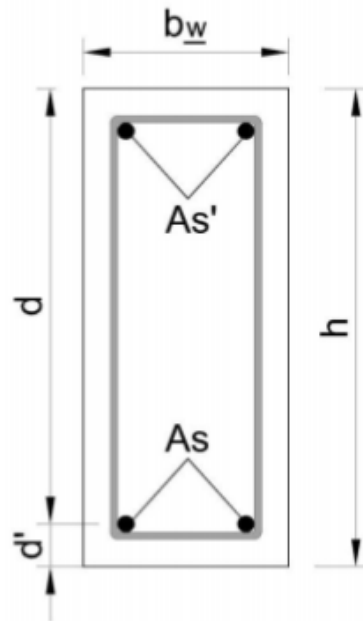
Vigas

Segundo a NBR 6118 (2014, 14.4.1.1), “vigas são definidas como elementos lineares em que a flexão é preponderante”. São estruturas retas e horizontais que servem de apoio para lajes e paredes e tem como principais funções transmitir as cargas atuantes na estrutura para os pilares e servir como sustentação para o equilíbrio dos pesos.

Armadura Longitudinal

A armadura longitudinal é formada por barras de aço de eixo retilíneo e seção transversal circular. Estas barras são dispostas na região tracionada da viga no caso da chamada armadura simples, denominada (AS), e quando necessário na região tracionada e comprimida denominada (A'S), no caso de armadura dupla, como pode ser observado na figura abaixo (BARBATO, 2007).

Figura 24 – Seção Transversal da viga.

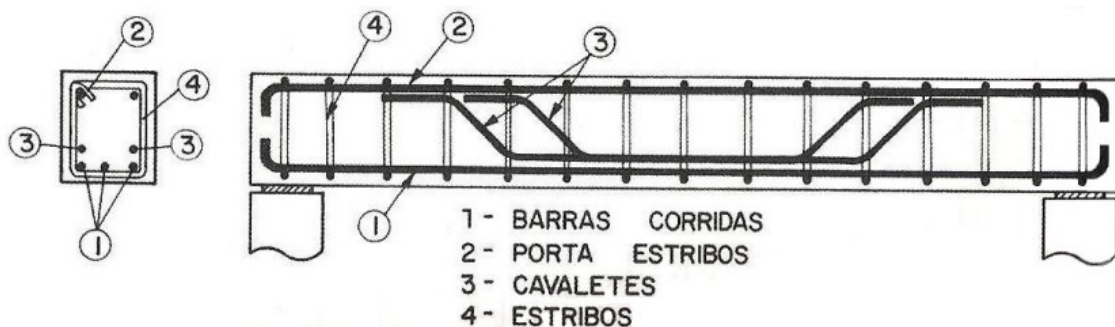


Fonte - Autores (2021)

Armadura Transversal

A armadura transversal ou de cisalhamento pode ser constituída por estribos ou barras longitudinais curvadas, conforme a Figura. As armaduras transversais têm a função de resistir aos esforços de tração decorrente do cisalhamento e impedir a ruptura por fendilhamento, por causar uma compressão transversal favorável a essa amarração. PINHEIRO *et al.*, 2010; CORREIA, 2012).

Figura 25 - Tipos básicos de armaduras de vigas



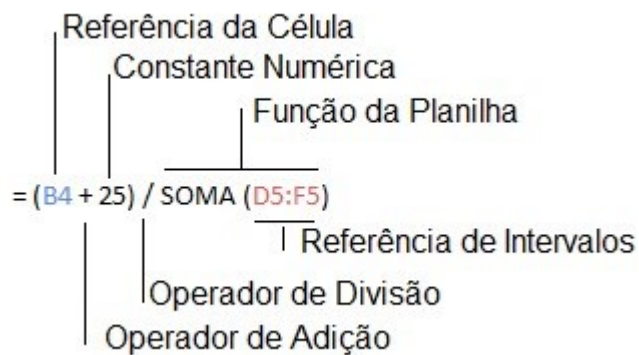
Fonte - Fusco (2008)

Microsoft Excel

O Programa Computacional *Microsoft Excel*®, é constituído de planilhas eletrônicas, sendo considerado um programa com base escrita. Foi criada pela empresa *Microsoft* com intuito de facilitar os cálculos matemáticos, já que é bastante utilizado em práticas empresariais, econômicas, administrativas e até mesmo domésticas (MIRANDA, 2010).

Neste exemplo abaixo, Citrangulo (2000), menciona a função SOMA () para adicionar um valor da célula B4 e 25, e divide o resultado pela soma dos valores das células D5, E5 e F5.

Figura 5 – Função Soma



Fonte - Citrangulo (2000)

MÉTODOS DE ANÁLISE

Uma pesquisa quantitativa é aquela que adequa à um caráter clássico, voltado para o positivismo, em que o principal intuito é analisar uma realidade de forma objetiva com base em técnicas quantitativas. Diante do exposto este tipo de pesquisa está relacionada com pensamentos lógicos e matemáticos. (HAYATI; KARAMI; SLEE, 2006).

Esta pesquisa tem a tendência voltada para um estudo de caso que, nas palavras de Gil (2002), tem a finalidade de obter um conhecimento mais detalhado através do estudo sobre um determinado assunto, relatando uma situação que se pretende investigar.

A metodologia utilizada para a coleta de dados foi, de início, reunir as informações contidas nas diversas bibliografias, os dados presentes nas NBR's 6118(2014) e 6120 (2019), que tratam respectivamente sobre Projeto de Estruturas de Concreto e Cargas para Cálculo de Estruturas e por fim utilizar as notas de aulas desenvolvidas ao longo do curso.

Todos os dados, bem como as informações, serão inseridas na aplicação intuitiva de forma didática, proporcionando ao usuário um manuseio mais versátil com intuito de reduzir os erros de cálculos provocados pelos recursos manuais. O usuário terá à disposição certos parâmetros de entrada de dados da viga biapoiada, como geometria do elemento, características dos materiais utilizados, de forma que ao final a aplicação intuitiva mostre todo o detalhamento do elemento com base nas informações inseridas pelo usuário.

ANÁLISES E RESULTADOS

De acordo com os conteúdos apresentados no presente artigo e tendo por base referenciais bibliográficas, foi possível desenvolver uma aplicação intuitiva que auxilia na automatização do dimensionamento de vigas

biapoiadas de concreto armado de forma eficiente e funcional para o estudante e profissional da engenharia civil.

O desenvolvimento da aplicação intuitiva utilizando o Programa Computacional *Microsoft Excel*® teve como objetivo principal fazer o dimensionamento e detalhamento da seção transversal de vigas biapoiadas retangulares de concreto armado submetidas a flexão simples, seguindo as prescrições da NBR 6118:2014, otimizando todo esse processo para proporcionar ao usuário uma interface e layout atrativo e de fácil manuseio e rapidez durante a inserção de dados e as análises dos resultados obtidos.

Neste programa de dimensionamento o usuário pode entrar com as espessuras dos elementos e as características dos materiais envolvidos de acordo com o solicitado. Porém, para a presente execução, foram adotados os seguintes dados geométricos:

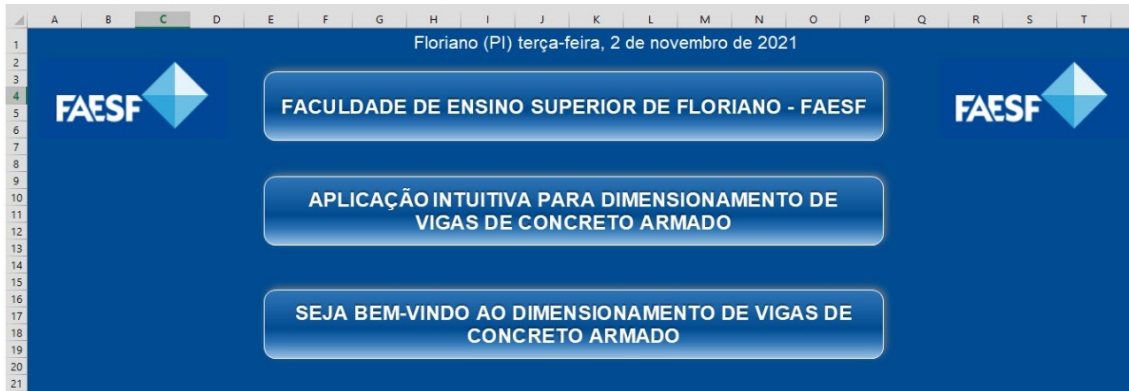
- Largura da viga (b_w): 20 cm;
- Altura da viga (h): 60cm;
- Largura do pilar ($b_{w,p}$): 16 cm;
- Altura da seção do pilar (h_p): 30 cm;
- Classe de agressividade ambiental (CAA): Classe II;
- Resistência característica do concreto (f_{ck}): 30 MPa;
- Cobrimento nominal: 3,00cm;
- Resistência característica do aço: CA-50;
- Vão da viga biapoiada: 250 cm;
- Carga Solicitante na viga: 150 kN/m;

Os dados secundários são inseridos de acordo com a utilização da aplicação intuitiva pelo usuário como por exemplo:

- Diâmetros das barras longitudinais;
- Diâmetros das barras transversais;
- Diâmetros das barras de pele (caso exista);

Depois de inserido todos os dados para que a aplicação intuitiva possa fazer os cálculos e verificações o usuário tem como acompanhar todo o processo de cálculo das armaduras longitudinais, transversais e de pele e ao final terá o relatório com as verificações impostas pela NBR 6118:2014, na qual,

Figura 6 - Tela inicial do software



Fonte - Autores (2021)

ele pode analisar e ver se atende todas as verificações prescritas.

Figura 7 - Tela de Menu Inicial



Fonte - Autores (2021)

Figura 8 - Tela de Inserção de Dados

Elementos Estruturais:

- bw (cm): 20
- pilar bw (cm): 16
- h (cm): 60
- pilar h (cm): 30
- d (cm): 56
- face (cm): 16,0
- ϕ_t , mín (mm): 5,0

Materiais:

- CAA: II
- Fck: $\geq C25$
- Fck (MPa): 30
- C.nom (cm): 3,0
- Aço (kN/cm²): CA - 50
- Brita: 1
- ϕ , máx (mm): 19

Solicitações:

- Vão, face (m): 2,5
- Mk (kN.m): 132,67
- Q(kN/m): 150
- Md (kN.m): 185,74
- Vk (kN): 199,50
- Vd (kN): 279,30

Buttons: RESUMO DAS ARMADURAS, MENU, BEM-VINDO, DIMENSIONAMENTO (Flexão - Seção Transversal), DIMENSIONAMENTO (Cisalhamento - Seção Transversal).

FAESF

Fonte - Autores (2021)

Figura 9 - Tela de Resumo das Armaduras

Inserção dos Diâmetros:

- ϕ , comp. (mm): 6,3
- ϕ , tração (mm): 16,0
- Deseja considerar As, pele? SIM
- ϕ , pele (mm): 10,0
- s (cm): 6 à 20

Resumo do Arranjo Longitudinal:

- 1) Armadura de Compressão: ϕ , comp (mm): 6,3; Número de Barras: 2 barras; eh = ah (cm): 2,28; ev = av (cm): 2,00; 2N1 ϕ 6,3mm
- 2) Armadura de Tração: ϕ , comp (mm): 16,0; Número de Barras: 5 barras; eh = ah (cm): 2,28; ev = av (cm): 2,00; 5N2 ϕ 16mm
- 3) Armadura de Pele: ϕ , comp (mm): 10,0; Número de Barras: 2 barras; 2N3 ϕ 10mm

Verificações do Arranjo:

- 1) Armadura de Compressão: Barras por Camada: 6,00; Barras na 1ª Camada: 2; Barras na 2ª Camada: 0; Barras na 3ª Camada: 0; Passou nas Verificações
- 2) Armadura de Tração: Barras por Camada: 5,00; Barras na 1ª Camada: 3; Barras na 2ª Camada: 2; Barras na 3ª Camada: 0; Passou nas Verificações

Resumo do Arranjo Transversal:

- 1) Verificação da Biela no Eixo: Biela Resiste ao Momento Torçor Aplicado!
- 2) Verificação das Armaduras: Armadura (cm²/m): 4,69; Armadura Mínima (cm²/m): 2,32
- 3) Número de Ramos Máximo: N° de Ramos Calculado: 3,00; Digite o N° de Ramos: 3; Passou - Prossiga
- 4) Escolha o ϕ , calculada (mm): 6,3; 15N4 ϕ 6,3mm c/20 C=200

Buttons: INSERÇÃO DE DADOS, MENU, RELATÓRIO.

FAESF

Fonte - Autores (2021)

Figura 10 - Tela de Relatórios e Verificações

FAESF MENU RESUMOS

INSERÇÃO DE DADOS

1. DESCRIÇÃO DA VIGA:

DADOS DA VIGA

| Geometria | |
|---------------------------------|---------|
| Dimensões: | 20 x 60 |
| Cobrimento Geométrico Superior: | 3,00 cm |
| Cobrimento Geométrico Inferior: | 3,00 cm |
| Cobrimento Geométrico Lateral: | 3,00 cm |

| Armadura longitudinal | | Armadura Transversal | |
|-------------------------|--------------|----------------------|---------------|
| Arm. montagem superior: | 2 ϕ 6,3 | Estribos: | 15 ϕ 6,3 |
| Arm. montagem inferior: | 5 ϕ 16 | Espaçamento: | c/ 20 |
| Arm. de pele: | 2 ϕ 10 | Comprimento: | C=200 |

| Materiais | |
|------------------------|---------|
| Concreto (fck): | C30 |
| Armadura Longitudinal: | CA - 50 |
| Armadura Transversal: | CA - 50 |

Fonte - Autores (2021)

Figura 11 - Tela de Relatórios e Verificações

2. VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA:

Disposições relativas às armaduras (ABNT NBR 6118:2014, Artigos 13.2.2 e 18.3.2.2).

Dimensões mínimas:
A seção transversal das vigas não deve apresentar largura menor que 100.00 mm (Artigo 13.2.2):

$b \geq 10 \text{ cm}$ 20 cm \geq 10 cm ✓

Onde: b: Largura do elemento b: 20 cm.

Armadura longitudinal:
O espaçamento mínimo livre entre as faces das barras longitudinais sb, medido no plano da seção transversal, na direção horizontal, deve ser igual ou superior a smín (Artigo 18.3.2.2):

(Tração): $v1 \geq eh$ 3,54 cm \geq 2,28cm ✓

(Compressão): $v1 \geq eh$ 9,36 cm \geq 2,28cm ✓

Estribos:
O diâmetro da barra que constitui o estribo deve ser maior ou igual a 5.00 mm (Artigo 18.3.3.2):

Fonte - Autores (2021)

Figura 26 - Tela Dimensionamento das Armaduras Longitudinais

Viga:
Largura: 20,00 cm
Altura: 60,00 cm

Materiais:
Fck: 30,00 cm
Cob. No.: 3,00 cm
Brita ϕ máx.: 19,00 mm
 ϕ mín.: 5 mm
Aço CA: 50,00 kN/cm²

De acordo com o item 17.3.5.2.3 da 6118:2014, armadura de pele é necessária em vigas com altura maior que 60 cm.
Em alguns casos em vigas com altura igual a 60 cm também utiliza-se armadura de pele!

1) Número de Barras:
Compressão: ϕ barra: 6,30 mm, As barra: 0,32 cm², N barra: 2,00 barras
Tração: ϕ barra: 16,00 mm, As barra: 2,02 cm², N barra: 5,00 barras

2) Espaçamentos "ev" e "eh":
Compressão: eh: 2,28 cm, ev: 2,00 cm
Tração: eh: 2,28 cm, ev: 2,00 cm

3) Determinar "bs" - "n1" - "as,pele":
est = 5,00 mm
est = 0,50 cm
cob. N: 3,00 mm, cob. N: 0,30 cm
bs = 18,40 cm
n1 de compressão: n1 = 6,00 barra/camada
n1 de tração: n1 = 5,00 barra/camada
A Armadura de Pele: as,pele: 1,20 cm², ϕ barra: 10,00 mm, As barra: 0,79 cm², N barra: 2,00 barras

4) Detalhamento:
Altura Util: d = 56,80 cm
Espç. Pele: t = 15,00 cm, Espç. de 6 a 20cm: s = 6 cm

| Resumo: | |
|-----------------------|------------|
| Passo 1: | |
| ϕ barra: 0,63 cm | Compressão |
| N barra: 2,00 barras | |
| ϕ barra: 1,60 cm | Tração |
| N barra: 5,00 barras | |
| Passo 2: | |
| eh: 2,28 cm | Compressão |
| ev: 2,00 cm | |
| eh: 2,28 cm | Tração |
| ev: 2,00 cm | |
| Passo 3: | |
| bs: 18,40 cm | |
| n1: 6,00 b/cam | Compressão |
| n1: 5,00 b/cam | Tração |
| ϕ barra: 1,00 cm | Pele |

Fonte - Autores (2021)

Figura 27 - Tela de Dimensionamento das Armaduras Transversais

Elementos Estruturais:
Viga: largura: 20,00 cm, altura: 60,00 cm, d: 4,00 cm, ϕ : 56,80 cm
Placa: largura: 16,00 cm, altura: 30,00 cm, face pilar: 16,00 cm
Esquema Estrutural: L face: 2,50 m, Carga: 150,00 kN/m

Materiais:
Concreto: fck: 30,00 Mpa, CA: 50,00 kN/cm²
Aço: Cobrimento Nominal: Cob. No.: 3,00 cm, 150,00 kN/m

DETALHAMENTO DO ESTRIBO:
Pra Área de Apoio: N° Barras: 5,00 barras, Comp.: 200,00 cm
Pra Área de Apoio Mínima: N° Barras: 7,00 barras, Comp.: 200,00 cm
Pra Área de Apoio Final: N° Barras: 15,00 barras, Comp.: 200,00 cm

1° Passo: Esforço Cortante:
Exo: Vsk,e: 199,50 kN, Vsd,e: 279,30 kN
Face: Vsk,f: 187,50 kN, Vsd,f: 262,50 kN

2° Passo: Parcela da Armadura:
Vc: 987,12 Mpa x cm², 98,71 kN
Exo: Vsw,e: 100,59 kN, Vsd,e: 163,79 kN
Face: Vsw,f: 104,15 kN, Vsd,f: 164,15 kN

3° Passo: Cortante Mínimo:
Vsw,máx.: 51,52 kN, Vsd,mín.: 150,23 kN
Vsk,mín.: 107,31 kN

4° Passo: Diâmetro Máx. e Mín.:
5,0 < ϕ < 0,1xhw
5,0 < ϕ < 20,00 mm

5° Passo: Número de Ramos:
ST: 13,00 cm
N° ramos: 3,00 ramos

6° Passo: Espaçamentos:
Entre com valor N° de Ramos: N° Ramos: 3,00 ramos

Fonte - Autores (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de ferramentas computacionais como auxílio para o profissional de Engenharia Civil se torna imprescindível quando há a necessidade de realizar trabalhos mais ágeis que demandam um intervalo de tempo maior quando feitos de formas manuais. Diante disso, o presente trabalho teve como incentivo e objetivo desenvolver uma aplicação intuitiva para o dimensionamento e detalhamento de vigas biapoiadas de concreto armado de forma sistêmica, com uma interface moderna e fácil acesso ao usuário, com resoluções precisas e imediatas.

Projeto de Pesquisa apresentado à Faculdade de Florianópolis – FAESF, como requisito à obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso (TCC), do curso de Bacharel em Engenharia Civil, 2021.

É possível observar que todos os resultados obtidos pelo *software* são compatíveis com os resultados expressos nas equações teóricas e normas vigentes relacionadas com a NBR 6118:2014, confirmando-se assim a eficiência e veracidade da aplicação intuitiva desenvolvida.

Entretanto, como sugestão para continuação do presente trabalho e evolução da aplicação desenvolvida pode-se evidenciar um aprimoramento da ferramenta computacional buscando fazer o dimensionamento de diferentes estruturas de concreto armado como: vigas contínuas e vigas em balanço, para atender e validar as exigências propostas para o profissional de engenharia civil.

AGRADECIMENTOS

Aos nossos professores do curso de bacharelado, em especial nosso orientador, pelo empenho dedicado, suporte, compreensão e amizade.

A nossas famílias, pelo amor, incentivo, encorajamento e apoio incondicional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014. 283 p.

ADÃO, F.X. HEMERLY, A. C. **Concreto Armado: novo milênio: cálculo prático e**

econômico. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

ARAÚJO, J. M. **Projeto Estrutural de Edifícios de Concreto Armado**. 2ª Edição. Rio Grande: editora Dunas, 232p. 2009.

Projeto de Pesquisa apresentado à Faculdade de Florianópolis – FAESF, como requisito à obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso (TCC), do curso de Bacharel em Engenharia Civil, 2021.

BARBATO, R.L.A. **Vigas de concreto armado**. Apostila – Centro Universitário Central

BARBATO, R.L.A. **Vigas de concreto armado**. Apostila – Centro Universitário Central Paulista, São Carlos, 2007. 13p.

CITRANGULO, M. R. **Livro Passo a Passo Microsoft Excel 2000**. São Paulo: Makron Books, 2000.

CORREIA, V.C. **Estudo da influência do uso de fibras de aço e de estribos no comportamento da ancoragem de barras**. 2012. 166p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisas**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRAZIANO, F. P. **Projeto e execução de estruturas de concreto armado: Primeiros Passos da Qualidade no Canteiro de Obras**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MIRANDA, E. G. S. **Uma Aplicação Prática em Excel na Análise de Projetos de Viabilidade Econômica**. 2010. 68 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HAYATI, D; KARAMI, E; SLEE, B. **Combining qualitative and quantitative methods in the measurement of rural poverty**. Social Indicators Research, v.75, p. 361-394, springer, 2006.

PINHEIRO, L.M.; MUZARDO, C.D.; SANTOS, S.P. **Estruturas de concreto** – Capítulo 3. Departamento de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. 14p.

RIBEIRO, T. R. P. **Desenvolvimento de um software intuitivo para o dimensionamento de escadas ortogonais – Tipo “L” de Concreto Armado**.

2019. 109 folhas. Trabalho de Diplomação (Pós - Graduação em Estruturas de Concreto e Fundações) – Universidade Paulista, Teresina.

ESTUDO COMPARATIVO DO CUSTO BENEFÍCIO ENTRE A APLICAÇÃO DA AREIA ASFÁLTICA USINADA A QUENTE (AAUQ) E O CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ)

Edgar Corrêa dos Santos¹
Rafael Rodrigues de Carvalho ¹
Ruth Otamária da Silva Aires ²

Resumo:

Pavimento flexível se caracteriza por não romper, sendo constituído, principalmente, por materiais betuminosos. A posição relativa e a função na estrutura, a mistura de concreto betuminoso deverá atender a características especiais em sua formulação, recebendo geralmente as seguintes designações: camada de rolamento, camada de ligação “Binder” e camada de nivelamento ou reperfilagem. Existem vários tipos de pavimentos flexíveis, o objeto desse estudo será o CBUQ e AAUQ. Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) é o revestimento asfáltico mais utilizado no Brasil quando se refere a pavimento flexível, o Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ), se caracteriza como sendo uma mistura executada em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e ligante betuminoso que será comprimido à quente, com temperatura mínima de 107° C e máxima de 177° C. Areia e Asfalto Usinado a Quente (AAUQ) é a mistura executada em usina de asfalto, mesma utilizada para a fabricação do CBUQ, com atributos específicos, misturada de areia (agregado miúdo), matéria de enchimento (filer), quando necessário, e cimento asfáltico espalhado e compactado a quente, os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 5 °C a 10 °C acima da temperatura do cimento asfáltico, sem ultrapassar 177 °C. O presente estudo tem como objetivo evidenciar que a AAUQ, apesar de apresentar resistência inferior ao CBUQ, pode substituí-lo sem qualquer perda de qualidade, mas também com ganho financeiro.

Palavras-Chave: AAUQ. CBUQ. Viabilidade.

Abstract:

Flexible flooring is characterized by not breaking, being made up mainly of bituminous materials. The relative position and function in the structure, the mixture of bituminous concrete must meet special characteristics in its formulation, generally receiving the following designations: Rolling layer, "Binder" connection layer and leveling or re-profiling layer. There are several types of flexible pavements, the object of this study will be CBUQ and AAUQ. Hot Machined Bituminous Concrete (CBUQ) is the most used asphalt coating in Brazil when referring to flexible pavement, Hot Machined Bituminous Concrete (CBUQ), is characterized as a mixture executed in an appropriate plant, composed of graduated mineral aggregate, filling material (filer) and bituminous binder that will be hot compressed, with a minimum temperature of 107° C and a maximum temperature of 177° C. Hot Machined Sand and Asphalt (AAUQ) is the mixture executed in an asphalt plant, the same used for the manufacture of CBUQ, with specific attributes, mixed with sand (fine aggregate), filler (filer), when necessary, and cement Asphalt spread and hot compacted, the aggregates must be heated to temperatures of 5 ° C to 10 ° C above the temperature of the asphalt cement, without exceeding 177 ° C. The present study aims to show that AAUQ, despite presenting lower resistance to CBUQ, can replace it without any loss of quality, but also with financial gain.

Keywords: AAUQ. CBUQ. Viability.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), em seu contexto histórico do rodoviarismo no Brasil, esse sistema de transporte teve seu estopim em 1861, com a inauguração da estrada União Indústria, a qual interligava as cidades de Petrópolis e Juiz de Fora. Ainda de acordo com o DNIT, esse feito só foi possível graças ao visionário Mariano Procópio, o qual obteve por decreto imperial, a autorização para a construção desse empreendimento, considerada a maior obra de engenharia da América Latina da época.

Segundo dados levantados pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) em 2018, o sistema rodoviário, o qual é responsável pela movimentação de 60% das mercadorias e 90% de passageiros, tem apenas 12,4% de toda sua malha pavimentada. Além disso, ainda seguindo o levantamento da CNT, 61,8% dessa malha pavimentada tem suas condições classificados em ruim ou péssimas.

Para Filho (2016), nos dias atuais, para se oferecer rodovias com qualidade, é importante de antemão se fazer um estudo de tecnologias que referenciem uma quantidade de opções par o seu desenvolvimento, dispondo dos seguintes recursos:

- **Econômico:** Providenciando alternativas viáveis a funcionalidade local.
- **Duráveis:** Destacando a necessidade de impor revestimento acessível de forma resistente ou com manutenções periódicas na via.
- **Sustentáveis:** Mostrando pavimentos com qualidades benéficas ao meio ambiente.

Sempre que se faz um estudo preliminar de uma obra, seja ela de diferentes magnitudes, analisar a logística de materiais é de suma importância. Os tipos de materiais e a sua disposição na região, poderão determinar a técnica construtiva mais adequada a ser adotada. Quando se fala em pavimentação, mais precisamente da etapa de revestimento, a escolha do seu tipo está diretamente relacionada aos requisitos exigidos pelo DNIT ou DER quanto ao tipo de situação, sendo ela geotécnica, intensidade de tráfego e o sistema de drenagem. O referente estudo tem

o intuito de mostrar que há determinadas situações, na quais é mais atrativo utilizar a AAUQ como revestimento, a o convencional CBUQ, respeitando todas as exigências normativas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo evidenciar que a AAUQ, apesar de apresentar resistência inferior ao CBUQ, pode substituí-lo sem qualquer perda de qualidade, mas também com ganho financeiro.

1.1.2 Objetivos específicos

- Fazer levantamento logístico dos insumos necessários para a fabricação da AAUQ;
- Mostrar o processo de fabricação da AAUQ;
- Realizar um comparativo de custos entre o CBUQ e a AAUQ.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Pavimentar uma via de circulação de veículos é obra civil que enseja, antes de tudo, a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular (garantia de melhor conforto no deslocamento do veículo), uma superfície mais aderente (garantia de mais segurança em condições de pista úmida de molhada), uma superfície menos ruidosa diante da ação dinâmica dos pneumáticos (garantia de melhor conforto ambiental em vias urbanas rurais), seja qual for a medida física adotada (BALBO, 2007).

Pavimento é toda a estrutura existente nas ruas onde as pessoas se locomovem, seja de carro, ônibus, caminhão, bicicleta ou a pé. A pavimentação de vias públicas pode ser elencada em três tipos: flexível, semirrígida e rígida.

A estrutura do pavimento é composta de algumas camadas que serão construídas após a terraplenagem do local, acima do subleito e vão variar conforme a solicitação

do tráfego no local. Toda a estrutura do pavimento está acima do subleito que funciona como a fundação do sistema que irá receber os esforços absorvidos pelo pavimento. Acima desse subleito basicamente a estrutura do pavimento é constituído de uma regularização do subleito, um reforço de subleito, caso haja necessidade, uma sub-base acima desse reforço de subleito, seguido de uma base e por fim um revestimento.

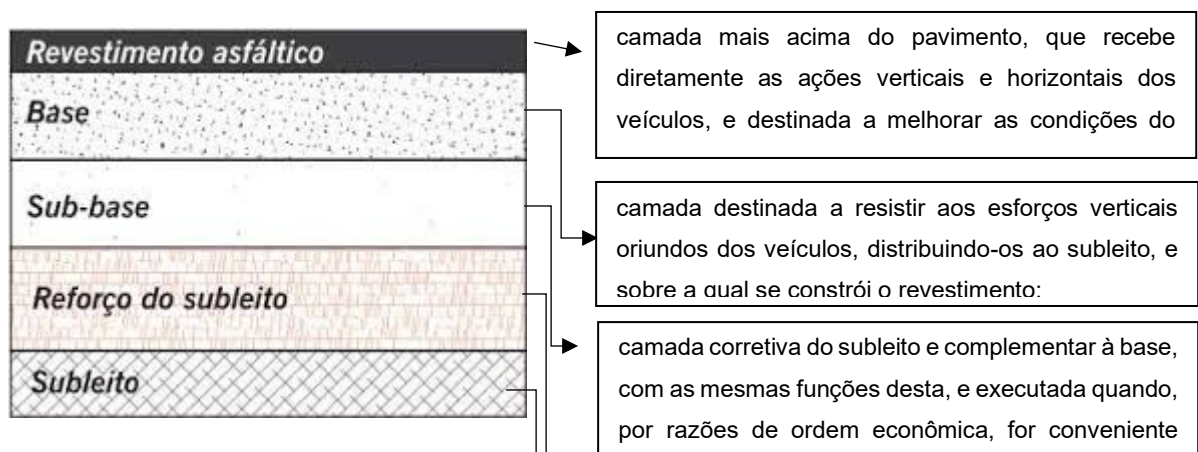
2.1 Constituição do pavimento

De acordo com Bernucci *et al* (2006), pavimento pode ser definido como uma estrutura de múltiplas camadas com espessura definidas, executado em uma superfície final de terraplenagem, com o objetivo de resistir aos esforços advindos do tráfego de veículos e das intempéries, bem como proporcionar aos seus usuários uma melhor condição de rolamento, conforto e segurança.

O pavimento, estruturalmente falando, tem essa disposição de suas camadas, com o intuito de melhor distribuir as tensões, para que essas cheguem mais atenuadas nas camadas inferiores, com o intuito de garantir melhores condições de rolagem e suporte, Balbo (2007) afirma que cada uma das camadas, possui uma ou mais funções específicas.

A NBR 7207/82 define que a constituição de um pavimento é feita por cinco camadas: subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento. A figura 1 a seguir, representa bem a disposição dessas camadas.

Figura 1 – Estrutura de pavimento



Fonte: Bernucci *et al* (2006)

camada granular do pavimento executada com o objetivo de melhorar a capacidade de suporte de carga do subleito e de reduzir espessura da sub-

maciço de terra que serve de fundação para o pavimento ou revestimento;

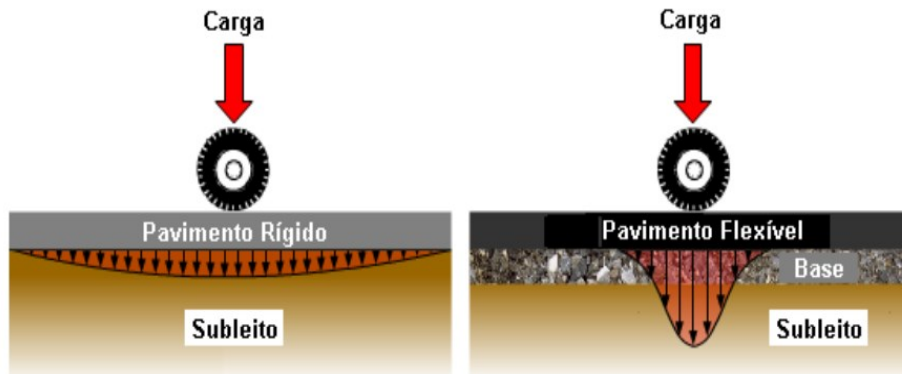
2.2 Tipos de pavimentos

A pavimentação de vias públicas pode ser elencada em três tipos: flexível, semirrígida e rígida. No entanto, o que vai determinar qual será o tipo ideal a ser executado, são as características geomorfológicas da região, bem como sua intensidade de tráfego.

Devido esse tipo de pavimento ser constituído por placas de concreto de cimento Portland (PCS), também recebe o nome de concreto de cimento Portland, ou simplesmente concreto-cimento, ainda sendo possível ser armado com barras metálicas, (DA SILVA, 2019). De acordo com Bernucci (2010), esse tipo de pavimento pode romper sob esforço de tração e flexão, quando sujeitos a deformações.

Araújo (2016), afirma que no pavimento rígido, as placas absorvem a maior parte das tensões e a distribuição das cargas se fazem sobre uma área relativamente maior, e a qualidade do solo pouco interfere no comportamento estrutural. A figura 2 a seguir, mostra como funciona a distribuição das forças em pavimentos rígidos e flexíveis.

Figura 2 – Distribuição de forças: Rígido x Flexível



Fonte: Núcleo do conhecimento, 2016

Ainda de acordo com Araújo (2016), o pavimento flexível se caracteriza por não romper, sendo constituído, principalmente, por materiais betuminosos. Seus esforços são distribuídos de forma mais concentrada, como se pode observar na figura 2.

Corroborando com Araújo, Balbo (2007) afirma que, por conta do seu caráter flexível absorção dos esforços ocorrem geralmente próximo ao local onde a carga é aplicada.

Pode-se observar no quadro 1 a seguir, algumas características dos pavimentos rígidos e flexíveis.

Quadro 1 – Diferenças entre pavimentos

| PAVIMENTO RÍGIDO | PAVIMENTO FLEXÍVEL |
|--|---|
| Estrutura mais delgada de pavimentos | Estrutura mais espessa (requer maior escavação e movimentação de terra) |
| Resiste à ataques químicos (óleos, graxas, combustíveis) | É fortemente afetado por produtos químicos |
| Maior distância de visibilidade horizontal, proporcionando mais segurança. | A visibilidade é bem reduzida durante a noite, ou em situações adversas. |
| Pequena necessidade de manutenção e conservação, mantendo o fluxo de tráfego sem interrupções. | Maior necessidade de manutenção e reparação, prejudicando o fluxo do tráfego. |
| Falta de aderência das demarcações viárias, devido ao baixo índice de porosidade. | Melhor aderência das demarcações viárias devido sua textura rugosa e alta temperatura |
| Vida útil mínima de 20 anos | Vida útil máxima de 10 anos (com manutenção) |

Fonte: ibracom.org.br. (Adaptado pelo auto, 2020)

2.3 Revestimentos AAUQ x CBUQ

O Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ), se caracteriza como sendo uma mistura executada em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e ligante betuminoso que será comprimido a quente (Da Silva e Costa e Costa, 2015).

De acordo com a NOVACAP (2012), a posição relativa e a função na estrutura, a mistura de concreto betuminoso deverá atender a características especiais em sua formulação, recebendo geralmente as seguintes designações:

- **Camada de rolamento:** camada destinada a receber a ação do tráfego. A mistura empregada deverá apresentar estabilidade e flexibilidade compatíveis com o funcionamento elástico da estrutura e condições de rugosidade que proporcionem segurança ao tráfego, mesmo sob condições climáticas e geométricas adversas;

- **Camada de ligação ou "binder"**: camada posicionada logo abaixo da de rolamento. Geralmente apresenta uma maior percentagem de vazios e menor consumo de ligante, em relação à camada de rolamento;
- **Camada de nivelamento ou "reperfilagem"**: camada executada com massa asfáltica de graduação fina, com função de corrigir deformações ocorrentes na superfície de um antigo revestimento e, simultaneamente, promover a selagem de fissuras existentes.

Figura 3 – Camadas do Pavimento



Fonte: asfaltodequalidade.blogspot.com (Adaptado pelo Auto, 2021)

Ainda de segundo a NOVACAP, não é permitido que o CAP exceda a temperatura de 177°C, tampouco seja abaixo de 107°C.

De acordo com o Departamento de Obras e Cooperações (2012), a composição de Areia e Asfalto Usinado a Quente (AAUQ) é a mistura executada em usina de Asfalto mesma utilizada para a fabricação do CBUQ, como mostra a figura 4, com atributos específicos, misturada de areia (agregado miúdo), matéria de enchimento (filer), quando necessário, e cimento asfáltico espalhado e compactado a quente.

Figura 4 – Usina de fabricação de AAUQ e CBUQ



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

AAUQ (Areia Asfalto) é fabricada à temperatura superior a 110°C , como pode ser vista na figura 5 transportada e aplicada quando a temperatura estiver superior a temperatura de fabricação; Areia-asfalto pode ser empregada como revestimento de pavimento flexível, e será medida em toneladas efetivamente aplicadas de acordo com o projeto.

Figura 5 – Temperatura aferida na saída da usina



Fonte: Acervo Pessoal, 2020.

Será feito o ensaio de granulometria (DNER-ME 083), da areia extraída a fim se enquadrar nas faixas específicas do projeto e a porcentagem de ligante irá variar no máximo fixado no projeto.

A princípio todos os ensaios devem ser propostos para delimitar especificamente todos os critérios do revestimento, a fim de propiciar exatamente todo e qualquer tipo de controle, pegando como base as seguintes normas:

- **DNER:** Granulometria (DNER-ME 083/98), densidade real (DNER-ME 084/95), limites de consistência (DNER-ME 122/94) e DNER-ME 082/94), verificação do equivalente (DNER-ME 054/97), ensaios de Marshal (DNER-ME 043/95 e resiliência e fadiga por compressão (DNER-ME 133/94)
- **ASTM:** Angularidade (ASTM C 1252)
- **DETT:** Verificação do enquadramento granulométrico nas faixas determinadas (DETT ES-P 14/00)

Não é permitido executar serviços com esse tipo de material, em dias chuvosos. Os materiais a serem utilizados como ligante, deverão chegar ao canteiro de obras com o certificado de análise, e indicar claramente sua procedência o tipo e a quantidade de seu conteúdo.

Ensaio serão executados, para controle da qualidade do cimento (CAP) para todo carregamento que chegar à obra, sendo estes:

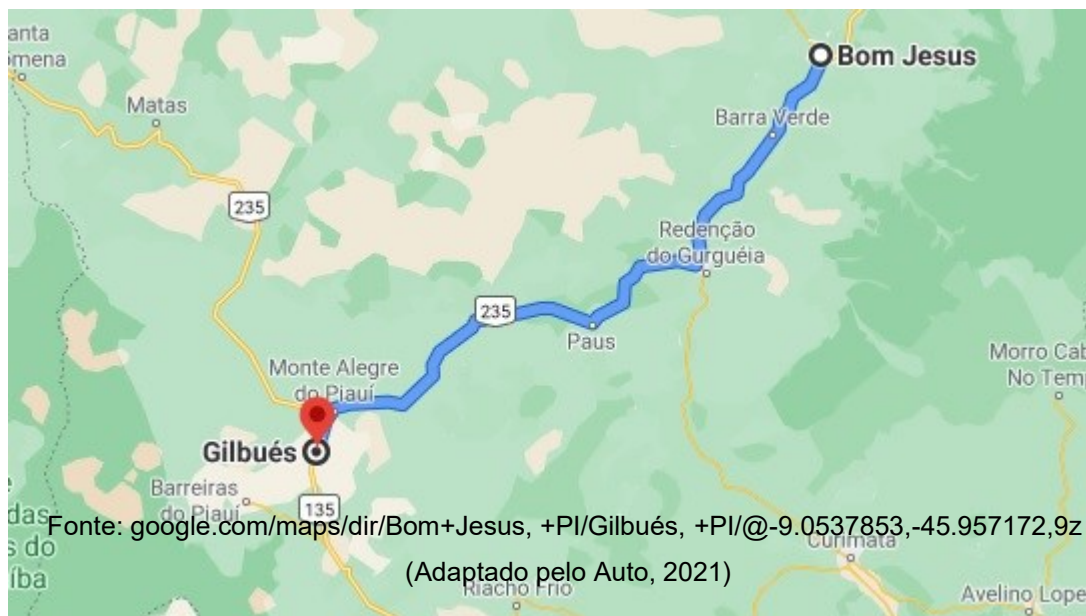
- Ensaio de Viscosidade a 60°C (ABNT NBR-5847)
- Ensaio de viscosidade a 135 °C (DNER-ME 004)
- Ensaio de ponto de fulgor (DNER-ME 148)
- Ensaio de espuma
- Índice de susceptibilidade térmica para cada 100t, medidos pelos ensaios DNER –ME 003 e ABNT NBR-6576
- Um ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol” (DNER-ME 004)

3 MÉTODOS DE ANÁLISE

Nesta pesquisa foi desenvolvido um processo, o qual foi dividido em três abordagens, partindo do problema até a amostragem de dados, e a análise dos resultados obtidos. Visto isso, pode-se classificar essa pesquisa como sendo de cunho explicativo, sabido que os problemas serão identificados e suas respostas dadas. De acordo Gil (2010), essa abordagem possibilita uma aproximação do conhecimento teórico do objeto de estudo, afim de explicar a origem da problemática e suas possíveis soluções.

A presente pesquisa é um estudo de caso aplicado na área de Engenharia Civil, focando na análise da viabilidade e do custo benefício da adoção do revestimento asfáltico AAUQ, na obra de infraestrutura na BR-135, entre Bom Jesus e Gilbués no Piauí, em um trecho de 163 km, conforme figura 6. A logística da disposição dos matérias na região foi um fator determinante para a escolha do revestimento.

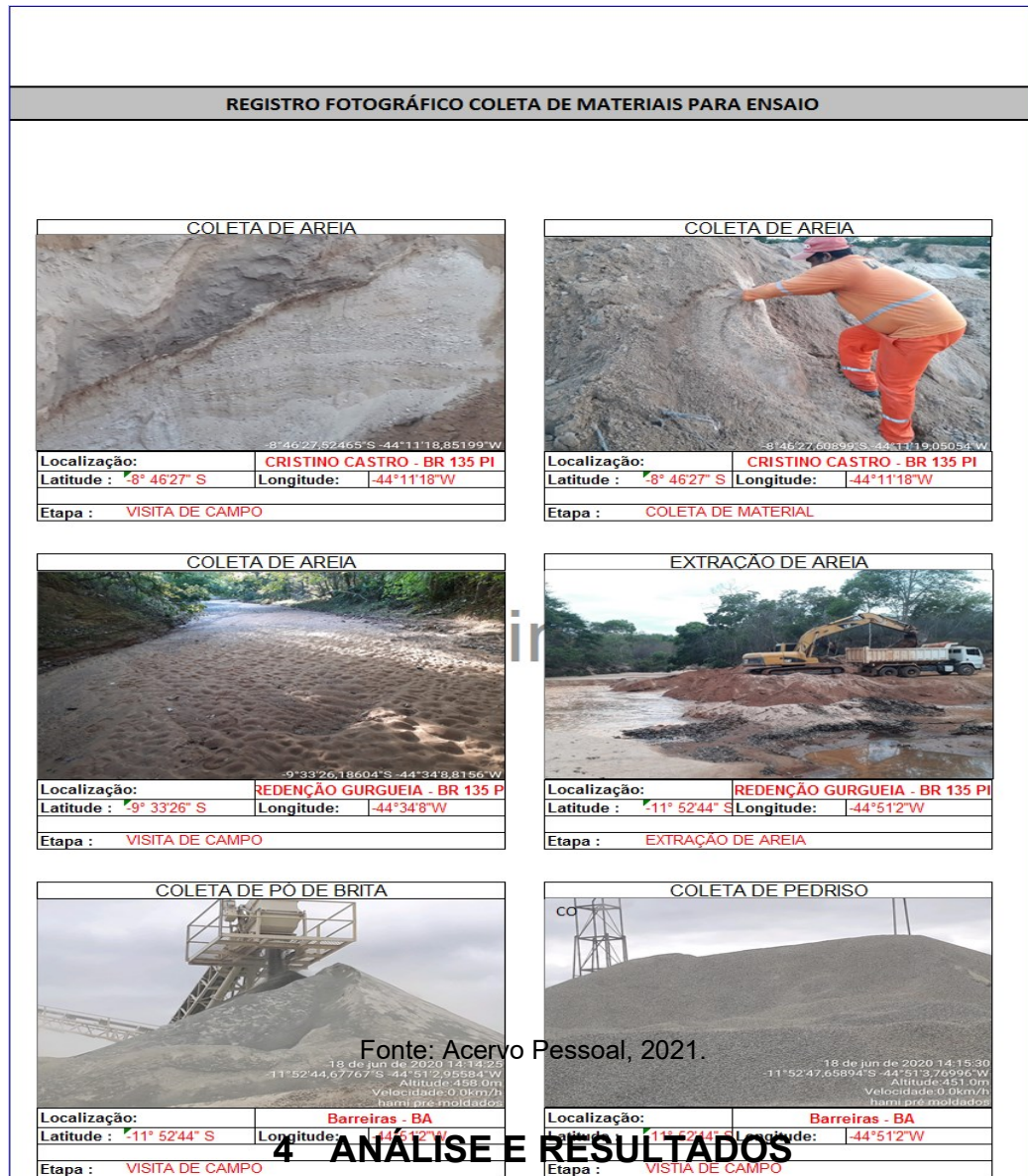
Figura 6 – Trecho da Br 135 entre Bom Jesus-PI e Gilbués-PI



No que tange o procedimento técnico, o estudo é caracterizado como sendo quantitativo, o qual será avaliado o material coletado em campo, como pode-se verificar na figura 7, ensaios laboratoriais dos agregados à abrasão Los Angeles, descrição do CAP a ser utilizado, durabilidade frente ao sulfato e sódio, índice de

forma, índice e plasticidade, limite de liquidez, composição granulométrica, porcentagem de asfalto e características de Marshall, fazendo com o que a composição atenda a faixa exigida pelo DNIT. Utilizando-se de termos técnicos: revisão bibliográfica, ensaios e comparação de custos.

Figura 7 – Coleta em campo



4 ANÁLISE E RESULTADOS

Os procedimentos analíticos ensaios de laboratório foram realizados respeitando as normas do DNIT, para comparativo e definição sobre o melhor pavimento flexível a ser adotado.

4.1 Ensaio para composição do traço de AAUQ (areia asfalto usinado a quente)

Os materiais constituintes são os agregados miúdos, material de enchimento (filer) e cimento asfáltico, os quais devem satisfazer as especificações aprovadas pelo Dnit.

O principal agregado é a areia. Suas partículas individuais devem ser resistentes, em seus grãos, estando livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deve apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER-ME054).

4.2 Composição granulométrica dos agregados

A composição da mistura Areia-Asfalto a quente deve satisfazer aos requisitos do quadro seguinte com as respectivas tolerâncias no que diz respeito a granulométrica (DNER-ME 083/94) e aos percentuais do ligante asfáltico.

Segundo a normativa DNIT 032/2005, a camada de areia asfalto sendo destinada a camada de revestimento deve ser projetada com uma faixa granulométrica próxima aos limites inferiores da especificação.

Quadro 2 – Designação e tamanho dos Agregados

| DESIGNAÇÃO E TAMANHO NOMINAL DOS AGREGADOS | | | |
|---|----------------|---------------|--------------------|
| Designação | A | B | Tolerâncias |
| Tamanho Nominal | 4.75 mm | 2.0 mm | |

Projeto de
aprovação
Engenharia

Fonte: Norma Dnit 032/2005-ES

4.2.1 Ensaio Realizado

Os agregados foram coletados, ensaiados em laboratório, pode ser visto no quadro 03, o ensaio conforme (DNER 083/98), a determinação de agregados graúdos e miúdos para concreto, por peneiramento e com a massa retida em cada uma das peneiras, calcula-se a porcentagem em relação a massa total seca.

Quadro 3 – Peneiramento

| COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|-----------------|-----|-----------------------------|------|--------------------|------|-----------------------|------|--------------|-----|-------|------------------------------------|----------------------|
| PENEIRA | | | | | | | | | | | | | ESPECIFICAÇÃO FAIXA "A" DNIT | FAIXA DE TRABALHO |
| Polegada Nº | Abertura mm | BRITA 1/2 0% | | PEDRISCO 30% | | PÓ DE PEDRA 20% | | AREIA EXTRAÍDA 50% | | FILLER 0% | | 100% | | |
| 3/4" | 25,4 | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 30,0 | 100,0 | 20,0 | 100,0 | 50,0 | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 100 | 100 |
| 1/2" | 19,0 | 93,6 | 0,0 | 100,0 | 30,0 | 100,0 | 20,0 | 100,0 | 50,0 | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 100 | 100 — 100 |
| 3/8" | 9,52 | 36,0 | 0,0 | 100,0 | 30,0 | 100,0 | 20,0 | 100,0 | 50,0 | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 100 | 100 — 100 |
| 4 | 4,80 | 7,3 | 0,0 | 49,2 | 14,8 | 100,0 | 20,0 | 100,0 | 50,0 | 100,0 | 0,0 | 84,8 | 80 - 100 | 80 — 90 |
| 10 | 2,00 | 4,3 | 0,0 | 7,9 | 2,4 | 71,8 | 14,4 | 97,5 | 48,8 | 100,0 | 0,0 | 65,5 | 60 - 95 | 61 — 69 |
| 40 | 0,42 | 2,7 | 0,0 | 0,5 | 0,2 | 17,1 | 3,4 | 56,7 | 28,4 | 99,3 | 0,0 | 31,9 | 16 - 52 | 28 — 36 |
| 80 | 0,175 | 2,2 | 0,0 | 0,5 | 0,2 | 12,7 | 2,5 | 13,8 | 6,9 | 96,6 | 0,0 | 9,6 | 4 - 15 | 7 — 13 |
| 200 | 0,075 | 1,2 | 0,0 | 0,4 | 0,1 | 9,2 | 1,8 | 3,2 | 1,6 | 91,9 | 0,0 | 3,6 | 2 - 10 | 2 — 6 |
| BRITA 1/2 | | | | Procedência: | | | | | | | | | | |
| PEDRISCO | | | | Procedência: Mineração | | | | | | | | | | |
| PÓ DO PÁTIO | | | | Procedência: Mineração | | | | | | | | | | |
| AREIA | | | | Procedência: Areia extraída | | | | | | | | | | |
| FILLER | | | | Procedência: | | | | | | | | | | |

Fonte: acervo pessoal (2020)

Após o ensaio realizado, está demonstrado no quadro 4 o resumo obtido, para enquadramento na faixa A conforme DNIT 032/2005.

Quadro 4: Resumo peneiramento

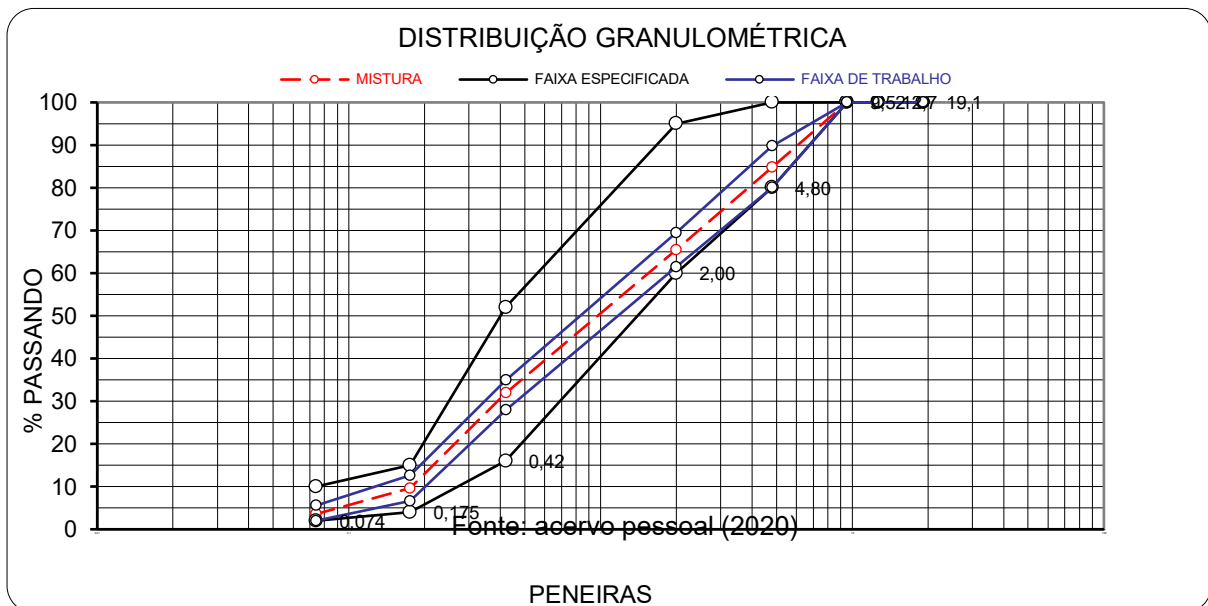
| PENEIRA | | GRANULOMETRIA OBTIDA (%) | FAIXA "A" DNIT (%) |
|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|
| Polegada Nº | Abertura mm | | |
| 3/4" | 19,1 | 100,0 | 100 |

| | | | |
|------|-------|-------|---------|
| 1/2" | 12,7 | 100,0 | 100 |
| 3/8" | 9,5 | 100,0 | 100 |
| 4 | 4,8 | 84,8 | 80 -100 |
| 10 | 2,0 | 65,5 | 60 -95 |
| 40 | 0,42 | 31,9 | 16 -52 |
| 80 | 0,18 | 9,6 | 4 -15 |
| 200 | 0,074 | 3,6 | 2-10 |

Fonte: acervo pessoal (2020)

Através desse resumo do peneiramento é montado o gráfico 1 conforme pode se ver abaixo, com peneiras X percentual passando para comprovar que o material ficou dentro da faixa exigida pela norma.

Gráfico 1: distribuição na faixa de trabalho



4.3 Ensaio de Marshall

O ensaio Marshall visa determinar a estabilidade e a fluência de misturas betuminosas de asfalto que são utilizados na pavimentação de rodovias, estradas e ruas.

A Norma DNER-ME043/95, apresenta os procedimentos para a determinação da estabilidade e da fluência de misturas betuminosas de cimento asfáltico, a quente,

para uso em pavimentação, com agregado de tamanho de 25,4 máximo, por meio da prensa Marshall.

Quadro 6 – Parâmetros Marshall

| Discriminação | ENSAIO |
|-----------------------|----------------------|
| | Marshall DNER-ME 043 |
| Porcentagem de vazios | 3 a 8 |
| Relação betume/vazios | 65 – 82 |
| Estabilidade, mínima | 300 kgf (75 golpes) |
| Fluência, mm | 2,0 – 4,5 |

Fonte: Norma Dnit

032/2005-ES

4.3.1 Ensaio de Marshall realizado

Conforme norma foi realizado o ensaio por meio da prensa Marshall com os resultados obtidos e mostrados no quadro 7.

Quadro 7 – Resultados Marshall

| MARSHALL | |
|--|--------------|
| DENSIDADE APARENTE (Kg/dm ³) | 2,283 |
| ÍNDICE DE VAZIOS (%) | 6,0% |
| RELAÇÃO DE BETUME VAZIOS (%) | 69,3% |
| ESTABILIDADE (Kg) | 574 |
| FLUÊNCIA (mm) | 3,4 |
| TEOR (%) | 6,0% |

Fonte: acervo pessoal (2020)

4.4 Resumo da mistura asfáltica

Todos os ensaios foram realizados e o resumo do projeto obtido conforme quadro:

Quadro 8 – Resumo obtido dos ensaios

| DESCRIÇÃO | OBTIDO | ESPECIFICADO | OBSERVAÇÕES |
|---|--------|--------------|-------------------------------------|
| - ASFALTO (CAP 50/70) | | | |
| - AGREGADOS | | | |
| Abrasão Los Angeles | 31,7% | <55% | |
| Durabilidade frente ao sulfato de sódio (Pedrisco) | 2,31% | <12% | |
| Durabilidade frente ao sulfato de sódio (Pó de Pedra) | 4,55% | <18% | |
| Índice de forma (Brita 3/4) | 2,05% | >0,5% | |
| Índice de plasticidade | NP | <6,0% | |
| Limite de liquidez | NL | <25% | |
| Equivalente de areia | 86,2% | >55% | |
| - COMPOSIÇÃO DA GRANULOMETRIA | | | LIMITES ADOTADOS (FAIXA "A" - DNIT) |
| Peneira 3/4" | 100 | 100 | ± 7% |
| Peneira 1/2" | 100,0 | 100 | ± 7% |
| Peneira 3/8" | 100,0 | 100 | ± 7% |
| Peneira nº 4 | 84,8 | 80 - 100 | ± 5% |
| Peneira nº 10 | 65,5 | 60 - 95 | ± 4% |
| Peneira nº 40 | 31,9 | 16 - 52 | ± 4% |
| Peneira nº 80 | 9,6 | 4 - 15 | ± 3% |
| Peneira nº 200 | 3,6 | 2 - 10 | ± 2% |
| - PORCENTAGEM DE ASFALTO | 6,0% | - | ± 0,3% |
| - CARACTERÍSTICAS MARSHALL | | | |
| Densidade (kg/cm³) | 2,283 | - | |
| Vazios de ar (%) | 6,0% | 3 - 8 | |
| R.B.V. (%) | 69,3% | 65 - 82 | |
| Estabilidade (kg) | 574 | >300 | |
| Fluência (mm) | 8,4 | 2,0 - 4,5 | |

Fonte: acervo pessoal (2020).

A composição da mistura utilizada e aprovada nos ensaios conforme quadro 3 esta mostrada no quadro 9:

Quadro 9 – Resumo obtido dos ensaios

| COMPOSIÇÃO DA MISTURA | | | | |
|-----------------------|----------|-------------|-------|-------|
| BRITA 1 | PEDRISCO | PÓ DE PEDRA | AREIA | FILER |
| 0% | 30% | 20% | 50% | 0% |

Fonte: acervo pessoal (2020)

Para finalizar o traço do AAUQ, é acrescentado o CAP 50/70. Conforme teor já mostrado nos ensaios obtidos de 6%. Em cada percentual de agregado é descontado o teor de CAP, o que automaticamente diminuirá o percentual do agregado a ser utilizado no traço do AAUQ.

Quadro 10 – Composição Final

| COMPOSIÇÃO FINAL DA MISTURA + CAP 50/70 | | | | |
|---|----------|-------------|-------|-----|
| BRITA 1 | PEDRISCO | PÓ DE PEDRA | AREIA | CAP |
| 0% | 28,20% | 18,8% | 47% | 6% |

Fonte: acervo pessoal (2020)

4.5 Ensaio para composição do traço de CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente)

Os materiais constituintes do concreto asfáltico são agregados graúdo, agregado miúdo, material de enchimento filer e ligante asfáltico, os quais devem satisfazer às Normas pertinentes, e às Especificações aprovadas pelo DNIT.

Todos os ensaios foram realizados seguindo a norma Norma DNIT 031/2006 – ES, a fim de chegar ao traço de CBUQ.

Os parâmetros a serem adotados conforme demonstrados nos quadros abaixo.

Quadro 11 – Designação e tamanho dos Agregados

| 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% |
| Astolfo solúvel no CS2(+) (%) | | 4,0 - 7,0 | 4,5 - 7,5 | 4,5 - 9,0 | |
| Camada de ligação (Binder) | | | Camada de ligação e rolamento | | |

Fonte: Norma Dnit 031/2006-ES

Quadro 12 – Parâmetros Marshall

Quadro 13 – Vazios do Agregado Mineral

| Características | Método de ensaio | Camada de Rolamento | Camada de Ligação (Binder) | VAM – Vazios do Agregado Mineral | | |
|--|------------------|---------------------|----------------------------|------------------------------------|------|--------------|
| | | | | Tamanho Nominal Máximo do agregado | | VAM Mínimo % |
| | | | | # | m m | |
| Porcentagem de vazios, % | DNER-ME 043 | 3 a 5 | 4 a 6 | 1 ½" | 38,1 | 13 |
| Relação betume/vazios | DNER-ME 043 | 75 - 82 | 65 - 72 | 1" | 25,4 | 14 |
| Estabilidade, mínima, (Kgf) (75 golpes) | DNER-ME 043 | 500 | 500 | ¾" | 19,1 | 15 |
| Resistência à Tração por Compressão Diametral estática a 25°C, mínima, MPa | DNER-ME 138 | 0,65 | 0,65 | ½" | 12,7 | 16 |
| | | | | 3/8" | 9,5 | 18 |

Fonte: Norma Dnit 031/2006-ES

Após realização de todos os ensaios dos agregados para o CBUQ, os resultados foram obtidos conforme quadro 14:

Quadro 14 – Resumo do traço de CBUQ

| RESUMO DE RESULTADOS DA MISTURA | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|---------|------------|---------|---------|---------|-------------|---------|---------|---------|-------------------|---------------------|--------|---------------------|-------------------|
| PENEIRAS | BRITA 5/8" | | BRITA 1/2" | | AREIA | | PÓ DE PEDRA | | CAL | | FAIXA "C" | | | | |
| | 15,0% | % MIST. | 30,0% | % MIST. | 8% | % MIST. | 46% | % MIST. | 1% | % MIST. | FAIXA "C" MIN. | FAIXA TRAB. MIN. | OBTIDA | FAIXA TRAB. MAX. | FAIXA "C" MÁX. |
| | % PASS. | 15,0% | %PASS | 30,0% | % PASS. | 8% | % PASS. | 46% | % PASS. | 1% | | | | | |
| 3/4" | 100,00 | 15,00 | 100,00 | 30,00 | 100,00 | 8,00 | 100,00 | 46,00 | 100,00 | 1,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 1/2" | 84,20 | 12,63 | 97,70 | 29,31 | 100,00 | 8,00 | 100,00 | 46,00 | 100,00 | 1,00 | 80,00 | 89,90 | 96,94 | 100,00 | 100,00 |
| 3/8" | 12,10 | 1,82 | 76,20 | 22,86 | 99,10 | 7,93 | 100,00 | 46,00 | 100,00 | 1,00 | 70,00 | 72,60 | 79,60 | 86,60 | 90,00 |
| 4 | 0,60 | 0,09 | 12,60 | 3,78 | 97,90 | 7,83 | 99,60 | 45,82 | 100,00 | 1,00 | 44,00 | 53,50 | 58,52 | 63,50 | 72,00 |
| 10 | 0,50 | 0,08 | 0,50 | 0,15 | 96,20 | 7,70 | 73,80 | 33,95 | 100,00 | 1,00 | 22,00 | 37,90 | 42,87 | 47,90 | 50,00 |
| 40 | 0,50 | 0,08 | 0,40 | 0,12 | 52,30 | 4,18 | 31,90 | 14,67 | 100,00 | 1,00 | 8,00 | 15,10 | 20,05 | 25,10 | 26,00 |
| 80 | 0,50 | 0,08 | 0,40 | 0,12 | 2,00 | 0,16 | 19,60 | 9,02 | 98,60 | 0,99 | 4,00 | 7,40 | 10,36 | 13,40 | 16,00 |
| 200 | 0,40 | 0,06 | 0,30 | 0,09 | 0,10 | 0,01 | 10,50 | 4,83 | 89,50 | 0,90 | 2,00 | 3,90 | 5,88 | 7,90 | 10,00 |

| COMPOSIÇÃO SEM BETUME | | COMPOSIÇÃO COM BETUME | | CARACTERÍSTICA DA MISTURA | |
|----------------------------|--------|----------------------------|--------|--------------------------------------|-------|
| AGREGADO GRAÚDO BRITA 5/8" | 15,0% | AGREGADO GRAÚDO BRITA 5/8" | 14,25% | VAZIOS% | 3,79 |
| AGREGADO MIÚDO BRITA 1/2" | 30,0% | AGREGADO MIÚDO BRITA 1/2" | 28,50% | R.B.V.% | 76,47 |
| PÓ DE PEDRA | 46,0% | PÓ DE PEDRA | 43,70% | ESTABILIDADE kg | 1216 |
| AREIA | 8,0% | AREIA | 7,60% | DENSIDADE aparente g/cm ³ | 2,492 |
| CAL | 1,0% | CAL | 0,95% | DENSIDADE teórica g/cm ³ | 2,590 |
| | | CAP | 5,0% | V.A.M. | 16,10 |
| | | | | DOPPING | 0,00% |
| | | | | FLUÊNCIA | 3,73 |
| TOTAL | 100,0% | TOTAL | 100,0% | TRAÇÃO DIAMETRAL | 1,05 |

Fonte: acervo pessoal 2020

4.6 Viabilidade Econômica

A análise de viabilidade econômica consiste em avaliar entre duas ou mais alternativas de investimentos de modo a identificar qual delas será a melhor decisão possível a ser tomada. Nesse contexto o estudo tem como objetivo realizar uma análise comparativa de viabilidade econômica voltada para pavimentação asfáltica com aplicação de dois materiais diferentes - Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) e Areia Asfalto Usinado a Quente (AAUQ) em um trecho entre as cidades de Bom Jesus do Piauí e Gilbués também no estado do Piauí.

Como o método de usinagem e de aplicação é o mesmo, só será levado em consideração o custo dos materiais necessários para a execução de pavimento. Mas, faz se necessário apresentar conforme tabelas 01 e 02, as atividades mínimas necessárias, equipamentos e a mão e obra para execução, segundo o sistema de custos rodoviários do DNIT

Tabela: 01 – Custo com mão de obra mínima mensal

| Atividades | Cargo | Quant. | Salário Unitário Com Encargos | Salário Total |
|----------------------|---|--------|-------------------------------|---------------------|
| Usinagem | Encarregado de Usina | 01 | R\$ 5415,25 | R\$ 5415,25 |
| | Operador de Usina | 01 | R\$ 3732,45 | R\$ 3732,45 |
| | Operador de Pá-Carregadeira | 01 | R\$ 3403,11 | R\$ 3403,11 |
| | Operador de Caldeira | 01 | R\$ 2374,04 | R\$ 2374,04 |
| | Maçariqueiro | 01 | R\$ 2361,04 | R\$ 2361,04 |
| | Serventes | 04 | R\$ 1725,08 | R\$ 6900,32 |
| Transporte | Motorista de Caminh. Basculante | 04 | R\$ 2493,52 | R\$ 9974,08 |
| Execução na Pista | Encarregado | 01 | R\$ 3337,2 | R\$ 3337,2 |
| | Operador de Vibro Acabadora | 01 | R\$ 3732,45 | R\$ 3732,45 |
| | Operador de Rolo Compactador | 01 | R\$ 2242,6 | R\$ 2242,6 |
| | Operador de Rolo Tander | 01 | R\$ 1660,01 | R\$ 1660,01 |
| | Operador de Girico/Vassoura Mecânica | 01 | R\$ 2242,6 | R\$ 2242,6 |
| | Operador de Mesa da Vibro acabadora | 02 | R\$ 3249,15 | R\$ 6498,3 |
| | Fonte: DNIT - Sistema de Custos Rodoviários - Setembro/2014 | | | R\$ 4822,38 |
| | Serventes | 04 | R\$ 1725,08 | R\$ 6900,32 |
| | Motorista de Caminhão Pipa | 02 | R\$ 2493,52 | R\$ 4987,04 |
| | Motorista de Caminhonete | 01 | R\$ 2242,6 | R\$ 2242,6 |
| | Motorista Distribuidor de Asfalto | 01 | R\$ 2493,52 | R\$ 2493,52 |
| Custos Totais | Σ = 31 | | | R\$ 75319,31 |

Tabela: 02 – Custo com máquinas e equipamentos

| Máquinas | Quantidade | Valor de Aquisição | Total |
|--------------------------|------------|--------------------|------------------|
| Caminhões Basculantes | 04 | R\$ 284.556,94 | R\$ 1.138.227,76 |
| Vibro Acabadora | 01 | R\$ 585.290,73 | R\$ 585.290,73 |
| Rolo Compactador | 01 | R\$ 394.593,28 | R\$ 394.593,28 |
| Rolo Tander | 01 | R\$ 181.181,40 | R\$ 181.181,40 |
| Vassoura Mecânica | 01 | R\$ 31.348,65 | R\$ 31.348,65 |
| Retro Escavadeira | 01 | R\$ 211.420,15 | R\$ 211.420,15 |
| Trator Agrícola (Girico) | 01 | R\$ 128.579,90 | R\$ 128.579,90 |
| Carregadeira de Pneus | 01 | R\$ 330.320,18 | R\$ 330.320,18 |
| Usina de Asfalto | 01 | R\$ 1.401.220,50 | R\$ 1.401.220,50 |

Fonte: DNIT- Sistema de Custos Rodoviários – setembro/2014



4.7 Viabilidades dos traços

Segundo dados da Secretária de Transportes do Estado do Amapá – SETRAP (2014) - o custo da matéria prima por tonelada CBUQ e AAUQ, são de R\$ 335,300/t e R\$ 228,70/t, respectivamente.

O orçamento da aquisição de matéria prima CIF (material fornecido obra) para execução dos pavimentos flexíveis CBUQ e AAUQ na região foi realizado. A quantidade total de toneladas de pavimento a serem executadas no contrato, são de 104.000,00 toneladas. Chegando ao valor por tonelada R\$ 263,99/t e R\$ 239,31/t, respectivamente (tabela 03).

Um fator importante levado em consideração foi a disposição dos agregados na região, a pedreira mais próxima com material que atende o traço do CBUQ fica a 450 km do canteiro de obras onde o pavimento é usinado. Já para o material que atende o traço do AAUQ, foi encontrada uma pedreira a 110 Km, além de que o maior percentual que é areia, é encontrado nos riachos da região com melhor custo.

Tabela: 03 – Orçamento realizado

| Cotação de Material para execução de 104.000 ton de pavimento flexível | | OBRA: | | BR 135 | | Quantidade Total | | 104000,00 ton | | |
|--|--------------|-------------------|---------|---------|-------------|---|----------------|---|----------------------|-------------------|
| CUBUQ | | Tipo de pavimento | | | |  | |  | | |
| ITEM | MATERIAL | UND. | % AAUQ | % CBUQ | QUANT. AAUQ | QUANT. CBUQ | V. UNITARIO | V. TOTAL | V. UNITARIO | V. TOTAL |
| 1 | Pedrisco | Ton | 28,20% | 0,00% | 5 29328,00 | 0,00 | R\$ 110,00 | R\$ 3.226.080,00 | R\$ - | R\$ - |
| 2 | Pó de Pedra | Ton | 18,80% | 43,70% | 19552,00 | 45448,00 | R\$ 75,00 | R\$ 1.466.400,00 | R\$ 75,00 | R\$ 3.408.600,00 |
| 3 | Areia | Ton | 47,00% | 7,60% | 48880,00 | 7904,00 | R\$ 30,20 | R\$ 1.476.176,00 | R\$ 30,20 | R\$ 238.700,80 |
| 4 | Cap 50/70 | Ton | 6,00% | 5,00% | 6240,00 | 5200,00 | R\$ 3.000,00 | R\$ 18.720.000,00 | R\$ 3.000,00 | R\$ 15.600.000,00 |
| 5 | Brita 5/8 | Ton | 0,00% | 14,25% | 0,00 | 14820,00 | R\$ - | R\$ - | R\$ 153,50 | R\$ 2.274.870,00 |
| 6 | Brita de 1/2 | Ton | 0,00% | 28,50% | 0,00 | 29640,00 | R\$ - | R\$ - | R\$ 153,50 | R\$ 4.549.740,00 |
| 7 | Cal (filer) | Ton | 0,00% | 0,95% | 0,00 | 988,00 | R\$ - | R\$ - | R\$ 1.400,00 | R\$ 1.383.200,00 |
| | | | | | | | R\$ - | R\$ - | R\$ - | R\$ - |
| | | | | | | | R\$ - | R\$ - | R\$ - | R\$ - |
| | | | 100,00% | 100,00% | | | R\$ - | R\$ - | R\$ - | R\$ - |
| | | | | | | | TOTAL: | | TOTAL: | |
| | | | | | | | | R\$ 24.888.656,00 | | R\$ 27.455.110,80 |
| Melhor Opção ----- | | | | | | | RS | | 24.888.656,00 | |
| Fonte: acervo pessoal 2020 | | | | | | | Valor Tonelada | R\$ 239,31 | Valor Tonelada | R\$ 263,99 |

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A seguir são apresentadas as conclusões obtidas nesta pesquisa após a realização das análises do estudo realizado. No fim desta são apresentadas as sugestões para trabalhos futuros.

5.1 Conclusões

Diante do exposto, ficou claro a importância da engenharia civil e o estudo de viabilidade para definição do melhor serviço a ser realizado, buscando a economia, existe várias opções de se realizar um determinado serviço, por isso é importante um estudo macro, obedecendo todas as normas antes de propor a solução e através do estudo realizado e da metodologia imposta, foi possível verificar por meio de ensaios e cálculos obtendo como resultado, a formação dos traços de AAUQ e CBUQ.

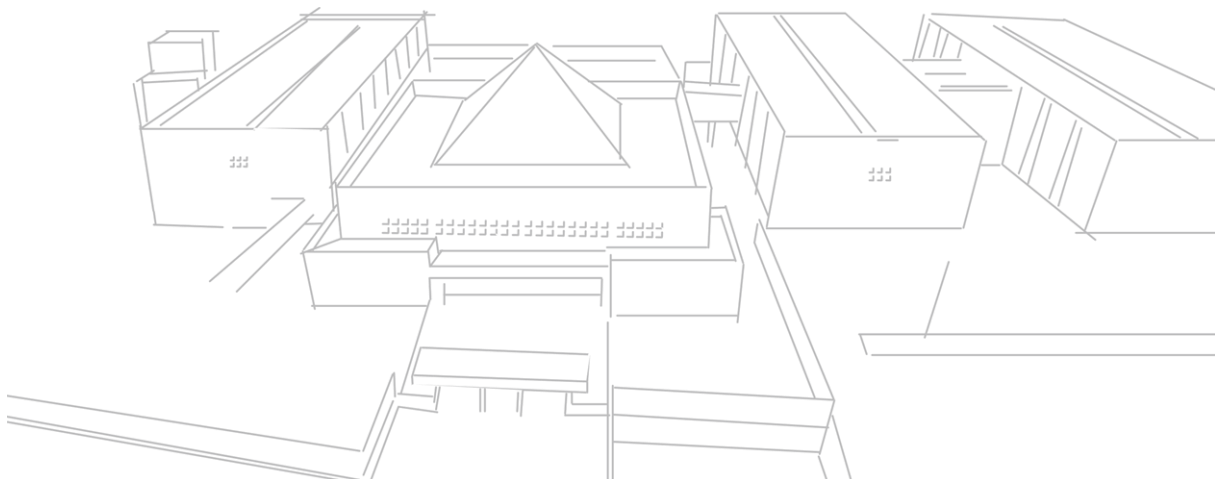
Para comparativo, realizou-se orçamento, através de levantamento de quantitativos de materiais a serem utilizados em cada traço. A obra em questão tem um valor de custo direto(materiais) para execução de CBUQ de R\$ 27.455.110,80, com o estudo realizado, foi proposto a utilização de AAUQ como solução mais viável, orçamento apresentado de R\$ 24.888.656,00. Conforme pode ser verificado nos traços, o CBUQ por ter na sua composição mais agregados graúdos, automaticamente possui maior estabilidade 1216 kg contra 574 kg do AAUQ, que na sua composição os agregados são finos. Como esse projeto é de implantação de acostamento, onde o tráfego não é elevado, conclui-se então que a melhor opção a ser adotada na região como solução na confecção desse pavimento flexível é o AAUQ (Areia Asfalto Usinado a Quente), gerando uma economia de 9,34%. O fator principal, que influenciou diretamente nos resultados foi o custo de transporte dos agregados, essa logística torna-se o traço de CBUQ (Concreto Asfalto Usinado a Quente) inviável. Outro fator importante que não pode deixar de ser mencionado, foi a durabilidade, pois não basta obter um custo menor inicial e lá na frente ter problemas com patologias, causando muita manutenção. No fim o custo pode ser muito elevado superando os 9,34 % de economia que se fez. Como esse pavimento flexível será executado em um

acostamento, não é exposto a tanto esforço como em uma pista de rolamento de fluxo intenso, isso faz com que apesar de mais barato ainda não perca em durabilidade. Nos Anexos I e II será apresentado as fotos da obra, onde podemos perceber que além das vantagens mencionadas, esteticamente ficou excelente o resultado.

5.2 Trabalhos futuros

Ao final desse trabalho, sugerem-se outros temas na mesma linha de pesquisa para trabalhos futuros.

- Possível diferença de tempo de duração entre um pavimento flexível e outro.
- Importância da Logística na elaboração de um projeto.
- Estudo sobre a conscientização dos profissionais da redução de custos de um projeto.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 3ª Edição. **Rio de Janeiro: Editora ABEDA, 2006.**

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.

BALBO, José Tadeu. Pavimentação asfáltica. **São Paulo: Oficina de Textos, 2007.**

DEPARTAMENTO DE OBRAS DE COOPERAÇÃO. **Capítulo Único: Guia de trabalhos de engenharia.** 15 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, Brasil.

COMPANHIA URBANIZADA DA NOVA CAPITAL DO BRASIL. **Especificação Técnica Para Execução de Camadas de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).** 20 de Setembro de 2012. Brasília-DF, Brasil.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. *DNIT 011/2004PRO: gestão da qualidade em obras rodoviárias: procedimento.* Rio de Janeiro: IPR, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. *DNIT 032/2005 -ES: Pavimentos flexíveis – Areia-Asfalto a quente – Especificação de serviço.* Rio de Janeiro: 2005.

SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTE ESTADO DO AMAPÁ, **Edital de Licitação**, 03 de dezembro de 2014. Amapá-PA, Brasil.

DNER-ME 043/95: **misturas asfálticas a quente – ensaio Marshall: método de ensaio.** Rio de Janeiro: IPR, 1995.

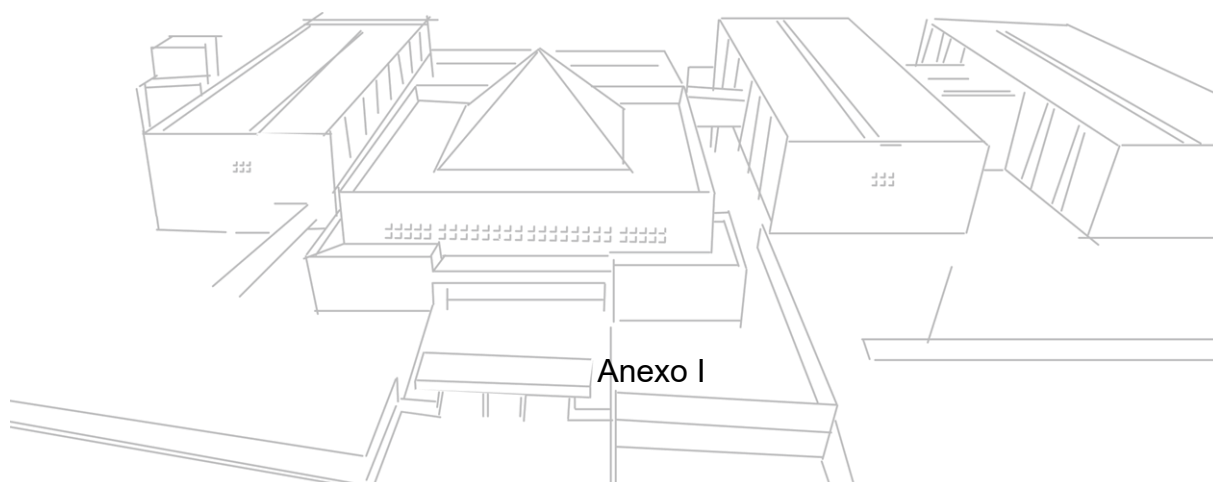
DNER-ME 053/94: **misturas asfálticas – percentagem de betume: método de ensaio.** Rio de Janeiro: IPR, 1994.

DNER-ME 054/97: **equivalente de areia: método de ensaio.** Rio de Janeiro: IPR, 1997.

DNER-ME 079/94: **agregado - adesividade a ligante asfáltico: método de ensaio.**
Rio de Janeiro: IPR, 1994.

DNER-ME 083/98: **agregados – análise granulométrica: método de ensaio.** Rio de Janeiro: IPR, 1998.

DNER-ME 089/94: **agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio: método de ensaio.** Rio de Janeiro: IPR, 1994.



Marcação de Offset



Fonte: acervo pessoal 2020

Terraplanagem



Fonte: acervo pessoal 2020

Reforço de Subleito



Fonte: acervo pessoal 2020

Reforço de Subleito



Fonte: acervo pessoal 2020

Execução de base



Fonte: acervo pessoal 2020

Base executada



Fonte: acervo pessoal 2020

Anexo II

Corpos de prova AAUQ x CBUQ



Fonte:
acervo

peçoal 2020

Execução de camada de ligação



Fonte: acervo peçoal 2020

Camada de ligação



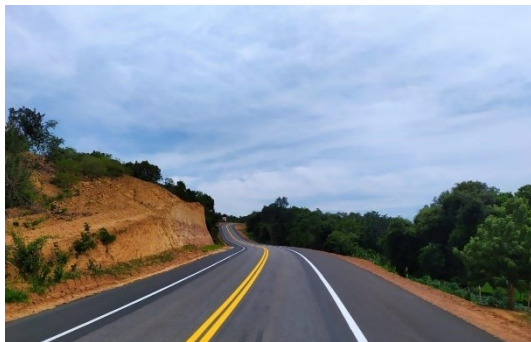
Fonte: acervo peçoal 2020

Aplicação do pavimento flexível AAUQ



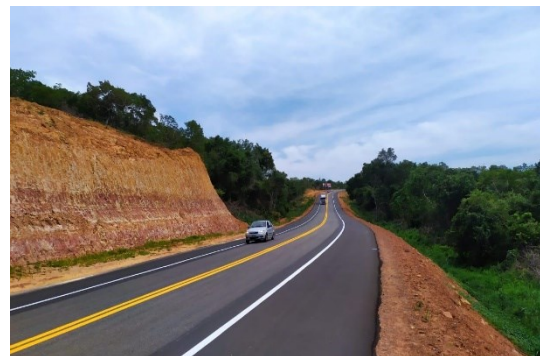
Fonte: acervo peçoal 2020

AAUQ aplicado



Fonte: acervo peçoal 2021

AAUQ aplicado



Fonte: acervo peçoal 2021

