



**Editora
Uniesp**

DIÁLOGOS CIENTÍFICOS EM ENGENHARIA CIVIL

PRODUÇÕES ACADÊMICAS 2021.2



ORGANIZADORES:
Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos
Marco Aurélio Rodrigues de Melo



uniesp
Centro Universitário

ISBN: 978-65-5825-118-7

DIÁLOGOS CIENTÍFICOS EM ENGENHARIA CIVIL: PRODUÇÕES ACADÊMICAS 2021.2

**Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos
Marco Aurélio Rodrigues de Melo
(Organizadores)**

Centro Universitário – UNIESP

Cabedelo - PB
2022



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIESP

Reitora

Érika Marques de Almeida Lima

Pró-Reitora Acadêmica

Iany Cavalcanti da Silva Barros

Editor-chefe

Cícero de Sousa Lacerda

Editores assistentes

Márcia de Albuquerque Alves

Josemary Marcionila F. R. de C. Rocha

Editora-técnica

Elaine Cristina de Brito Moreira

Corpo Editorial

Ana Margareth Sarmiento – Estética

Anneliese Heyden Cabral de Lira – Arquitetura

Daniel Vitor da Silveira da Costa – Publicidade e Propaganda

Érika Lira de Oliveira – Odontologia

Ivanildo Félix da Silva Júnior – Pedagogia

Jancelice dos Santos Santana – Enfermagem

José Carlos Ferreira da Luz – Direito

Juliana da Nóbrega Carreiro – Farmácia

Larissa Nascimento dos Santos – Design de Interiores

Luciano de Santana Medeiros – Administração

Marcelo Fernandes de Sousa – Computação

Paulo Roberto Nóbrega Cavalcante – Ciências Contábeis

Maria da Penha de Lima Coutinho – Psicologia

Paula Fernanda Barbosa de Araújo – Medicina Veterinária

Rita de Cássia Alves Leal Cruz – Engenharia

Rodrigo Wanderley de Sousa Cruz – Educação Física

Sandra Suely de Lima Costa Martins

Zianne Farias Barros Barbosa – Nutrição

Copyright©2022 – Editora UNIESP

É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio. A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998) é crime estabelecido no artigo 184 do Código Penal.

O conteúdo desta publicação é de inteira responsabilidade do(os) autor(es).

Designer Gráfico:

Mariana Moraes de Oliveira Araújo

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Padre Joaquim Colaço Dourado (UNIESP)**

D537 Diálogos científicos em engenharia civil: produções acadêmicas
2021.2 [recurso eletrônico] / Organizado por Giuseppe
Cavalcanti de Vasconcelos, Marco Aurélio Rodrigues de
Melo. - Cabedelo, PB : Editora UNIESP, 2022.
546 p. ; il. : color.

Tipo de Suporte: E-book
ISBN: 978-65-5825-118-7

1. Produção científica – Engenharia Civil. 2. Engenharia
Civil - Interdisciplinaridade. 3. Diálogos – Conhecimento
científico. I. Título. II. Vasconcelos, Giuseppe Cavalcanti de. III.
Melo, Marco Aurélio Rodrigues de.

CDU : 001.891:624

Bibliotecária: Elaine Cristina de Brito Moreira – CRB-15/053

Editora UNIESP

Rodovia BR 230, Km 14, s/n,
Bloco Central – 2 andar – COOPERE
Morada Nova – Cabedelo – Paraíba
CEP: 58109-303

SUMÁRIO

IMPORTÂNCIA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA A AGRICULTURA FAMILIAR NO NORDESTE DO BRASIL - Alcelyo Roberto Mariz de Figueiredo Moreira e Nathan Luan Dutra Sarmento	6
AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO COM ARDUINO - Alesson Clementino de Souza e Nathan Luan Dutra Sarmento	35
ESTUDO COMPARATIVO NA PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS PET - Amadeu Serrano Costa, Luiz Florival Cipriano e Rita de Cássia Alves Leal Cruz	57
COMPARATIVO DOS MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS COM A PROVA DE CARGA NA ESTACA HÉLICE CONTÍNUA AFIM DE OBTER REDUÇÃO NO CUSTO FINAL DA FUNDAÇÃO - Bianca Estevam da Silva, Thuilla Lopes Peixoto e Carlos Rolim Neto	79
GESTÃO DE NEGÓCIOS E OS DESAFIOS DA PANDEMIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL BUSINESS MANAGEMENT AND THE CHALLENGES OF THE CIVIL CONSTRUCTION PANDEMIC - Damião Ramalho de Farias e Fabio Ferreira da Silva	109
ESTUDO E APLICAÇÃO DO MÉTODO <i>LEAN CONSTRUCTION</i> NA CONSTRUÇÃO CIVIL - Everaldo Braga Cavalcanti Neto, Rafael Luiz Henrique de Queiroz Coutinho e Rita Cássia Alves Leal Cruz	131
ESTUDO DE FINANCIAMENTO DE PAINÉIS FOTOVOLTÁICOS PARA UMA UNIDADE RESIDENCIAL - Francinaldo Guedes Pereira, Geórgia Amorim Victor Silva e Vladyr Yuri Soares de Lima Cavalcanti	154
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE ARGAMASSA COLANTE COM ADIÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE CIMENTO EM SUA COMPOSIÇÃO PARA O ASSENTAMENTO DE PLACAS CERÂMICAS - Igor Evangelista Mamede e Keny Rodrigues Batista	176
ANÁLISE DO PLANEJAMENTO EM CANTEIRO DE OBRAS: ESTUDO DE CASO EM OBRAS VERTICAIS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA – PB - Valeska Palloma Martins Jales Nunes, Isabelly Camila Diniz de Oliveira Farias e Keny Rodrigues Batista	195
SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO - Anny Karoline Tavares da Silva e Hágnon Correia de Amorim	225
ESTUDO DA CONCEPÇÃO E PROJETO DE UM GALPÃO DE COMPOSTAGEM PARA O MUNICÍPIO DE MAMANGUAPE-PB - Emanuel de Tarso Barbosa dos Santos, Paulo Sergio do Nascimento Junior e Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros	248
MONITORAMENTO O PROCESSO DE EROÇÃO COSTEIRA NA FALÉSIA ATIVA DO CABO BRANCO, LITORAL SUL DE JOÃO PESSOA-PB - Gefferson Celestino de Moraes, Laudelino de Araújo Pedrosa Filho e Williams da Silva Guimarães de Lima	277
IMPLANTAÇÃO DE METODOLOGIA DE ASSENTAMENTO DE BLOCOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL NA CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO EM CABEDELO – PB: ESTUDO DE CASO - Henrique do Nascimento Costa e José Leonilo Romeu de Figueiredo Lima	301
ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO DE TRATAMENTO ACÚSTICO EM <i>DRYWALL</i> - Isabelly Cristina da Silva Souza, Priscila Mayana Torres Barbosa e Keny Rodrigues Batista	319
A IMPORTÂNCIA DA SUSTENTABILIDADE E DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL - Jecianne Marinho Maia, Wagnner César de Melo Florêncio e Marco Aurélio Rodrigues de Melo	342

ARRECAÇÃO DE ITBI NO MUNICÍPIO DE CABEDELO E A ATIVIDADE DO MERCADO IMOBILIÁRIO BRASILEIRO - Pedro Henrique Maroja Limeira Brito Espinola e Marco Aurelio Rodrigues de Melo	363
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO NO CONDOMÍNIO ALVORADA EM JOÃO PESSOA-PB - Ricardo Nóbrega Almeida, Yuri Kerle Mendes Ribeiro e José Leonilo Romeu de Figueiredo Lima	383
TIPOS E CARACTERÍSTICAS PATOLÓGICAS ENCONTRADAS DA RODOVIA DE PAVIMENTO FLEXÍVEL LOCALIZADA NA AVENIDA OCEANO ÍNDICO, BAIRRO DE INTERMARES, SUL DO MUNICÍPIO DE CABEDELO-PB - Rodrigo do Ó Catão Bongiovi e José Leonilo Romeu de Figueiredo Lima	408
A INFLUÊNCIA DA PONTA NA CAPACIDADE DE CARGA DE UMA ESTACA ESCAVADA: UM ESTUDO DE CASO - Sara Grazielle Ribeiro Trajano e Carlos Rolim Neto	430
UMA ATUALIZAÇÃO DE BASES E CONCEITOS NA UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL - Tiago Charles Santos de Luna e Williams da Silva Guimarães de Lima	462
CONCRETO PROTENDIDO E ESTUDO DE CASO EM LAJE PROTENDIDA - Tiago Rodrigues de Paiva e José Leonilo Romeu de Figueiredo Lima	483
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM ESTACIONAMENTO FOTOVOLTAICO NO CAMPUS DO UNIESP CENTRO UNIVERSITÁRIO - Heitor Vilar Medeiros e Nathan Luan Dutra Sarmento	504
SONDAGEM HÍBRIDA: IMPLEMENTAÇÃO DE ELEMENTOS DE AUTOMAÇÃO AO PROCESSO DE SONDAGEM A PERCUSSÃO - Arthur Menezes Ferreira, Maria Beatriz de Freitas Lins Silva e Nathan Dutra Sarmento	526

IMPORTÂNCIA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA A AGRICULTURA FAMILIAR NO NORDESTE DO BRASIL

Alcelyo Roberto Mariz de Figueiredo Moreira¹
Nathan Luan Dutra Sarmiento²

RESUMO

A discussão da questão energética em nível mundial apoia-se no alto custo pago pelo planeta decorrente do uso de fontes de energia não-renováveis. A emissão de gases de efeito estufa tem promovido o aquecimento global com previsões catastróficas. Diante disso, a ciência e a técnica alimentadas pelas engenharias, pela física e outras ciências têm buscado alternativas para a geração de energias renováveis de custo mais baixo e não poluentes. Tem se destacado a energia solar fotovoltaica. A agricultura familiar é predominantemente voltada para a produção de alimentos pela família. Este trabalho tem por objetivo analisar a importância da energia fotovoltaica para a agricultura familiar no Nordeste do Brasil, através de uma revisão bibliográfica sobre o tema. Ele apresenta os fundamentos e o funcionamento do sistema fotovoltaico e suas vantagens para a agricultura familiar do Nordeste a partir de exemplos nos estados do Piauí, de Pernambuco e da Paraíba. Conclui que o sistema fotovoltaico responde as necessidades da agricultura familiar reformada e não reformada uma vez que essa tecnologia já vem apresentando um papel transformador. Isto é, vem possibilitando a automação de processos da atividade do campo, contribuindo para a ampliação da renda familiar e, além disso, participando no processo de democratização da energia elétrica junto àqueles que carecem de acesso fácil.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica; Agricultura familiar; Paraíba.

ABSTRACT

The discussion of the energy issue at a global level is based on the high cost paid by the planet resulting from the use of non-renewable energy sources. The emission of greenhouse gases has promoted global warming with catastrophic predictions. Therefore, science and technique fed by engineering, physics and other sciences have sought alternatives for the generation of renewable energy at lower cost and non-polluting. Solar photovoltaic energy has been highlighted. Family farming is predominantly oriented towards the production of food by the family. This work aims to analyze the importance of photovoltaic energy for family farming in Northeast Brazil, through a literature review on the subject. It presents the fundamentals and functioning of the photovoltaic system and its advantages for family farming in the Northeast, based on examples in the states of Piauí, Pernambuco and Paraíba. It concludes that the photovoltaic system responds to the needs of reformed and non-reformed family farming, since this technology has already been playing a

¹ Graduando em Engenharia Civil – Centro Universitário UNIESP, Cabedelo, PB. E-mail: alcelyo@gmail.com

² Professor orientador, graduado em engenharia elétrica, pela Universidade Federal de Campina Grande, Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba. Docente do curso de Engenharia Civil do UNIESP das disciplinas de física geral e experimental, eletricidade e magnetismo, ótica em movimentos ondulatórios. E-mail: nathan.sarmiento@iesp.edu.br

transforming role. That is, it has been enabling the automation of processes in rural activities, contributing to the expansion of family income and, in addition, participating in the process of democratization of electricity for those who lack easy access.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy. Family Agriculture. Paraíba.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos assistiu-se a uma evolução extraordinária da matriz energética mundial. Essa evolução foi mais célere a partir da revolução industrial, quando tem lugar mudanças profundas quanto à diversidade de fontes e padrões de uso de energia. Principais responsáveis por tais mudanças foi a descoberta da máquina a vapor, a propagação do uso do carvão mineral (considerado o primeiro combustível fóssil usado em larga escala) na combustão direta, nos meios de transporte, na indústria e na geração de energia elétrica (GOLDEMBERG; LUCON, 2007)

Em meados do século XIX teve início a era do petróleo, porém seu uso inicial, limitou-se à obtenção de querosene e óleos lubrificantes. A utilização da gasolina como combustível para carros só foi possível com a invenção dos motores de combustão interna e a produção de automóveis em grande escala. Tem início, então, uma nova era, caracterizada pelo surgimento do automóvel e pela exploração do petróleo (FARIAS; SELLITTO, 2011).

Até meados do século XX a matriz energética dominante no mundo, era quase que totalmente dependente de fontes não renováveis derivadas dos combustíveis fósseis. Contudo, após a Segunda Grande Guerra, o crescimento acelerado da população, a intensificação do processo da urbanização e a velocidade do processo de industrialização mundial fez crescer a demanda de energia no planeta, principalmente em função das alterações ocorridas no padrão de consumo da maior parte das populações (RIPPEL; RIPPEL; LIMA, 2009).

O aumento da produção de energia para responder ao aumento da demanda, teve no petróleo o elemento motriz e, desde então, ele passou a ser a principal força propulsora do progresso da humanidade.

Por sua vez, o desenvolvimento da ciência, da técnica, da informática, da robótica e da telemática no decorrer do século XX, aumentou extraordinariamente a demanda por energia elétrica, impulsionando o desenvolvimento da produção de

energia, sobretudo nos países industrializados e naqueles em processo de industrialização. (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Se de um lado, o crescimento da produção e do consumo de energia garantem o progresso e o desenvolvimento socioeconômico e oferecem uma série de condições para a melhoria da qualidade de vida da população, de outro lado, o consumo excessivo de fontes não renováveis, como o petróleo e seus derivados, o gás natural e o carvão mineral, tem promovido não apenas a redução dessas fontes de energia, como o aumento da emissão de gases de efeito estufa.

Os gases de efeito estufa mais importantes são o dióxido de carbono (CO_2), do metano (CH_4), do óxido nitroso (N_2O) e do vapor de água (H_2O). O CO_2 , também chamado de gás carbônico, é o gás de efeito estufa (GEE) mais relevante, por estar presente em maior volume nessas emissões (JUNGES; SANTOS; MASSONI, 2018).

As consequências desse processo são gravíssimas para o meio ambiente em nível mundial, na medida em que, somando-se a redução em grande escala das áreas de mata ele concorre para o aumento da temperatura média do planeta promovendo o que passou a ser conhecido como “aquecimento global”. Daí a preocupação, com a substituição das fontes tradicionais de energia por recursos menos agressivos ao meio ambiente (ORNELLAS, 2006).

A preocupação com a geração de energia por fontes renováveis tornou-se maior com a celebração do Acordo de Paris, realizado na Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015. O documento inovou ao trazer “as chamadas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), onde cada parte deve adotar medidas de mitigação domésticas, com o objetivo de alcançar os objetivos de suas próprias NDCs (...)”. (BALDUINO, 2020). Nesse Acordo o Brasil assumiu o compromisso de redução de emissões de gases de efeito estufa, em 2025 e 2030, respectivamente em 37% e 43% em relação aos níveis de 2005 (CLIMAINFO, 2020).

Embora o Brasil possua uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo, com aproximadamente 75% de fontes renováveis na oferta de energia elétrica, alcançar as metas firmadas no Acordo de Paris é um grande desafio. Conforme a Empresa de Pesquisa Energética vinculada ao Ministério das Minas e Energia, (EPE), será necessário expandir o uso de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias renováveis (além da energia hídrica) para ao

menos 23% até 2030, principalmente pelo aumento da participação das fontes solar, eólica e biomassa.

Tomando como base os leilões de compra e venda de energia promovidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), pode-se afirmar que a fonte solar ainda é pouco competitiva no país. Em contrapartida, “na geração distribuída, a fonte solar se mostra cada vez mais competitiva ante as tarifas praticadas pelas concessionárias de energia elétrica, apresentando enormes perspectivas para o Brasil” (BEZERRA, 2018).

Entre todas as regiões brasileiras, o Nordeste se sobressai, tanto por dispor de elevados níveis de radiação, o que contribui para a implantação de projetos de geração centralizada, como também por possuir extensa área de telhados, elemento necessário a uma inserção maior da geração distribuída (BEZERRA; SANTOS, 2016).

Dentro dessa região está inserido o Semiárido, “unidade espacial caracterizada por um tipo climático definido por forte insolação, temperaturas relativamente altas e um regime de chuvas caracterizado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período” (MOREIRA, 2008).

O estado da Paraíba se destaca no Nordeste por ter a maior parte do seu território inserida na região semiárida. De fato, a região semiárida paraibana é composta de 170 municípios (76% do total dos municípios do estado) que se estendem por 48.657 km² (que representam 86% do total do território estadual) abrangendo as Mesorregiões do Sertão Paraibano, da Borborema e parte da Mesorregião do Agreste Paraibano (MOREIRA, 2008).

Outrossim, todas as Mesorregiões geográficas paraibanas apresentam importantes níveis de irradiação como foi constatado por Dutra (2020) através de estudos realizados nos municípios de João Pessoa (Mesorregião da Mata Paraibana), de Guarabira e Campina Grande (Mesorregião do Agreste), de Sousa e Patos (Mesorregião do Sertão), que apresentam irradiação superior a 6 kWh/m²/dia. Este padrão de irradiação demonstra a existência de uma capacidade potencial do estado, passível de torná-lo protagonista na evolução dos sistemas solares fotovoltaicos do país (DUTRA, 2020).

Sabe-se que os custos com energia no campo são muito elevados, consumindo importante parcela do investimento de produção. Grande parte desse custo está relacionado: à captura da água em fontes superficiais e poços freáticos para ser usada na irrigação e na dessedentação animal; à eletrificação de cercas utilizadas para proteção do gado e para a segurança da propriedade; à necessidade de abastecimento de energia das moradias e de equipamentos rurais como os aviários (MOREIRA; TARGINO, 1997).

Com base no exposto, o sistema solar fotovoltaico cujo custo de produção é bem inferior ao da energia gerada através da água (hidroeletricidade) e da utilização de combustíveis fósseis, torna-se muito importante no sentido de contribuir para um desenvolvimento sustentável e menos oneroso da agricultura familiar.

A partir da compreensão das características e do funcionamento do sistema de energia solar fotovoltaica, o trabalho objetiva demonstrar a importância deste sistema para o desenvolvimento da agricultura familiar em comunidades rurais e áreas de reforma agrária.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Muitas são as fontes primárias de energia disponíveis, dentre as quais oito são muito utilizadas para a produção de energia útil conforme afirmam Branco (2004) e Goldenberg (2008) e a grande maioria dos estudiosos do tema: a) os combustíveis fósseis; b) a radiação solar; c) os ventos; d) os recursos hídricos; e) a biomassa; f) os elementos radioativos; g) as geotermas e; h) os oceanos.

Neste trabalho é abordada a energia solar, cuja fonte primária é a radiação solar. A radiação solar é a energia emitida pelo Sol na forma de ondas eletromagnéticas que se deslocam no vácuo a cerca de 299.792 km/s, sendo emitidas em várias frequências, a maior parte encontrada em uma faixa de luz que é visível a olho nu, a exemplo da luz ultravioleta (PLANAS, 2015).

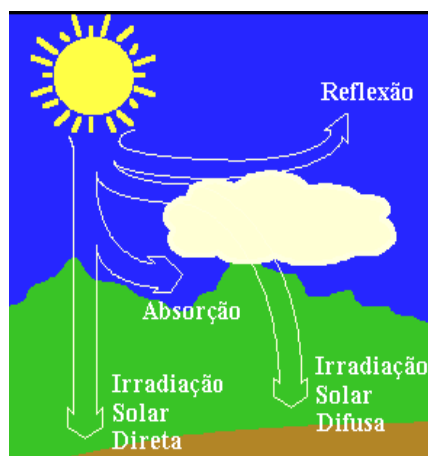
As ondas eletromagnéticas são transmitidas pela fotosfera (parte mais externa do Sol), a qual possui cerca de 300 km de extensão. Como a radiação solar é a única que pode ocorrer no espaço vazio, ela assume a principal forma pela qual

o sistema Terra-Atmosfera recebe energia do Sol e libera energia para o espaço (BASTOS, 2009).

Segundo Rosa (2015), existe radiação em todas as regiões do espectro. Porém, os olhos humanos são sensíveis a menos de um oitavo dessa radiação, cerca de 400 a 750 THz (400 a 750 nm).

De acordo com Fadigas (1993), para se análise a radiação terrestre, é de suma importância conhecer a intensidade da radiação e sua composição. A incidência total da radiação solar sobre um corpo localizado no solo é a soma das componentes direta, difusa e refletida (Figura 1).

Figura 1 – Forma de incidência da radiação solar na superfície

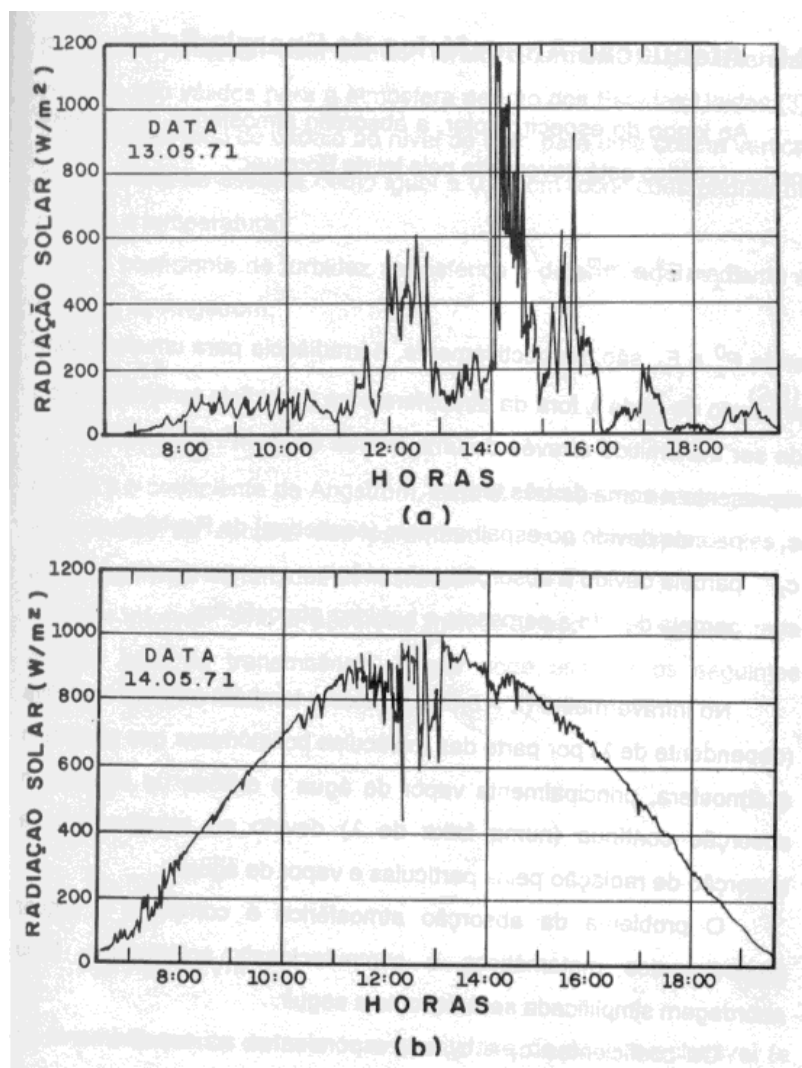


Fonte: CRESESB.

De acordo com as estações do ano, existirá uma variação dos níveis de radiação solar em um plano horizontal na superfície da Terra, devido principalmente à inclinação do seu eixo de rotação em relação ao plano da órbita em torno do Sol. Essas variações ocorrem em relação a região, devido principalmente às diferenças de latitude, condições meteorológicas e altitudes (FADIGAS, 1993).

A figura 2 mostra o perfil da radiação solar incidente num mesmo local em dias consecutivos.

Figura 2 – Perfil de incidência da radiação solar num determinado local



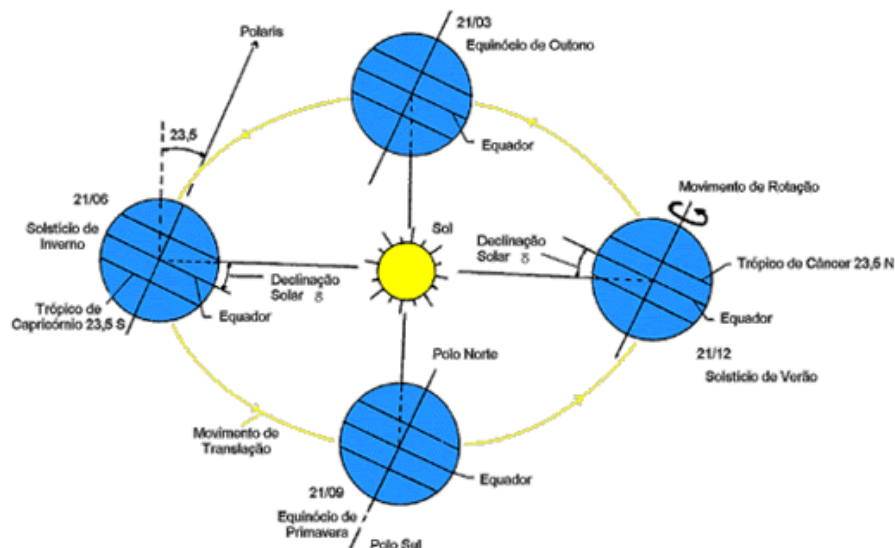
Fonte: FADIGAS, 1993, p.95

Reforçando o que afirma Fadigas (1993) sobre a captação e conversão da radiação em um plano horizontal, o Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica publicado pelo Centro de Referência em Energias Solar e Eólica Sérgio S. Brito (CRESESB, 2008), assim se expressa:

O nosso planeta, em seu movimento anual em torno do Sol, descreve em trajetória elíptica um plano que é inclinado de aproximadamente $23,5^\circ$ com relação ao plano equatorial. Esta inclinação é responsável pela variação da elevação do Sol no horizonte em relação à mesma hora, ao longo dos dias, dando origem às estações do ano e dificultando os cálculos da posição do Sol para uma determinada data (Figura 3). A posição angular do Sol, ao meio dia solar, em relação ao plano do Equador (Norte positivo) é chamada de Declinação Solar (d). Este ângulo varia, de acordo com o dia do ano, dentro dos seguintes limites: $-23,45^\circ < d < 23,45^\circ$. A soma da declinação com a latitude local determina a trajetória do

movimento aparente do Sol para um determinado dia em uma dada localidade na Terra.

Figura 3. Órbita da Terra em torno do Sol, com seu eixo N-S inclinado de um ângulo de $23,5^\circ$



Fonte: CRESESB, 2008, p.75.

Existem vários instrumentos para medir a potência incidente por unidade de superfície, integrada sobre os diversos comprimentos de onda. Pode-se citar:

a) O **Heliógrafo**. De acordo com o CRESESB (2008), este instrumento registra a duração do brilho solar. A radiação solar é focalizada por uma esfera de cristal de 10 cm de diâmetro sobre uma fita que, pela ação da radiação é enegrecida. O comprimento desta fita exposta a radiação solar mede o número de horas de insolação.

Figura 4 - Heliógrafo Capbell-Stokes



Fonte: CRESESB, 2008

b) Os **Piranômetros**. Medem a radiação total. Eles se caracterizam pela utilização:

de uma termopilha que mede a diferença de temperatura entre duas superfícies, uma pintada de preto e outra pintada de branco igualmente iluminadas. A expansão sofrida pelas superfícies provoca um diferencial de potencial que, ao ser medida, mostra o valor instantâneo da energia solar (CRESESB, 2008, p. 76).

Existem vários modelos de Piranômetros a exemplo dos que podem ser observados nas figuras 4 e 5. Destacam-se os piranômetros fotovoltaicos e termoeletrônicos.

Figura 4 - Piranômetro Digital O SR20-D2



Fonte: Hukseflux Brasil(2012, p.98)

Figura 5 - Piranômetro Digital e Analógico



Fonte: Hukseflux Brasil(2012, p.98).

Existe um outro modelo bem interessante de piranômetro. Ele utiliza uma célula fotovoltaica de silício monocristalino para coletar medidas solarimétricas. Este piranômetro é muito utilizado pois apresenta custos bem menores do que os equipamentos tradicionais (FADIGAS, 2012; CRESESB, 2008).

c) **Piroheliômetros** – O piroheliômetro (Figura 6) mede a radiação direta. Ele apresenta uma pequena abertura que permite "visualizar" o disco solar e a região vizinha denominada circunsolar. O instrumento segue o movimento solar onde é constantemente ajustado para focalizar melhor a região do sensor (CRESESB, 2008).

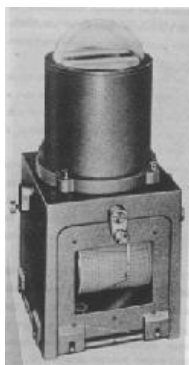
Figura 6 - Piroheliômetro



Fonte: CRESESB, (2008, p. 101)

d) Os **Actinógrafos** (Figura 7), medem a radiação total ou sua componente difusa, possuindo o sensor e registrador na mesma unidade (FADIGAS, 1993).

Figura 7 –Actinógrafo Robitzsch-Fuess



Fonte: CRESESB, (2008, p.103)

O Brasil possui um ótimo índice de radiação solar, principalmente no Nordeste, com destaque para a região do semiárido onde são identificados os melhores índices, com valores típicos de 200 a 250 W/m² de potência contínua, o que equivale entre 1752 kWh/m² e 2190kWh/m² por ano de radiação incidente (ARAÚJO; FERREIRA, 2018).

Segundo Barbosa *et al.* (2017), a Companhia Hidroelétrica do São Francisco considera o semiárido nordestino como sendo uma região tecnicamente viável para implementação de sistemas de energia solar, já que seu índice de radiação solar é de 11.400 MW/ano, valor próximo da potência instalada da Usina Hidrelétrica de Itaipu (12.600 MW). Isto coloca essa subunidade regional do Nordeste entre as regiões do mundo com maior potencial de energia solar.

Muito há a ser dito sobre a radiação solar, nos detemos em realizar uma síntese capaz de explicar sua importância para a produção de energia solar.

São muitos os conceitos de energia solar, todos, convergindo no sentido de que se trata de uma energia alternativa, renovável, sustentável e inesgotável, que funciona utilizando a luz solar como fonte a partir de placas solares que captam luz, empregando o calor dos raios solares para geração de eletricidade (GOLDEMBERG, 2008; ECOA, 2017; CRESESB, 2021).

Existem três tipos de energia solar: a energia solar fotovoltaica, a energia solar térmica e a energia heliotérmica.

A energia solar fotovoltaica é captada por meio do efeito fotovoltaico, gerando eletricidade; a energia solar térmica utiliza o Sol como fonte de energia para aquecer líquidos; a energia heliotérmica também é utilizada para aquecer líquidos e utiliza o vapor d'água gerado para mover turbinas e com isso gerar eletricidade. Constata-se, portanto, a ocorrência de várias aplicações da energia solar, podendo-se destacar a geração direta (energia solar fotovoltaica) e indireta (energia heliotérmica que consiste na conversão de irradiação solar em calor para geração de energia elétrica) e a energia solar térmica (geração de calor para aquecer fluidos, bem como secagem e aquecimento industrial) (ALVES, 2019). Este trabalho, focaliza a energia solar fotovoltaica por ser esta a mais utilizada nas unidades familiares de produção agrícola.

A energia solar fotovoltaica: breve apresentação.

O efeito fotovoltaico foi percebido pela primeira vez em 1839, pelo físico francês Edmond Becquerel. Ele demonstrou a possibilidade de conversão da radiação luminosa em energia elétrica mediante a incidência de luz em um eletrodo mergulhado em uma solução de eletrólito (BRAGA, 2008). Esse mesmo efeito foi observado num sólido, o selênio, em 1877 na Inglaterra, por Adams e Day. Seis anos depois, em 1883, surgiu a primeira célula solar produzida com selênio, com eficiência de conversão de aproximadamente 1% (FADIGAS, 1993).

No início do século XX, na década de 1930, diversos pioneiros da física do estado sólido, como Lange, Grondahl e Schottkl, deram importantes contribuições para a compreensão mais clara do efeito fotovoltaico em junção do estado sólido” (FADIGAS, 2012, p. 23). Em 1941, Ohl obteve a primeira fotocélula de silício monocristalino; em 1949, Billing e Plessnar mediram a eficiência de fotocélulas de

silício cristalino, ao mesmo tempo em que a teoria da junção P-N de Shockely foi divulgada.

Todavia, só em 1954 é que surge a fotocélula de silício com as características semelhantes às encontradas hoje com eficiência de 6%. Em 1954, os pesquisadores Calvin Fuller (químico), Gerald L. Pearson (físico) e Daryl Chapin (engenheiro) realizaram nos Estados Unidos a primeira aplicação prática de células solares baseada em silício monocristalino. Ainda nos anos de 1950 foi descoberto por Welker o efeito fotovoltaico no arsenieto de Gálio (GaAs) e Reynolds e Leies descobriram o efeito fotovoltaico nos cristais de cádmio (CdS) (MATOS, 2006).

“O ano de 1958 marcou o início da utilização de fotocélulas nos programas espaciais com muito sucesso, sendo este o principal uso das células solares até o final da década de 1970. De fato, as células fotovoltaicas foram utilizadas, inicialmente, entre os anos 1960 e 1970, em satélites em meio à corrida espacial entre os Estados Unidos da América e a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas em plena guerra fria. Atualmente, os países que dominam a tecnologia espacial continuam a utilizar a energia fotovoltaica como fonte de suprimento energético” (ALVES, 2019).

Em 1959, um novo método de crescimento de cristais de silício foi desenvolvido, através de experimentos com células solares de silício policristalino, o que culminaria em menores custos relacionados à produção de células solares (MATOS, 2006, p. 8).

A utilização terrestre da geração fotovoltaica, porém só teve impulso a partir da primeira e da segunda crise mundial de energia ocorridas, respectivamente, em 1973/1974, e 1978/1979. É justo a partir do final da década de 1970, que o uso terrestre da geração fotovoltaica superou o uso espacial e desde então esta diferença só tem aumentado (FADIGAS, 2012).

A utilização cada vez maior da geração fotovoltaica terrestre tem sido acompanhada de inovações que garantem o aumento da eficiência de conversão de energia das fotocélulas, bem como uma importante redução de seus custos.

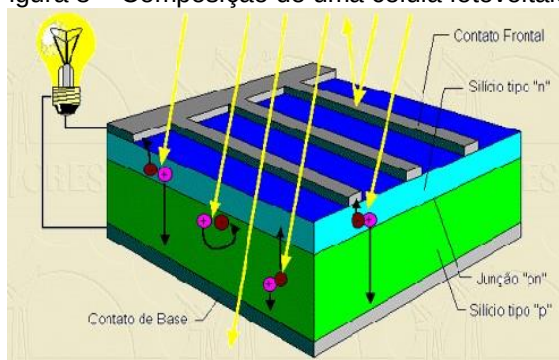
Pesquisas sobre as células solares produzidas com materiais diferente do silício monocristalino, e o aumento do conhecimento da teoria física das células tem reduzido o problema da eficiência de conversão e o custo do material. Os materiais estudados e utilizados atualmente são silício policristalino e amorfo, o arsenieto de gálio e o sulfeto de cádmio, dentre outros (ORNELLAS, 2006).

Até os dias atuais são realizadas pesquisas voltadas para a confecção de células fotovoltaicas, com o propósito de garantir maior eficiência, sem agredir o meio ambiente.

Princípio de funcionamento da energia solar fotovoltaica

O aproveitamento da luz solar em eletricidade mais utilizado na atualidade é o fotovoltaico. Com o propósito de gerar energia elétrica, esse processo se dá a partir da conversão direta da luz solar em eletricidade, por meio do efeito fotovoltaico. Esse tipo de conversão ocorre em dispositivos conhecidos como células fotovoltaicas (Figura 8), que são componentes optoeletrônicos que convertem a radiação solar em eletricidade de forma direta.

Figura 8 – Composição de uma célula fotovoltaica



Fonte: CRESESB (2008, p. 95)

Além disso, materiais semicondutores, como o silício, são básicos na construção dessas células.

O efeito fotovoltaico é produzido por essa incidência que, além de fazer circular uma corrente elétrica no material, cria a energia elétrica. Através do efeito fotovoltaico há o desenvolvimento da diferença de potencial entre os dois eletrodos, devido à transferência de elétrons gerados entre as bandas diferentes do material (CEMIG, 2012, p. 16).

O funcionamento da energia solar fotovoltaica é baseado no fenômeno que ocorre quando partículas de luz solar (fótons) colidem com os átomos de silício presentes no painel solar, gerando um deslocamento dos elétrons, que cria uma corrente elétrica contínua, chamada de energia solar fotovoltaica (LIS BLOG, 2021).

O esquema de funcionamento do sistema de geração de energia elétrica solar fotovoltaica baseia-se na utilização de painéis solares (Figura 9) que captam a luz e,

por meio do efeito fotovoltaico, geram energia elétrica, que é convertida pelo inversor solar, de corrente contínua para alternada, e, então, a eletricidade é distribuída (ALVES, 2019).

Figuras 9 – Painéis solares fotovoltaicos



Os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos em três categorias: a) conectado à rede conhecidos como *on-grid* onde sua característica principal é a injeção de energia de corrente alternada diretamente na rede da concessionária; b) o sistema fotovoltaico isolado ou autônomo *off-grid* que ao invés de injetar energia na rede da concessionária, esta energia gerada é utilizada para carregar um banco de baterias, onde é armazenado a energia elétrica; c) o sistema de energia solar híbrido onde estes sistemas fazem uso das duas tecnologias, a energia gerada é utilizada para carregar as baterias e injetada na rede da concessionária simultaneamente.

O sistema de energia solar ele pode ser projetado para o uso de pequenas demandas geralmente para uso residencial ou comercial instaladas no local junto a carga, também conhecido por microgeração ou em grandes áreas para atender uma demanda de maior valor, que são os sistemas de minigeração, por exemplos grandes fábricas ou usinas solares. O inversor dos sistemas conectados à rede, eles são parametrizados para trabalharem nas mesmas faixas limites impostos pelas concessionárias, para não haver divergências com as faixas limites da rede elétrica, que incluem: tensão (voltagem), frequência e capacidades de detecção de falta de energia (BLUESOL, 2017).

Os painéis fotovoltaicos ao receber a irradiação solar, por meio de uma reação físico-química eles transformam essa radiação em energia elétrica em corrente contínua e é levada até o inversor através de condutores elétricos apropriados até o inversor, que por sua vez transforma essa energia elétrica em corrente contínua em corrente alternada e com os parâmetros pré-definidos,

tornando-a possível de utilização nos nossos equipamentos eletroeletrônicos. Faz parte do sistema um componente chamado de *string box* (quadro elétrico de proteção), que tem a finalidade de garantir a proteção do equipamento contra surtos elétricos. A energia gerada é utilizada na unidade consumidora instantaneamente. Caso não haja geração no momento, automaticamente passa-se à utilização da energia da rede de energia da concessionária (SOLAR PRIME, 2019)

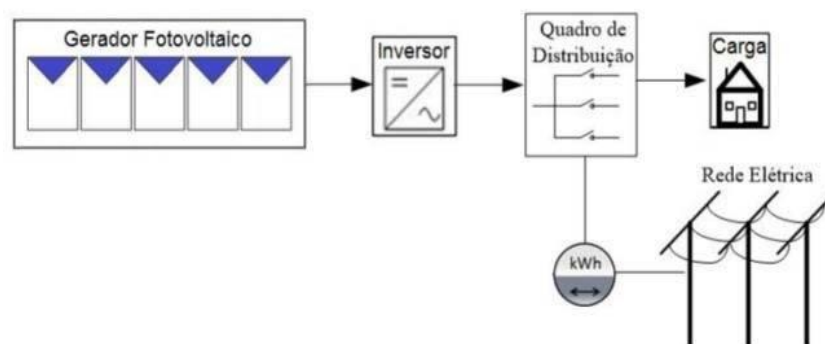
Já nos sistemas isolados da rede (*off-grid*) a energia disponível para os equipamentos eletrônicos elas vem de um banco de bateria, garantindo a estabilidade na energia elétrica e garantindo também o uso da energia elétrica no período da noite já que os painéis solares não geram energia elétrica no período da noite (NETO; MASSA; FLORIAN, 2019).

Para que as características das baterias com a do gerador fotovoltaico, potencializando o rendimento do conjunto e fazendo com que os acumuladores tenham sua vida útil prolongada, faz-se necessário a instalação de um controlador de carga, para que não ocasione descargas excessivas nas baterias (BLUESOL, 2017).

O sistema *on-grid* é conectado à rede pública de energia, sendo indicado para empresas, residências e indústrias localizadas próximo a cidade, dispensando o uso de banco de baterias. São indicadas também para áreas rurais servidas com energia elétrica. Essas diferenças de equipamentos têm como consequência, dimensionamentos totalmente diferentes (PINHO e GALDINO, 2014).

O sistema *on-grid* (figura. 11) é o que mais tem se difundido. Nele a energia gerada é enviada para a rede pública e retorna em forma de crédito de energia, ou seja, a energia gerada pelos painéis solares pode ser suficiente para cobrir todo o consumo ou grande parte dele, reduzindo consideravelmente o valor da conta de energia (NETO; MASSA; FLORIAN, 2019).

Figura 11: Representação do sistema *on-grid*



Fonte: PINHO e GALDINO, (2014).

Alguns aspectos caracterizam o sistema *on-grid*: a) o sistema opera em corrente alternada na mesma frequência e tensão da rede local; b) uma variação de tensão na rede pode deixar o sistema inoperante até mesmo nos melhores dias de irradiação solar; c) o sombreamento no ambiente urbano pode causar perda na geração de energia, logo o posicionamento do painel e a escolha do módulo é um fator determinante.

Módulos fotovoltaicos e suas aplicações

Fadigas (2012) afirma que as células fotovoltaicas são encapsuladas em módulos e é feito um empacotamento para que elas fiquem protegidas das intempéries, principalmente da umidade do ar. Em um sistema fotovoltaico, os módulos são os elementos responsáveis pela conversão da radiação solar em eletricidade. O módulo fotovoltaico é o menor conjunto ambientalmente protegido de células solares interligadas, com o objetivo de gerar energia elétrica em corrente contínua (ABNT NBR 10899:2013).

O módulo fotovoltaico é o componente unitário do gerador e, dependendo da associação e das características das células, pode ter diferentes valores para tensão e corrente nominal. Módulos com tensão nominal de 12 V, normalmente possuem 36 células em série, sendo aplicados para carregar baterias. Para outras aplicações, é comum encontrar módulos com tensões nominais diferentes, com maior ocorrência entre 30 V e 120 V (PINHO e GALDINO, 2014).

Cada célula solar gera, aproximadamente 0,4 volts (silício), todavia quando várias células são conectadas em série pode-se obter voltagens mais altas. “Para carregar baterias de 12 V, os módulos fotovoltaicos devem produzir

aproximadamente 16V, devido às perdas que ocorrem nos cabos e diodos de bloqueio (diodos que protegem as células de uma inversão na corrente)” (FADIGAS, 2012, p.44). Dessa forma os módulos, atualmente em operação, contêm entre 28 e 40 células de silício cristalino. O dispositivo de filme fino produz voltagem mais alta do que a forma cristalina, podendo os módulos possuírem menos do que 28 células.

É importante considerar a geometria das células, já que devem ocupar o máximo de área possível do módulo. Atualmente existem células quadradas e redondas em operação. As quadradas ocupam melhor espaço nos módulos, enquanto as redondas têm a vantagem de não sofrerem perda de material, devido à forma cilíndrica do silício cristalino (ASSUNÇÃO, 2014).

Faz-se necessário esclarecer que “módulo fotovoltaico” é o nome correto para o que, no senso comum, se costuma chamar de “placa solar”. Trata-se do coração de um sistema fotovoltaico porque sem ele não há captação da irradiação solar que, posteriormente, será convertida em energia elétrica. Esse trabalho de conversão é feito pelas células fotovoltaicas que compõem esses módulos.

Existem quatro tipos de módulos fotovoltaicos:

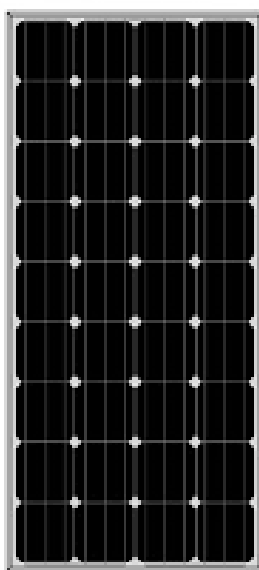
a) Módulo monocristalino (figura. 12) é composto por células monocristalinas de silício, apresentam eficiência de até 21% o que o coloca à frente dos outros modelos disponíveis no mercado. Sua cor é homogênea e seus cantos são arredondados. Esse tipo de painel é ótimo para quem tem limitação de espaço no imóvel, já que requer uma área menor para a instalação;

b) Módulo Policristalino (figura. 13). É formado por vários cristais. Sua eficiência é menor quando comparada a dos monocristalinos. A substância usada para sua produção também é o silício. A diferença está no processo de fundição. Como a fusão é feita em blocos, isso acaba contribuindo para formar vários cristais. O módulo policristalino é quadrado e sua eficiência fica entre 13% e 16%. Ele é mais barato que o monocristalino, mas tem um rendimento menor;

c) Módulo de Filme fino. Estes são produzidos através da colocação direta do material sobre o vidro ou o metal. Existem vários tipos de materiais que podem ser usados nessas placas, como cobre, índio, gálio seleneto, entre outros. Esse módulo também é conhecido como célula fotovoltaica de película fina. Sua eficiência gira em torno de 7% a 13%. Por essa razão, é preciso um espaço maior para a colocação dessas placas, de modo a contrabalancear sua menor efetividade.

d) o Módulo Híbrido. Este corresponde à tecnologia mais moderna para geração de energia solar. É fabricado de maneira similar aos painéis monocristalinos, sendo que a diferença fica a cargo de uma camada de silício amorfo o que permite que a placa híbrida produza mais eletricidade em um espaço menor do que aquele ocupado por outros módulos. Ele funciona muito bem quando exposto a temperaturas bastante elevadas.

Figura 12- Módulo Monocristalino



Fonte: Painel Solar (2020, p. 22)

Figura 13- Módulo Policristalino



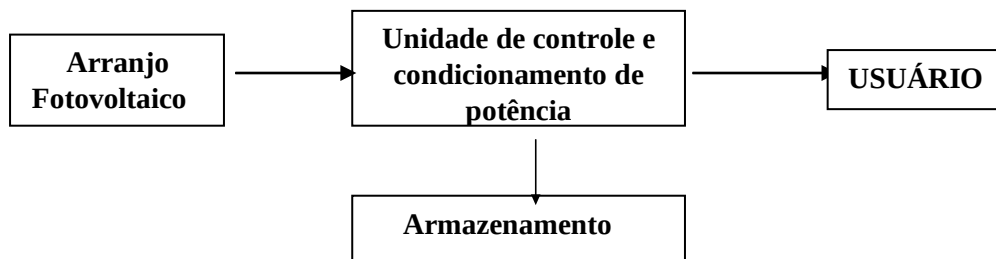
Fonte: Painel Solar (2020, p.22)

Configuração básica de um sistema solar fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico é composto não apenas do arranjo fotovoltaico, mas de outros componentes que permitem entregar a energia elétrica gerada à carga.

Um esquema de configuração de um sistema fotovoltaico básico pode ser observado na figura 14.

Figura 14 – Esquema de um sistema fotovoltaico básico



Fonte: FADIGAS, 2012.

O arranjo fotovoltaico é composto por um único ou conjunto de módulos ligados em série ou paralelos fixados por um tipo específico de estrutura, que irá variar de acordo com as características onde o mesmo será instalado.

Estes são os aspectos que consideramos fundamentais para dar suporte a este trabalho onde buscamos constatar os efeitos socio econômicos do uso da energia solar em áreas de assentamento.

METODOLOGIA

A metodologia adotada para a execução do trabalho foi a revisão de literatura complementada com a observação de campo.

A revisão de literatura permitiu apreender:

- a) o processo evolutivo da matriz energética mundial e brasileira;
- b) os problemas ambientais decorrentes do uso desmesurado de fontes de energias fósseis;
- c) a importância das energias renováveis para a saúde do planeta;
- d) as características e o funcionamento da energia fotovoltaica;
- e) a importância da utilização da energia fotovoltaica pela agricultura familiar;

Foram utilizados desde artigos em periódicos, livros, documentos de órgãos públicos, dissertações, teses, TCC, Notas técnicas de órgãos do Estado entre outros.

A observação de campo foi realizada em uma área de Assentamento do Litoral Sul da Paraíba, que teve acesso a energia solar em 2006: o Assentamento Sítio, localizado no município de Pedras de Fogo. Buscou-se observar a forma de

instalação do sistema de energia solar fotovoltaico em relação a possíveis evoluções tecnológicas desde a época da implantação até os dias atuais e a importância desse sistema para o desenvolvimento da agropecuária e para as condições de vida dos assentados que o utilizam.

RESULTADO E DISCUSSÃO

IMPORTÂNCIA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA A AGRICULTURA FAMILIAR (REFORMADA E AUTÔNOMA)

A intensa concentração de terras nas mãos de uma minoria de proprietários caracteriza historicamente a estrutura da posse da terra brasileira e é considerada uma das maiores responsáveis pela exclusão da população do acesso à terra, pela pobreza e desemprego no campo. A modernização técnica da agricultura que teve lugar a partir de 1965 só agravou esta situação e trouxe mais problemas uma vez que expulsou para as cidades a maior parte da população rural. Como a cidade não tinha nem tem ainda infraestrutura urbana para receber essa população migrante assistiu-se, na década de 1970, o surgimento de inúmeras favelas e um verdadeiro caos urbano que se perpetua até hoje (MOREIRA e TARGINO, 1997).

Naquela época, parte dos moradores e posseiros que viviam no campo há gerações, resistiram ao processo de expulsão, originaram conflitos que em grande parte teve como desfecho a desapropriação de fazendas e engenhos e sua transformação em Assentamentos de Reforma Agrária.

Na década de 1990, com a expansão do MST, ocorreram ocupações de latifúndios improdutivos por trabalhadores já expulsos da terra (MOREIRA e TARGINO, 1997). Na região Nordeste, esse processo deu origem a 4.080 Projetos de Assentamento onde foram assentadas 317.584 famílias. Na Paraíba foram criados 314 Projetos de Assentamento onde foram assentadas 14.413 famílias (MDA/INCRA/SIPRA, 2020).

Para além dos Projetos de Assentamentos acham-se disseminados pelo território rural nordestino milhares de comunidades rurais compostas por camponeses e suas famílias que cultivam seus sítios e criam animais. São agricultores proprietários ou sem terras que somados aos assentados compõem o quadro dos agricultores familiares do país.

No Nordeste, segundo o censo agropecuário de 2017, existiam 2.322.719 estabelecimentos rurais dos quais 1.838.846 (79,2%) eram de agricultores familiares. Isto é, de cada cem estabelecimentos rurais recenseados na região em 2017, em torno de 79 eram pequenos e explorados pela família (IBGE, 2017).

Segundo estudos realizados pelo Grupo de Estudo em Trabalho, Espaço e Campesinato (GETEC/UFPB/CNPQ), os assentamentos mais novos e muitas comunidades rurais compostas por agricultores familiares, sofrem com a falta de infraestrutura, inclusive com a falta de energia elétrica e de acesso a água encanada.

O Programa “Luz para Todos”³ do governo federal permitiu que a maior parte dessas áreas contasse hoje com energia elétrica oriunda das redes de energia estadual. (BRASIL. Luz para todos. Brasília: Governo Federal. Disponível em: <https://pt.org.br/luz-para-todos-completa-15-anos-atendendo-16-milhoes-de-pessoas>/Acesso em 29, Outubro de 2021)

Apesar do acesso à energia elétrica, a agricultura familiar, representada por áreas de assentamento e comunidades rurais têm tido muita dificuldade em ampliar e diversificar sua produção agropecuária uma vez que os custos com a energia convencional para manter os motores de bombeamento de água para irrigação, para dessedentação animal, manutenção de aviários etc., são bem mais altos do que a renda obtida com a produção.

Diante desse limite ao desenvolvimento da agricultura familiar algumas iniciativas têm sido levadas a efeito por ONGs, Associações, Instituições religiosas, entre outros.

O projeto social “Construindo cidadania a partir de implantação de tecnologias sociais que minimizem os efeitos negativos das mudanças climáticas no semiárido brasileiro: o exemplo do Piauí”.

O projeto “Construindo cidadania a partir de implantação de tecnologias sociais que minimizem os efeitos negativos das mudanças climáticas no semiárido brasileiro, implantou cinco Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR), e um

³ O programa social “Luz Para Todos” foi criado em 2003, com planos nacionais e estaduais e parcerias com a iniciativa privada. O objetivo do programa era levar energia elétrica às regiões rurais e/ou às casas que ainda não a tinham. A iniciativa foi coordenada pelo Ministério de Minas e Energia, operacionalizada pela Eletrobrás e executada pelas concessionárias de energia elétrica em parceria com os governos estaduais. O programa tem prazo de conclusão para 2022.

Sistema Fotovoltaico de Bombeamento de Água (SFB) em associações e cooperativas da agricultura familiar em comunidades rurais de três municípios do Piauí: Floriano, Nazária e José de Freitas.

Em Floriano foram instalados um sistema de 1,32 kWp nas comunidades Morro do Tiro e Tabocas; um sistema de bombeamento solar fotovoltaico de 7,65 kWp, na comunidade Gabriel Kalume e um sistema de 4,62 kWp na comunidade rural de Bom Sucesso.

No município de Nazária foi instalado um kit de energia solar de 1,32 kWp no Assentamento Passagem Santo Antônio e no município de José de Freitas o projeto beneficiou a Cooperativa Agroindustrial de Frutas da Agricultura Familiar (Fruto Daqui) com um sistema de 9,9 kWp (SILVA JUNIOR *et al.*, 2020).

O projeto foi executado pela Cáritas Brasileira e pela Frente por uma Nova Política Energética para o Brasil e financiado com recursos da Agência Católica para o Desenvolvimento no Exterior (CAFOD).

Uma equipe encabeçada por Silva Júnior, realizou uma avaliação técnico-econômica do sistema instalado na Cooperativa Fruto Daqui em José de Freitas - PI, único SFCR conectado à internet, o que permite o monitoramento online dos inversores.

Os resultados demonstraram que o sistema apresenta viabilidade técnica, pois apresentou boa geração de energia nos seus primeiros meses de produção, gerando a energia para o qual foi dimensionado e abatendo parte da conta da energia da cooperativa. O sistema apresentou também viabilidade econômica, com a previsão de recuperação do investimento em 5 anos.

Além disso trata-se de um projeto com consciência ambiental, que estimula a instalação de fontes renováveis de energia, proporcionando a diminuição das emissões de CO₂ na atmosfera. Segundo Silva Júnior *et al.* (2000, p. 6),

a redução das emissões de CO₂ pela cooperativa Fruto Daqui no período de junho a novembro de 2000, obtido a partir da Eq.3, foi de aproximadamente 0,6043 toneladas. A redução de emissão de CO₂ previsto para um ano, obtido através da previsão de geração anual do SFV é de 1,1962 toneladas.

Importante ainda foi o que o Projeto proporcionou à cooperativa: uma capacitação sobre energias renováveis. Com isso forneceu aos cooperados maior esclarecimento sobre o desenvolvimento sustentável e também contribuiu para

preparar o coletivo para utilizar o sistema sem o auxílio das entidades que promoveram o projeto (SILVA JUNIOR *et al.* 2020).

Implantação de miniusinas no Assentamento Tacaratu - Pernambuco

A Unidade Avançada do Incra – Pernambuco através de uma negociação entre assentados, o próprio Incra e a empresa Enel Brasil elaboraram um plano de ação prevendo a instalação de seis miniusinas de energia fotovoltaica no assentamento Antônio Conselheiro I, no município de Tacaratu/PE (Figura 15).

Fig. 15 - Painel solar fotovoltaico instalado no assentamento Antônio Conselheiro I em Tacaratu (PE).



Foto: Acervo Incra, fevereiro de 2021

Cada uma das agrovilas do assentamento receberá uma mini usina com capacidade de 2.500 quilowatts/mês, beneficiando as 300 famílias do PA Antônio Conselheiro I que vão poder irrigar suas lavouras ao custo de energia reduzido. A previsão era de que as primeiras unidades do sistema sejam entregues ainda no primeiro semestre de 2021.

Nesse caso, observou-se que a instalação das miniusinas seria uma contrapartida social da empresa Enel, que tem um parque eólico instalado em uma área vizinha ao assentamento em troca da permissão da utilização das estradas vicinais do Assentamento para o transporte de equipamentos e manutenção de torres da mencionada empresa (ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL DO INCRA -PE, 2021).

A previsão é de que cada agrovila que conta com 50 famílias assentadas, tenha acesso à energia fotovoltaica. Para a presidente de uma agrovila, a senhora Rozilma Maria de Lima Santos, este é um momento de muita alegria para toda a

comunidade. “Estamos muito felizes porque iremos economizar em torno de R\$ 1,7 mil mensais em conta de energia. Esse seria o custo da conta de luz da associação e dos poços de água que iremos usar para a irrigação das nossas hortas” (depoimento colhido por técnicos do Incra - PE).

De acordo com o assentado Auricélio de Souza Nunes, presidente de outra agrovila, o sistema fotovoltaico faz parte de um projeto maior, que inclui poços artesianos e adutoras que visam abastecer as agrovilas e o sistema produtivo do assentamento. Segundo o assentado:

Nosso projeto vai além do sistema de energia solar, com a implantação de poços com bombas de água para as agrovilas e um sistema de adutora para os lotes de produção. Como ainda estamos trabalhando na implementação das outras duas partes, por enquanto iremos usar a energia no sistema de água que já temos implantado com o Crédito Semiárido, que recebemos do Incra, explicou (depoimento colhido por técnicos do Incra- PE).

De fato, um plano de ação foi elaborado pelos técnicos do Incra em conjunto com os trabalhadores rurais assentados, para a implantação de um projeto integrado, que seria composto por novos poços artesianos e a implantação de adutoras modulares, para melhorar o abastecimento das agrovilas, que viabilize levar água em quantidade suficiente para a produção e criação de animais nos lotes e, numa terceira etapa, possibilitar a criação de quintais produtivos no modelo Sisteminha, desenvolvido pela Embrapa Meio Norte, de Teresina/PI e divulgado pela UNIVASF, tornando a vida dos agricultores familiares mais produtiva e sustentável.

Os módulos solares vão produzir eletricidade fotovoltaica em corrente contínua, que passa por um inversor solar que converte essa energia em corrente alternada, que é a energia comumente usada nas casas e empreendimento.

Os inversores entregam a energia produzida pelos módulos fotovoltaicos para a transmissão de energia nas linhas de alta tensão da operadora de onde é distribuída para a residência e/ou empreendimento.

Assim as miniusinas poderão ser conectadas aos transformadores das agrovilas e transmitida pelas redes de transmissão de energia e distribuída para o uso nas motos bombas e demais instalações das associações nas agrovilas. Importante mencionar que a energia não utilizada de imediato pelas associações e assentados, poderá ser acumulada para uso futuro, em até 5 anos declarou (ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL DO INCRA -PE, 2021).

A experiência do Assentamento Mata de Vara

Situado a aproximadamente 52 quilômetros de João Pessoa (PB), no município de Pedras de Fogo (PB), o Assentamento Mata de Vara possui 566,9 hectares onde vivem 105 famílias de agricultores. Em 2006, 28 dessas famílias aderiram ao sistema de energia solar financiado pelo Banco do Nordeste. À época, sete agricultores já se beneficiavam diretamente com o uso das placas o que significa que ao todo 35 famílias aderiram à energia solar fotovoltaica.

É possível conhecer no Assentamento Mata Vara o projeto de energia solar fotovoltaica instalada na casa do presidente da Associação do Assentamento, seu Josenildo⁴.

Os projetos de investimento utilizaram recursos do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (na modalidade Pronaf-A). A taxa de juros do Pronaf A para investimento foi de 0,5% ao ano e bônus de adimplência de 40% em cada prestação. Os projetos foram elaborados pela Cooperativa da Agricultura e Serviços Técnicos do Litoral Sul Paraibano (Coasp), a empresa de Assessoria Técnica, Social e Ambiental à Reforma Agrária (Ates) credenciada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), bem como pela Empresa Técnica de Extensão Rural (EMATER) como foi o caso do projeto de seu Josenildo um dos primeiros assentados a adotarem o sistema solar no seu lote, em 2016 e já ampliado com o sistema solar injetado diretamente na rede de energia elétrica.

Vários efeitos socioeconômicos da implantação da energia solar fotovoltaica nas residências desses 35 assentados foram constatados:

- a) verificou-se uma redução significativa dos custos com energia mesmo incluindo o aumento da carga com a instalação da irrigação;
- b) houve aumento do número de colheitas, sendo possível com a irrigação, obter de três a quatro safras anuais das culturas de curto ciclo como o milho, o feijão e a fava e ainda obter mais de uma safra de abacaxi de qualidade superior;
- c) constatou-se um forte aumento da produção agropecuária;
- d) verificou-se a possibilidade de aquisição de equipamentos de trabalho que exigem energia elétrica para seu funcionamento.

⁴ Cf: <https://youtu.be/JQmpLtdSUrQ>

Para os 5 assentados com quem conversamos, o projeto de energia solar foi o mais importante para eles porque garantiu a ampliação, a diversificação e melhoria na qualidade da produção, tendo como retorno o aumento da renda familiar com rebatimentos importantes sobre a qualidade de vida das famílias.

Vários projetos já foram ampliados através do sistema de energia solar injetado diretamente em rede.

Os assentados também afirmam que esse resultado foi muito exitoso sobretudo porque eles cruzaram o Projeto de Energia Solar com outras políticas públicas como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) que garantia a compra da produção livrando-os dos atravessadores. Atualmente, com o fim do PAA pelo governo federal todo um projeto de integração de políticas públicas acha-se comprometido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram observadas as diferenças entre energia convencional de fontes não renováveis e energias renováveis. Deu-se ênfase à energia solar fotovoltaica por ela se constituir em um dos objetos de observação do estudo.

A partir da revisão de literatura foi possível conhecer o funcionamento da energia solar fotovoltaica, constatar sua importância ambiental e social, na medida em que tanto contribui para reduzir o efeito estufa, como para reduzir os custos dos agricultores com a energia convencional, cada vez mais altos.

No caso dos assentamentos e comunidades rurais verificou-se que a instalação de módulos fotovoltaicos contribui tanto para melhorar as condições de produção através da utilização de sistemas de irrigação, como para conferir renda ao produtor tanto pela redução dos gastos com energia como pelo aumento do número de safras das culturas temporárias.

Nas comunidades onde a energia solar já está instalada e naquela onde presume-se que esteja em fase de instalação (caso de Pernambuco), essa tecnologia já vem apresentando um papel transformador, possibilitando a automação de processos da atividade do campo, contribuindo para a ampliação da renda familiar e, além disso, participando no processo de democratização da energia elétrica junto àqueles que carecem de acesso fácil.

Tendo em vista a vulnerabilidade da agricultura familiar e constatando-se a importância da utilização da energia solar como agente de seu desenvolvimento, caberia ao Estado a criação e execução de uma política pública similar ao Programa Luz Para Todos visando a ampliação da energia solar para toda a agricultura familiar brasileira.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR10899/TB-328 **Conversões fotovoltaica de energia solar**. Rio de Janeiro, 1988.

ALVES, M. Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos *on-grid* e *off-grid*. 2019. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto, 2019.

ARAÚJO, J.; FERREIRA, R., Potencial para instalação de sistemas fotovoltaicos residenciais na região Nordeste. 2018. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, UFERSA. 2018.

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL DO INCRA -PE. **Assentamento pernambucano será o primeiro no estado a usar energia solar na irrigação**. Disponível em: <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/noticias/assentamento-pernambucano-sera-o-primeiro-no-estado-a-usar-energia-solar-na-irrigacao>. 12-02-2021.

ASSUNÇÃO, H. Degradação de módulos fotovoltaicos de silício cristalino instalados no DEE - UFC. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Elétrica) Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica, 2014.

BALDUINO, M. O Acordo de Paris e a mudança paradigmática de aplicação do princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada. **Revista Digital Constituição e Garantia de Direitos**, Natal, v. 13, n.1, jan./jul. 2020.

BARBOSA, R. et al. Energia solar fotovoltaica no semiárido: potencial, cenário atual e perspectivas. **Anais do II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**. Campina Grande: Realize Eventos Científicos e Editora Ltda, 2017.

BASTOS, D. Radiação Solar. **Texto Didático**. Faculdade da Amazônia, Curso de Agronomia, 2009. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/21355777>.

BEZERRA, F. Energia solar fotovoltaica. **Caderno Setorial ETENE**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 3, n.57, dez. 2018.

BEZERRA, D.; SANTOS, L. Energia Solar no Nordeste. **Caderno Setorial ETENE**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 1, n.1, setembro de 2016.

BLUESOL **Sistemas fotovoltaicos isolados**. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/diferenca-sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-e-isolados/>

BRANCO, S. **Energia e meio ambiente**. Brasil: Moderna, 2004.

BRAGA, R. Energia Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações. 2008. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Elétrica) Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

CEMIG. **Alternativas energéticas**, 2012. Disponível em: http://cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_futuro/Inovação_Alternativas/Energéticas_Documents/Alternativas/20Energeticas.pdf.

CLIMAINFO. **O Brasil e os cinco anos do Acordo de Paris**. Disponível em: climainfo.org.br

CRESESB. **Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: www.cresesb.cepel.br. s.d.

CRESESB. **Energia solar princípios e aplicações**. Disponível em: <https://www.infolivros.org/pdfview/402-energia-solar-principios-e-aplicacoes-centro-de-referencia-para-energia-solar-e-eolica-sergio-de-s-brito/> s.d

DUTRA, A. Impactos Socioeconômicos da Energia Solar Fotovoltaica no Estado da Paraíba. **Anais** do VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar – Fortaleza, 01 a 05 de junho de 2020.

ECO.A. Vantagens e desvantagens da energia solar. Disponível em: <https://ecoa.org.br/>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2016. Disponível em: **Publicações** (epe.gov.br).

FADIGAS, E. Dimensionamento de fontes fotovoltaicas e eólicas com base no índice de perda de suprimento e sua aplicação para atendimento a localidades isoladas. 1993. **Dissertação**. (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

FADIGAS, E. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica. São Paulo, **Texto para Discussão**, GEPEA–Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo, 2012.

FARIAS, L.; SELLITTO, M. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 01-106, jan./jun. 2011.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. **Revista USP**, São Paulo, n.72, p. 6-15, dezembro/fevereiro 2006-2007.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: EDUSP, 2008

IBGE. Censo Agropecuário, 2017.

JUNGES, A.; SANTOS, V.; MASSONI, N. Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da Física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.13, No.5, 2018.

HUKSEFLUX BRASIL - Termal Sensor. Empresa especializada em instrumentos de medição de radiação para o desenvolvimento de energia solar. São José dos Campos, São Paulo. Disponível em: <https://huksefluxbrasil.com.br>

LIS BLOG. Como Funciona a Energia Solar fotovoltaica? Disponível em: <http://descontocontadeluz.com.br/como-funciona-a-energia-solar-fotovoltaica/>

MATOS, F. Modelamento computacional do comportamento de células fotovoltaicas baseado nas propriedades físicas dos materiais. 2006. **Dissertação**. (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Minas Gerais, Uberlândia, 2006.

MDA/INCRA/SIPRA. **Projetos de Reforma Agrária Conforme Fases de Implementação**. Brasília, abril de 2020.

MOREIRA, E. Caracterização geográfica do semiárido nordestino. João Pessoa, **Texto para Discussão**, GETEC/DGEOC/UFPB, Ano 6, n.5, setembro de 2008.

MOREIRA, E.; TARGINO, I. **Capítulos de Geografia Agrária da Paraíba**. João Pessoa: EDUPB, 1997.

NETO, G.; MASSA, A.; FLORIAN, F. Estudo do sistema fotovoltaico *on-grid e off-grid*. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, Ano MMXIX, nº. 000187. 10/12/2019.

Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/estudo-do-sistema-fotovoltaico-grid-e-grid>

ORNELLAS, A. **A energia dos tempos antigos aos dias atuais**. Maceió: EDUFAL, 2006

PARAIBA RURAL. Agricultores da cidade de Pedras de Fogo-PB utilizam energia solar para irrigação. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JQompLtdSURQ>. Acesso em: 20 de Outubro de 2021.

PLANAS, O. **O que é radiação solar?** Disponível em: <http://pt.solar-energia.net/que/e/energia/solar/radiação-solar>, 2015.

ROSA, A. **Processos de energias renováveis**. Rio de Janeiro: Elsevier v. 317, 2015.

RIPPEL, R.; RIPPEL, V.; LIMA, L. Apontamentos sobre a população, o consumo de energia e a conservação dos recursos naturais. Dossiê: Relações campo-cidade – Temas Livres. **Temas & Matizes**, n. 16, segundo semestre de 2009. p.155-171.

SILVA JÚNIOR, et al. Avaliação da implantação de um sistema fotovoltaico em uma cooperativa piauiense no âmbito da agricultura familiar. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar**. Fortaleza, junho de 2020.

SOLAR PRIME. **Sistemas fotovoltaicos**. Disponível em: <https://www.solarprime.com.br>

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO COM ARDUINOAlesson Clementino de Souza¹
Nathan Luan Dutra Sarmiento²**RESUMO**

A automação residencial vem ganhando um grande espaço no mercado e tem sido uma alternativa para as pessoas na busca de conforto, segurança, economia e acessibilidade, em especial para pessoas idosas e portadores de deficiências físicas e mentais. Entretanto, o mercado de automação ainda enfrenta um problema em questão da aquisição do sistema de automação, por ser bastante caro e inacessível. O objetivo deste trabalho é a elaboração de um protótipo capaz de mostrar uma automação de baixo custo com uso do microcontrolador Arduino UNO, além da criação de um aplicativo desenvolvido no MIT App Inventor que fará a conexão bluetooth sendo capaz de acionar as luzes do protótipo.

Palavras-chaves: Automação; Residencial; Arduino; Aplicativo.

ABSTRACT

Home automation has been gaining a lot of space in the market and has been an alternative for people in search of comfort, safety, economy and accessibility, especially for elderly people and people with physical and mental disabilities. However, the automation market still faces a problem regarding the acquisition of the automation system, as it is quite expensive and inaccessible. The objective of this work is the elaboration of a prototype capable of showing a low-cost automation using the Arduino UNO microcontroller, in addition to the creation of an application developed at MIT App Inventor that will make the bluetooth connection and be able to activate the prototype's lights.

Keywords: Automation; Residential; Arduino; Application.

INTRODUÇÃO

A automação nas residências é descrita por Alves & Mota (2003) como o controle automático das partes da casa tornando-a “mais inteligente”, de maneira que esse conceito é definido como “domótica”, proveniente da união das palavras “domus” (casa) e “robótica” (automatizado de algo).

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil E-mail: 20171075032@iesp.edu.br

² Professor Orientador, Graduado em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal de Campina Grande, Mestrado em Engenharia Elétrica pela UFPB, Docente do Curso Superior em Tecnologia de Gestão de Terminais e Operações Portuárias da disciplina de Instalações elétricas e Eletricidade e Magnetismo E-mail: nathan.sarmiento@iesp.edu.br

Alves & Mota (2003), complementam afirmando que as residências automatizadas terão um desafio a ser explorado, com a finalidade de entregar segurança e conforto ao usuário. Desse modo, a domótica trará valores ao ambiente, ao relacionamento familiar, além de uma nova visão de mundo, abrindo as portas para um presente cada vez mais tecnológico.

Bolzani (2007) também declara que a automação residencial é uma porta aberta para novas oportunidades nesse mercado.

Dois fatores contribuem para a procura dessa tecnologia e para o crescimento desse mercado: o primeiro é o ambiente residencial, que permanece praticamente inexplorado para a implementação de sistemas de redes e de controle; o outro é o apelo ao novo que aflora esse tema. Para hobistas e entusiastas, AR é sinônimo de equipamentos de iluminação automatizados e home-theaters incrementados. Para os que enxergam além, a AR representa novas descobertas, desafios e oportunidades (BOLZANI, 2007).

Segundo Teza (2002), a automação residencial é vista como uma novidade para as pessoas, pois seu mundo de possibilidades causa espanto por apresentar processos tecnológicos, antes vistos como ficção, agora transferidos para a realidade.

Teza (2002), enfatiza que a automação nas residências proporciona conforto e atende aos desejos do seu usuário, dando uma garantia de que necessidades como essas tornam-se consumos de visão econômica, visto que a tecnologia da automação está se tornando um item de utilidade vital.

Para Mc Roberts (2013), o Arduino pode ser definido como um desenvolvedor de projetos simples a mais complexos através de uma linguagem aberta de programação, junto a dispositivos conectados à placa, fornecendo ao Arduino as ações necessárias as quais lhe foi programado para serem realizadas.

Em termos práticos, um Arduino é um pequeno computador que se pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. O Arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software (MCROBERTS, 2013, p. 22).

Molina (2019) descreve que para a implementação de um sistema de automação residencial o custo chega a ser na faixa de três mil reais para projetos básicos, sendo algo inacessível comparado ao cenário existente em relação ao salário mínimo médio do brasileiro que chega a ser em torno de R\$ 2112,00 reais segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O objetivo deste trabalho é levar a automação às residências de forma que as casas de padrão baixo possam ter essa experiência, utilizando um protótipo simulando uma instalação elétrica de iluminação, interligado a um microcontrolador Arduino “UNO” como a principal ferramenta, junto com dispositivos de integração via bluetooth, com a finalidade de conectar-se à rede elétrica do protótipo, utilizando um aplicativo mobile como instrumento de interação entre a eletricidade e os dispositivos eletrônicos.

Como objetivos específicos, para a elaboração do trabalho foram feitas pesquisas bibliográficas para elaborar a fundamentação teórica deste trabalho, além de desenvolver um aplicativo mobile Android através do AppInventor para programá-lo interagindo com o Arduino. Serão descritos os dispositivos que farão a interação de conectividade entre os dispositivos móveis, Arduino e rede elétrica, elaborando um esquema que simule uma instalação elétrica residencial para ser automatizada e acessível às pessoas, expondo as etapas e procedimentos com relação ao desempenho, aplicação e utilidade do aplicativo, validando a aplicação do projeto na realidade.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Bozani (2007), a inserção dos eletrodomésticos no cenário das residências traria uma promessa de casas futurísticas, que eram muito propagadas, na década de 20, nos Estados Unidos. Dessa forma, as empresas tinham um papel fundamental de passar uma ideia de facilidade nas atividades domésticas, as quais eram praticadas de forma manual.

Essa ideia tornou-se tendência e a praticidade das atividades transformou-se em um ponto interessante a ser estudado. Segundo o autor Zuffo (1997) em seu livro

“A infoera”, existia a ideia de programar um micro-ondas à distância para que ele pudesse preparar as refeições de forma antecipada.

Com isso, temos a ideia de automação residencial vista como o emprego de tecnologias no meio doméstico com a finalidade de trazer mais conforto, praticidade, segurança, rentabilidade e economia, sendo um ponto importante na valorização dos empreendimentos onde essa metodologia é instalada (WORTMEYER, FREITAS, CARDOSO, 2005).

De um lado temos a domótica como a automação nas residências, mas também existe um mercado de automação descrito como inmótica. Segundo a ASSOCIAÇÃO ESPANHOLA DE AUTOMAÇÃO DOMÉSTICA E IMÓTICA (CEDOM), esse sistema é responsável pela automação de edifícios não residenciais, como hotéis, shoppings, escolas, universidades hospitais e todos os prédios comerciais, trazendo conforto, economia e segurança a seus usuários (CEDOM, 2014).

A automação residencial pode ser definida através da palavra “domótica”. Muratori e Dal Bó (2014) descrevem a “domótica” como o controle e a automação da residência, com o domínio total ou parcial dos ambientes, através do uso de equipamentos específicos que comunicam entre si, seguindo as instruções programadas segundo as necessidades estabelecidas pelo usuário da residência.

Muratori e Dal Bó (2014) seguem a mesma ideia para a automação residencial que Wortmeyer, Freitas e Cardoso (2005) definem, descrevendo-a como sistemas tecnológicos integrados que buscam a melhor maneira de trazer conforto, segurança, comunicação, gestão energética e praticidade para seus usuários.

Com o intenso avanço tecnológico, as empresas sempre buscam métodos lucrativos através das necessidades que as pessoas dispõem. O mercado da automação é diversificado e procura atender às exigências que o público mostra ter (BOLZANI, 2004).

Já existem, no mercado, sistemas que oferecem uma série de recursos que possibilitam ao usuário decidir qual a melhor configuração que supra suas necessidades ao alterar e agregar funções a equipamentos de segurança e de entretenimento e ainda podem ser controlados por uma mesma interface seja pelo controle remoto, telefone, voz ou, se preferir, soluções inteligentes que sejam acionadas pelo reconhecimento do usuário. Assim que reconhecido, o sistema entra em ação e executa as atividades programadas

como, por exemplo, abertura de persianas e intensidade da iluminação (BOLZANI, 2004).

A ideia de inteligência nas residências vai muito além da automação. Cunha (2018) descreve em seu trabalho a possibilidade de abranger os estudos voltados para a automação, mostrando novas possibilidades e desafios em que os sistemas integrados nas residências tem como finalidade estudar, interagir e aprender sobre os comportamentos dos habitantes.

Finalizando a ideia de automação residencial, De Andrade (2016) descreve que a propagação da automação ocorre pelo fato de disponibilizar benefícios ao seu usuário, desde o controle de regar o jardim da residência, o acionamento das lâmpadas através da mudança de luminosidade do ambiente, controles de temperatura proporcionando a melhor configuração de conforto, além de proporcionar um sistema de segurança mais apurado capaz de detectar riscos como incêndios, fugas de gás e água promovendo proteção e evitando gastos desnecessários de energia.

DOMÓTICA

A palavra domótica é definida pela união das palavras Domus e robótica com seu papel principal como característica as residências que possuem controle de forma automática através de dispositivos e sistemas dispostos aos usuários que possuem esse controle. Outro termo que é bastante conhecido é designado por “casas inteligentes” (ALVES e MOTA, 2003).

O termo de domótica é visto como uma aplicação de automação a uma residência, tornando-a mais inteligente. Em contraponto, algo que possui inteligência tem a competência de realizar funções lógicas predefinidas, mas é aquele que também possui a capacidade do aprendizado, adaptando-se às situações em função do cenário em que está inserido, buscando a melhor solução (ALVES e MOTA, 2003).

Uma casa ou um edifício não se torna inteligente só pelo fato de existir domótica aplicada nos locais. Toda interação dos sistemas com uma diversidade de dispositivos instalados, sejam sistemas de iluminação, de segurança, sistemas

voltados a situações de risco como incêndios, sistemas de comunicação, vigilância, ventilação e qualquer outro sistema que seja necessário para o funcionamento do local também deve ser considerada (ALVES e MOTA, 2003).

Em tese, Alves e Mota (2003) determinam que, “uma casa inteligente é aquela que promove a transferência de dados de um sistema para outro”, com a possibilidade de expansão dos sistemas e integração para possíveis atualizações conforme as necessidades e sistemas adotados nas instalações.

DOMÍNGUEZ e SÁEZ (2006) apresentam um ponto de vista interessante acerca da domótica ser inserida no mercado, sendo vista como uma boa proposta de negócios, mas que exige a qualificação de profissionais especializados na área.

Finalmente, uma vez conhecidas as possibilidades que a Domótica oferece aos seus potenciais usuários, é hora de focar o interesse nos aspectos do negócio. O mercado de automação residencial é caracterizado pela multiplicidade de agentes que nele atuam e pela complexidade das relações entre eles. Para a maioria deles (promotores, construtores, arquitetos, engenheiros, fabricantes, instaladores, prestadores de serviços), a Domótica representa uma boa alternativa de diferenciação no ponto de vista do benefício comercial ou do prestígio profissional. No entanto, o crescimento do mercado não correspondeu às expectativas que suscitou no início da década de 1990. Algumas razões para esta falha: ausência de soluções integrais, equipamentos de difícil utilização, falta de manutenção e outros elementos próprios de um mercado orientado para o abastecimento, pouco sensível aos anseios e características dos seus potenciais clientes (DOMÍNGUEZ e SÁEZ, 2006).

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL NO BRASIL

A Associação Brasileira de Automação Residencial (AURESIDE, 2021), segundo suas pesquisas em 2015, apresentavam poucas informações a respeito da atuação dos sistemas de automação nas residências estimando cerca de 300 mil casas que tinham inteligentes no Brasil sendo convertido em porcentagem chega a cerca de 0,5% das casas existentes no país.

A Figura 1 representa uma projeção evolutiva em relação ao crescimento do mercado de automação até o ano de 2025. É estimado que o crescimento para o mercado de automação está a cerca de 22% ao ano podendo atingir um percentual de 178% até o ano de 2025. Neste mesmo período foi estimado que o PIB brasileiro atinja 18% em 5 anos, podendo relacionar que o mercado de automação pode crescer 10 vezes mais do que a média da economia (AURESIDE, 2021).

Figura 1 – Tabela de evolução da automação no Brasil.



Fonte: (AURESIDE, 2021)

A pesquisa de Cardoso (2018) aponta o crescimento da automação na Engenharia Civil, devido ao desenvolvimento nos grandes centros urbanos, tendo como base principal as atender as necessidades da sociedade com o emprego de tecnologias integradas as residências.

Para a funcionalidade do mercado de automação no país, é necessário a envolvimento de componentes fundamentais para a sua implementação. Com essa ideia temos como principais responsáveis no cenário da automação residencial as universidades, responsáveis por desenvolver o conhecimento técnico, o governo, com o papel de reger e organizar a sociedade além de fomentar o desenvolvimento tecnológico e científico, financiadores responsáveis por disponibilizar o capital, desenvolvedores, licenciadores e fabricantes (REBOUÇAS; DA SILVA, 2020).

ACESSIBILIDADE

A acessibilidade é um termo que acompanha a domótica, sendo um dos seus principais objetivos, a facilidade nas atividades domésticas para seus usuários, seja crianças, adultos e especialmente idoso e portadores de deficiência física e mental. Dessa forma, com a inserção da automação no ambiente é possível entregar uma

independência para pessoas que portam alguma limitação física, entregando mais liberdade, conforto e comodidade (VIANA, 2018).

Um sistema de automação pode proporcionar a melhoria na qualidade de vida para pessoas dependentes e com deficiência. A expectativa de vida está cada vez mais crescente no país, em consequência o número de pessoas idosas tende a crescer (FERNANDES; BARBOSA; CARDOSO, 2015).

Dessa maneira uma atenção especial é voltada para o público de pessoas que possuem alguma limitação física, sendo cada vez mais inclusas na sociedade, devido a leis implantadas na constituição brasileira (BRASIL, 2015).

ARDUINO

O Arduino é uma pequena placa de código aberto baseada em hardware e software, capaz de ser utilizada para a elaboração de projetos simples a mais elaborados. O Arduino foi elaborado no ano de 2005 por cinco pesquisadores (Massimo Banzi, Davio Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martilo e Davio Mellis), com o propósito de criar um dispositivo de código aberto capaz de desenvolver funções fáceis de serem programadas e acessíveis a públicos variados, sendo uma ótima escolha para quem deseja gastar pouco nos seus trabalhos (THOMSEN, 2014).

A Figura 2 demonstra um tipo de Arduino, um dos mais usuais em projetos de prototipagem e robótica. Levando para o lado prático, o Arduino é um minicomputador que dá a possibilidade de programar as entradas e saídas entre a placa e os elementos conectados, podendo comunicar-se por meio de hardware e software (MCROBERTS, 2011).

Figura 2 – Arduino UNO



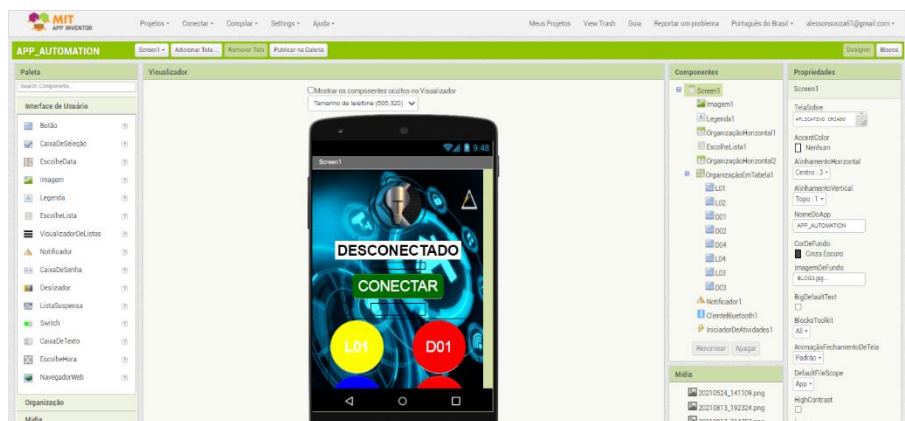
Fonte: (ARDUINO.CC, 2021)

APP INVENTOR MIT

No APP Inventor podemos criar aplicativos pelo navegador da WEB. O site para o desenvolvimento é o <https://appinventor.mit.edu/>, apresentando suportes necessários para o aprendizado na hora da criação, de maneira prática e intuitiva (APP INVENTOR,2021).

O espaço de programação do App Inventor é descrito por Solecki (2020) como um procedimento de concepção de aplicativos com a utilização de blocos e botões manipulados, arrastando para o local onde se deseja adicionar os componentes. A Figura 4 exibe a representação da interface de criação dos aplicativos.

Figura 3 – App Inventor MIT.



Fonte: (APP INVENTOR, 2021).

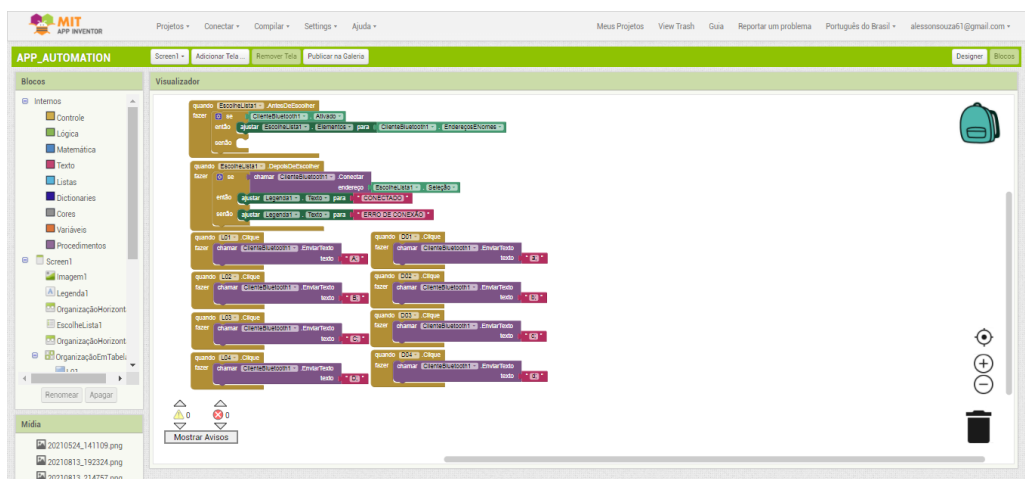
Para o desenvolvimento de aplicativos na plataforma é necessário ter dois conhecimentos, a manipulação do APP Inventor Designer e a programação por blocos, local onde é criado a comunicação entre o aplicativo e o Arduino (FINIZOLA, 2014).

O app inventor apresenta uma interface bastante intuitiva, podendo criar botões, textos, imagens e outras ferramentas dentro do designer do site, além de ser capaz de interagir com dispositivos de conexão bluetooth, celulares, tablets e notebooks, como também ter acesso à web (BUENO, 2015).

A Figura 5 apresenta o espaço de programação do aplicativo Android por meio do uso de blocos. Os blocos são criados na aba designer e suas ações são programadas na aba de blocos essas ações serão responsáveis por dar a

possibilidade de o aplicativo conversar com sua programação ou dispositivos conectados ao aplicativo. O app inventor é separado em oito conjuntos de blocos apresentando funções específicas, são eles: blocos de controle, lógicos, matemáticos, textos, listas, cores, variáveis e procedimentos (HANDA, 2017).

Figura 4 – Programação em blocos



Fonte: (APP INVENTOR, 2021).

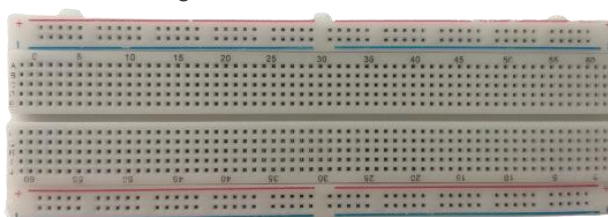
DISPOSITIVOS DE INTEGRAÇÃO COM O ARDUINO

Protoboard

A protoboard é um dispositivo bastante utilizado em projetos que envolve robótica e utilização do Arduino, ela facilita na construção de circuitos com o qual fazemos as ligações com uso de jumpers, pequenos fios responsáveis pela conexão entre a placa e os componentes (ALVES, 2013).

A Figura 6 demonstra a representação da protoboard, um dispositivo muito útil na montagem de experimentos testes com Arduino e outros dispositivos que necessitam de montagem de circuitos. A placa é utilizada para a montagem de circuitos sem a exigência do uso de soldas, podendo ter a manipulação livre dos componentes conectados a placa (ALVES, 2013).

Figura 5 – Protoboard.



Fonte: (Autorial, 2021).

Relé

O módulo relé é um componente bastante usual em projetos com Arduino, que envolve o acionamento de lâmpadas. Em resumo, o funcionamento dele é dividido em mecânico e elétrico. Quando conectamos a bobina na energia, o comum fecha o circuito normalmente aberto, assim o relé é acionado passando a corrente para o dispositivo conectado ao módulo relé (AUTOCORE, 2015).

A Figura 7 representa um relé individual apresentando um total de 5 pinos, onde dois são conectados a uma bobina e 3 de saída são intitulados de comum normalmente aberto e normalmente fechado.

Figura 6 – Módulo Relé



Fonte: (Autorial, 2021)

O relé tem uma função semelhante a um interruptor, sendo seu diferencial a aplicação de comandos elétricos para a sua funcionalidade, ligando e desligando dispositivos através de sinais recebidos de dispositivos como o Arduino (LUZ, 2018.).

Módulo Bluetooth HC-05

O módulo bluetooth é operado para fazer a conexão entre os dispositivos móveis e o Arduino sendo alternativa bastante barata para fazer a conectividade entre os dispositivos o módulo poderá ser alimentado por uma tensão de 3,3 a 5,0

volts, possuindo um alcance de até 10 m entre os dispositivos onde existe um LED que indica se os aparelhos estão conectados ao módulo (FILIPEFLOP, 2020).

A Figura 8 exibe o módulo bluetooth, que possui 6 pinos de conexão de entrada e saída, em que dois são responsáveis pela alimentação do sistema, dois fazem a recepção e transmissão de sinais para os dispositivos conectados e dois são utilizados para programar o módulo em modo-master (ALMEIDA, 2019).

Figura 7 – Módulo bluetooth



Fonte: (Autorial)

Ambiente de programação

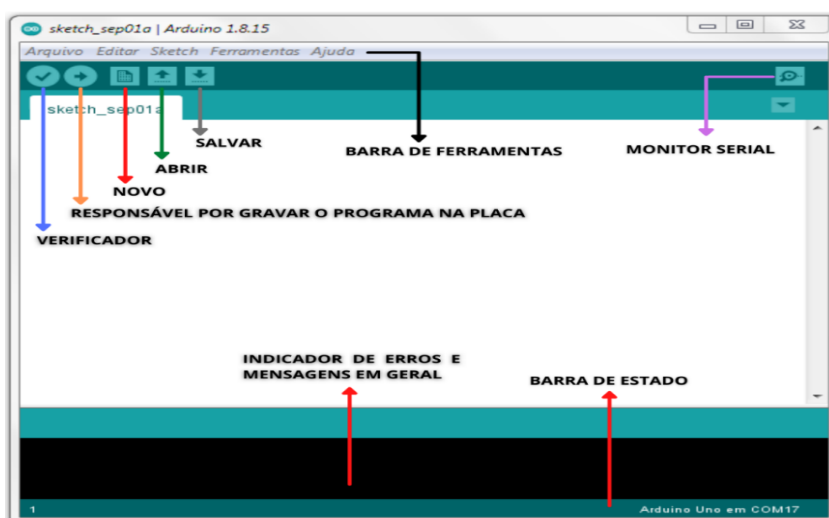
O espaço de programação é o lugar onde irá ser feita toda a linguagem de interação do Arduino junto com os dispositivos inseridos a ele. O programa é gratuito para o download e está disponível no site www.Arduino.cc podendo ser instalado em Windows, Linux e Macbook (ARDUINO.CC, 2021).

No aplicativo deve-se escrever toda a programação necessária para interagir com o Arduino. Para a elaboração do programa, utiliza-se a linguagem C/C++, linguagem usual em que descrevemos as funções que cada peça e dispositivos conectados ao Arduino vão processar. As funções e linguagens podem ser encontradas no site <https://www.Arduino.cc/reference/pt/>, dispondo as informações necessárias para o aprendizado na hora de programar linguagens para o Arduino (ARDUINO.CC, 2021).

O Integrated Development Environment ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) do Arduino fornece a possibilidade de conversar com o dispositivo e descrever, mediante a instruções, as funções que a placa irá desempenhar através da necessidade que o projeto executado dispõe. Logo, pode-se fazer o upload dos códigos criados na plataforma e fazer o Arduino executar as instruções, compartilhando com os dispositivos conectados à placa (MCROBERTS, 2011).

A Figura 9 exibe a interface do programa utilizado para a programação do Arduino. Após a linguagem estar completa, a opção de “carregar” é pressionado, buscando verificar os códigos e possivelmente detectar alguns erros executados na descrição da linguagem, até ser convertido para um sketch C++ válido. O Arduino apresenta algumas bibliotecas padrões que facilitam na compilação do código para ser melhor entendido pelo Arduino (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013, p. 41).

Figura 9 – Ambiente de programação do Arduino.



Fonte: (Arduino.cc, 2021)

METODOLOGIA

Este trabalho tem como finalidade uma pesquisa exploratória prática baseada nos conceitos de domótica, através de um problema existente proposto no trabalho ao acesso de automação nas residências, com a finalidade de se aprofundar no assunto, através da criação um protótipo capaz simular um sistema de automação residencial de baixo custo.

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas consultas em artigos, sites e livros, sendo necessários para a coleta de informações referentes aos processos que foram utilizados na execução do esquema no sistema de automação.

Foi desenvolvido um sistema de automação e codificação através do Arduino UNO, em que através das pesquisas se mostrou um microcontrolador com bom

desempenho e custo acessível, além da criação de um aplicativo mobile Android para a comunicação entre o Arduino e a rede elétrica do protótipo.

A criação do protótipo foi dividida em duas etapas: a parte física e a parte lógica. Os componentes utilizados para a criação do sistema foram um hardware Arduino UNO com um microcontrolador, um módulo bluetooth, um módulo relé de 8 canais e a utilização do App Inventor como ferramenta de desenvolvimento de aplicativos em código aberto criada pela Google.

RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com os estudos baseados na automação residencial, notou-se a necessidade de tornar a automação mais acessível às pessoas, através de métodos que diminuam os custos dos materiais que compõem o sistema. A acessibilidade com relação a pessoas deficientes e idosas foi um ponto fundamental para a escolha do trabalho, de modo que a utilização de dispositivos móveis para o controle, como por exemplo, da iluminação da residência, se torna mais prático para esse público.

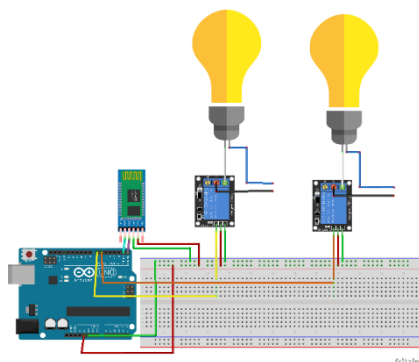
EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para a criação do protótipo como o exemplo de automação, foram utilizados os seguintes materiais:

- Arduino UNO
- Protoboard
- Jumpers
- Módulo bluetooth HC-05
- Módulo relé de 8 canais
- Disjuntor
- Interruptores simples e de duas teclas
- Bocais
- Lâmpadas
- Cabos de 1.5 mm e 1.0 mm

A Figura 9 representa o esquema que foi utilizado como modelo para a criação do protótipo. O esquema seguinte favorece uma explanação mais didática com relação às conexões e às instalações elétricas.

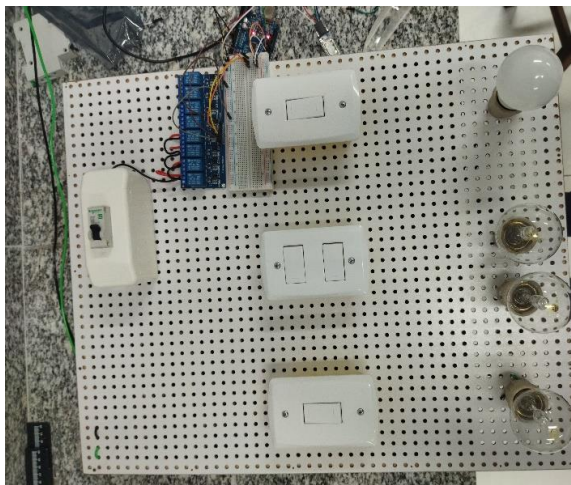
Figura 8 – Esquema de iluminação com Arduino.



Fonte: (Autorial, 2021)

A Figura 10 exibe o protótipo montado com todas as conexões no seu devido lugar. Para o funcionamento do protótipo primeiro foi feita toda a instalação elétrica e a conexão de todos os componentes na placa de MDF antes da programação.

Figura 10 – protótipo de automação com Arduino.



Fonte: (Autorial, 2021)

PROTÓTIPO

O protótipo foi construído usando uma placa de MDF furada para facilitar na instalação dos interruptores e bocais. As fixações foram feitas com parafusos e porcas e toda a fiação ficou pela parte traseira da placa de modo a deixar um esquema mais organizado, sem fiação exposta.

A Figura 11 demonstra como está organizado o esquema, onde foi feito a instalação 4 bocais para lâmpadas, quatro interruptores, em que dois são de tecla simples e um de tecla dupla. Ainda há presente no esquema um disjuntor que fez o controle da corrente até os relés, de maneira a deixar o protótipo mais seguro, minimizando os riscos de descarga de corrente pelos dispositivos.

Figura 11 – Esquema de instalação elétrica.



Fonte: (Autorial, 2021)

APLICATIVO

O aplicativo consiste em fazer a comunicação do módulo bluetooth através da programação criada no App Inventor, com isso foi elaborado um aplicativo cujo sua finalidade é acender e apagar as lâmpadas do protótipo.

A Figura 12 representa o aplicativo, com o qual exibe 4 botões de acionamento e quatro botões de desligamento.

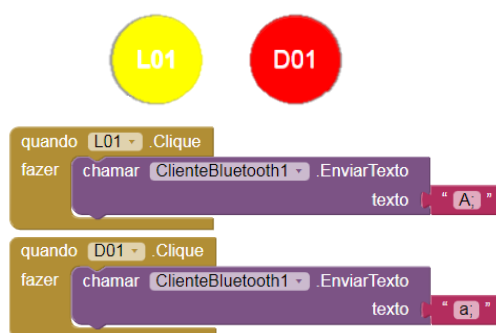
Figura 12 – Aplicativo para automação.



Fonte: (Autorial, 2021)

A Figura 13 mostra os botões responsáveis por mandar o comando para o acionamento e desligamento das lâmpadas. A sua programação foi feita através de blocos, estabelecidos a mandar comandos a cada clique dado pelo usuário. O botão manda um texto para o módulo bluetooth e como consequência ele passará para o Arduino, que por meio da programação criada, será lido e realizado o comando.

Figura 13 – Programação dos botões do aplicativo.



Fonte: (Autorial, 2021)

PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO

Para a programação do Arduino foi utilizado o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), onde criamos as funções que o Arduino deverá desenvolver. A Figura 14 mostra a definição feita nos pinos do Arduino. O primeiro passo para a criação da programação foi definir os pinos digitais para acionar as lâmpadas, nomeados como L1, L2, L3 e L4.

Figura 14 – Definição dos pinos do Arduino.

```
#define L1 7 // Pinos digitais das lâmpadas  
#define L2 6  
#define L3 13  
#define L4 12
```

Fonte: (Autorial, 2021)

Depois definimos a função de void setup, função que é executada apenas quando o programa é iniciado. Essa função é usada para configurar os pinos na placa e estabelecer comunicação serial com o computador. A Figura 15 se refere a função void setup, responsável por descrever os comandos realizados em cada pino, definidos com as legendas L1, L2, L3 e L4.

Figura 15 – Void setup.

```
void setup()

{
  SerialDobBluetooth.begin(9600); //Início da serial do bluetooth
  pinMode(L1, OUTPUT); //Ligando a saída dos leds
  digitalWrite(L1,LOW); //Garantir que os LEDs estejam desligados antes do comando
  pinMode(L2, OUTPUT); //Ligando a saída dos leds
  digitalWrite(L2,LOW); //Garantir que os LEDs estejam desligados antes do comando
  pinMode(L3, OUTPUT); //Ligando a saída dos leds
  digitalWrite(L3,LOW); //Garantir que os LEDs estejam desligados antes do comando
  pinMode(L4, OUTPUT); //Ligando a saída dos leds
  digitalWrite(L4,LOW); //Garantir que os LEDs estejam desligados antes do comando
}
```

Fonte: (Autorial, 2021)

Em seguida, é escrito a função de void loop, responsável por executar os comandos inseridos de forma indefinida. A Figura 16 descreve o comando (if), utilizado para a leitura dos textos através do módulo bluetooth, onde por consequência esses dados são mandados inicialmente pelo dispositivo móvel com o aplicativo instalado.

Figura 16 – Void loop.

```
void loop() {

  valordobluetooth = SerialDobBluetooth.read();

  if (valordobluetooth == 'A') //Leitura dos valores para saber se deve acender ou não o LED
  {
    digitalWrite (led1,LOW);
    //delay(2000);
  }

  if (valordobluetooth == 'a')
  {
    digitalWrite (led1,HIGH);
    //delay(2000);
  }
}
```

Fonte: (Autorial, 2021)

A Figura 17 mostra o esquema da sequência de sinais que foram mandados de um dispositivo para o outro. O aplicativo é responsável por mandar um sinal, em

que na programação é descrito como um texto, e dessa forma o módulo bluetooth recebe esse código, lê e passa para a programação do Arduino, com o qual recebe a mensagem e passa o sinal para a porta que o relé está conectado, assim fechando o circuito, liberando a corrente até o interruptor, por fim acionado a lâmpada.

Figura 17 – Sequência de sinais entre os dispositivos.



Fonte: (Autorial, 2021)

VANTAGENS DO USO DO ARDUINO COMO AUTOMAÇÃO

O sistema de automação com Arduino apresenta vantagens baseado no investimento para produção do sistema, que chega a ser barato em comparação a automações existentes no mercado. Dessa forma é possível criar um sistema de automação mais acessível para um público cujo as condições financeiras são baixas.

Para a construção do protótipo foi gasto em torno de R\$ 199,35 reais na compra dos componentes. Os softwares utilizados na programação estão disponíveis na internet de forma gratuita. Na Tabela 1 está listado os materiais com seus respectivos valores.

Tabela 1 – Preço dos materiais para o protótipo

Material	Preço (R\$)
1 Arduino	R\$ 35,60
1 Protoboard	R\$ 14,39
1 Módulo relé 8 canais	R\$ 49,98

1 Módulo bluetooth	R\$ 27,96
Jumpers	R\$ 13,31
2 interruptores simples	R\$ 20,42
1 interruptor duplo	R\$ 17,83
4 portas lâmpada porcelana	R\$ 9,96
1 disjuntor	R\$ 9,90
Total	R\$ 199,35

Fonte: (Autorial, 2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema é funcional e pode ter um alcance de até 10 metros de distância entre o aparelho e o módulo bluetooth. Para um maior alcance do sinal, é necessário a instalação de mais pontos do módulo bluetooth.

O aplicativo pode ser instalado em qualquer dispositivo que utiliza o Android como sistema operacional. Após a sua instalação, basta ligar a opção do bluetooth do aparelho e conectar-se ao módulo, acionando os botões disponíveis no aplicativo para ter o controle da iluminação conectada ao Arduino.

O custo para a instalação dos equipamentos é bem baixo em relação a automações simples de iluminação, disponibilizado por empresas no mercado, chegando a custar R\$ 3.000,00 reais apenas para ter o controle da iluminação na residência.

Em futuros trabalhos a automação podem ser aprimorada, podendo ser executada em pontos de tomadas, sistemas de climatização, irrigação e segurança, além do desenvolvimento com o uso do módulo ethernet para alcances a longa distância utilizando a internet para transmitir os dados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Danilo. **Módulo Bluetooth HC-06 e HC-05** - Arduino, 2019. Disponível em: < <https://portal.vidadesilicio.com.br/módulo-bluetooth-hc-05-e-hc-06/>>

ALVES, Rafael Machado et al. Uso do hardware livre Arduino em ambientes de ensino-aprendizagem. **Jornada de Atualização em Informática na Educação**, v. 1, n. 1, p. 162-187, 2013.

ALVES, J.A., MOTA, J., **Casas Inteligentes**. Centro Atlântico, Portugal, 144 p., 2003.

ARDUINO. **O que é Arduino**, 2021. Disponível em:
<<https://www.Arduino.cc/en/software>>

AURESIDE, **Associação Brasileira de Automação Residencial**. Disponível em:
<<http://www.aureside.org.br/noticias/automacao-residencial---riscos-e-oportunidades>>.

AUTOCORE, **Módulo relé**, 2015. Disponível em:
<<http://autocorerobotica.blog.br/módulo-rele/>>

BOLZANI, Caio, **“Desmistificando a Domótica”**, São Paulo: AURESIDE, 2007.

BOLZANI, C. A. M. **Casas Inteligentes: um curso de Domótica**. 1ª Ed. São Paulo: Livraria Da Física, 2004. 327 p. Disponível em:
<<http://books.google.com.br/books?id=tgTIPE10u68C&pg=PA51&dq=automa%C3%A7%C3%A3o+resideNCIAL&hl=ptBR&sa=X&ei=Om0jUrmLDoP4AOjmYDYDQ&ved=0CEsQ6AEwAQ#v=onepage&q=automa%C3%A7%C3%A3o%20resideNCIAL&f=false>>.

BRASIL. Lei 13.146, de 6 de julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão das Pessoas com Deficiência** (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União 2015.

BUENO, Guilherme Nunes de Moraes. **Controle de iluminação e temperatura pela plataforma Arduino via celular**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CARDOSO, Rhenann Dayvid Marins. **Automação residencial**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso. Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Fundação Carmelitana Mário Palmério – FUCAMP.

CEDOM, **O que é Inmotica**, 2014. Disponível em: < <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-inmotica>>

CUNHA, W. S. Estudo da Inteligência Artificial aplicada em Internet das Coisas, voltada na Automação Residencial. **Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXVIII**, n. 000121, 2018.

DE ANDRADE, Thamara Queiroz et al. **Desenvolvimento de um sistema baseado na domótica**, 2016. In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, PERSPECTIVAS GLOBAIS PARA A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Fortaleza, 2015. p. 1-21.

DOMÍNGUEZ, H M. & SÁEZ, F. (2006). **Domótica, un enfoque sociotécnico**. Madrid: Fundación Rogelio Segovia para el Desarrollo de las Telecomunicaciones.

EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. **Arduino em Ação**. São Paulo: Novatec, 2013.

FERNANDES, Flávia Gonçalves; BARBOSA, João Ludovico Maximiano; CARDOSO, Alexandre. Aplicação para auxílio às pessoas com deficiência física utilizando automação residencial e realidade aumentada. In: **CEEL–XIV Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica, Uberlândia–MG**. sn, 2015.

FINIZOLA, Antonio Braz et al. O ensino de programação para dispositivos móveis utilizando o MIT-App Inventor com alunos do ensino médio. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. 2014. p. 337.

HANDA, Rene Augusto et al. **Desenvolvimento de aplicativos como uma ferramenta de aprendizagem na área de matemática**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LUZ, Helder José Santos. **Sistema de automação residencial/predial utilizando Arduino e sistema operacional android**. 2018.

MOLINA, Isabela et al. Proposta de um protótipo de automação residencial de baixo custo controlado por dispositivos móveis. In: **Anais da XIX Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe**. SBC, 2019. p. 196-201.

MCROBERTS, Michael **Arduino básico** / Michael McRoberts; [tradução Rafael Zanolli]. -- São Paulo : Novatec Editora, 2011.

MURATORI, José R.; DAL BÓ, Paulo H. **Automação residencial**: Histórico, definições e conceitos, [2012]. Disponível em:
<http://www.osestoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed62_fasc_automacao_capl.pdf>.

REBOUÇAS, Eduardo Pimentel; DA SILVA, Valéria Loureiro, 2020. **Pesquisa Survey Com O Objetivo De Coletar Dados A Respeito Do Mercado De Automação Residencial No Brasil**.

TEZA, V. R. **Alguns Aspectos sobre a Automação Residencial** - Domótica. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

THOMSEN, Adilson. **O que é Arduino**. Filipeflop:< <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-Arduino/>>.

VIANNA, Gabriel Pereira. **Domótica**: Automação Residencial Com Baixo Custo Utilizando O Arduino, 2018 - Trabalho de conclusão de curso - UNIFACVEST.

WORTMEYER, C.; FREITAS, F.; CARDOSO, L. **Automação residencial**: Busca de tecnologias visando o conforto, a economia, a praticidade e a segurança do usuário. In: II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia SEGeT2005. [S.l.: s.n.], 2005.

ZUFFO, J. A. **A infoera** : o imenso desafio do futuro. São Paulo: Saber, 1997

**ESTUDO COMPARATIVO NA PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO COM
ADIÇÃO DE RESÍDUOS PET**Amadeu Serrano Costa¹Luiz Florival Cipriano²Rita de Cássia Alves Leal Cruz³**RESUMO**

A construção civil sempre adquiriu conceitos e técnicas importantes sobre sustentabilidade, a falta de preservação dos recursos ambientais é tema constantemente debatido pelo mundo. Neste contexto, os resíduos de polietileno tereftalato (PET) causadores de grande parcela poluidora na natureza ao serem reciclados ganham papel nobre no caminho do desenvolvimento sustentável. O presente trabalho apresenta um estudo de ensaios em laboratório, onde o objetivo foi avaliar o bloco de concreto com e sem adição de resíduos de PET como alternativa viável para o setor da construção civil. Sendo realizados proporções de mistura de 0%, 2,5%, 5% e 7,5 % de adição de resíduos PET em um traço de 1,5:3:3:1. As incorporações do PET nos traços T1 de 0% e no T2 de 2,5 % obtiveram resistência à compressão exigida pela NBR 7173 e NBR 6136, já os T3 de 5% e T4 de 7,5% estudados, ficaram fora das normas vigentes. Contudo todas as análises onde se utilizou o PET como aditivo no bloco de concreto de 2,5% comprovaram que o material é uma alternativa extremamente viável para o setor da construção civil e uma forma sustentável para as gerações futuras.

Palavras-chave: Bloco de Concreto. Resíduo de PET.

ABSTRACT

Civil construction has always acquired important concepts and techniques about sustainability, the lack of preservation of environmental resources is a topic constantly debated around the world. In this context, when recycled polyethylene terephthalate (PET) waste, which causes a large amount of pollutants in nature, plays a noble role in the path of sustainable development. The present work presents a study of laboratory tests, where the objective was to evaluate the concrete block with and without addition of PET waste as a viable alternative for the civil construction sector. Mixing proportions of 0%, 2.5%, 5% and 7.5% of addition of PET waste in a trace of 1.5:3:3:1 were carried out. The incorporation of PET in T1 of 0% and T2 of 2.5% obtained compressive strength required by NBR 7173 and NBR 6136, whereas the T3 of 5% and T4 of 7.5% studied were outside the current standards. However, all the analyzes where PET was used as an additive in the 2.5% concrete block proved that the material is an extremely viable alternative for the civil construction sector and a sustainable way for future generations.

Keywords: Concrete block. PET waste

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil. E-mail: 20151076032@iesp.edu.br.

² Professor Orientador, Graduado em Engenharia Civil e Matemática, Especialização em Metodologia do Ensino da Matemática e Mestrado em Educação Superior pela Universidade Regional de Blumenau. Docente do Curso Engenharia Civil. E-mail: luiz.cipriano@iesp.edu.br...

³ Professora Coorientadora, Graduada em Química Industrial, pela Universidade Estadual da Paraíba, Doutorado em Engenharia de Materiais, Mestrado em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande. Docente do Curso Engenharia Civil. E-mail: rita.cruz@iesp.edu.br.

INTRODUÇÃO

O homem sempre teve a necessidade de se proteger e sobreviver desde os primórdios da sua história, há registros que o homem nômade teria construído sua primeira moradia no chão, como valas cobertas de folhas, evitando assim o frio tão temido por eles. Como também, cabanas construídas de ossos de animais usando a pele como cobertura para se protegerem (LAMANNA, 2020).

No caminho do desenvolvimento, foi em Jericó na Palestina que o Tijolo de barro foi levado ao sol para secar e começou a ser usado na construção de casas há 7500 mil a.c., se espalhando por toda Ásia e Europa, chegando até a China que queimaria esta argila vermelha e usaria como piso nas suas casas. Outra forma que se utilizou os tijolos cozidos, foi a pavimentação de estradas e execução de fundações de edifícios, sendo assim, objeto usado por todo o milénio (PESTANA *et al.*, 2014).

No período Georgiano entre 1714 à 1813 é que o tijolo alcança o seu auge de fabricação, sendo bastante melhorado diante as suas cores, ocasionando bastante popularidade e trazendo fachadas clássicas vistas até hoje em cidades históricas. Já na alvenaria Victoriana entre 1830 à 1914 foi o período do revivalismo na indústria da construção, trazendo o contraponto entre o passado medieval e a inovação. Com a chegada da revolução industrial muitas fábricas, armazéns, pontes, entre outras obras de grandes impactos foram sendo construídas e sem sombra de dúvidas o tijolo foi o mais utilizado exaustivamente na construção civil (PESTANA *et al.*, 2014).

O concreto surgiu na Inglaterra após a patente do cimento Portland, porém outros países desenvolvidos como Estados Unidos e França também tinham um concreto patenteado que não tinha tantas utilidades. Mas foi na Alemanha que se potencializou este material dando grande impulso comercial e influenciando países como Brasil, Uruguai e Argentina em 1900. Naquela época, pesquisadores trataram de embasar e dar mais confiança, generalizando e dispondo um produto mais industrializado, demonstrando às vantagens e segurança desse sistema construtivo. É importante ressaltar que o cimento Portland na construção civil é sem sombra de dúvidas o material mais importante da construção civil identificado no século XX pelo homem, revolucionando a arte de construir e projetar estruturas (HELENE, 2005).

Para o Brasil no século XX o concreto armado foi capaz de produzir estruturas que para época não era possível, como abobados para vencer vãos (teto côncavo que tem origem em um arco, cobrindo toda a superfície do teto.), escoramentos, materiais sobrepostos, entre outros, bastava apenas pilares, vigas e lajes (HELENE, 2005).

Os blocos de concreto surgem no Brasil como técnica construtiva nos anos 60 e seus primeiros edifícios possuíam quatro pavimentos, este conceito construtivo se expandiu por toda a federação, estima-se que neste período foram construídos mais de dois milhões de edifícios (KALIL, 2007, p. 4).

Em 1980 tomando uma proporção maior, os blocos de concreto são utilizados também em unidades habitacionais e tendo um papel importante na redução de custos, despertando os interesses de construtores da época. A falta de experiência era a desvantagem do método que ocasionava diversas patologias. Estudos e investimentos foram sendo desenvolvidos durante o tempo para melhorar a qualidade dos serviços, pois se tratava de uma vantagem econômica em relação ao método convencional (KALIL, 2007, p. 4).

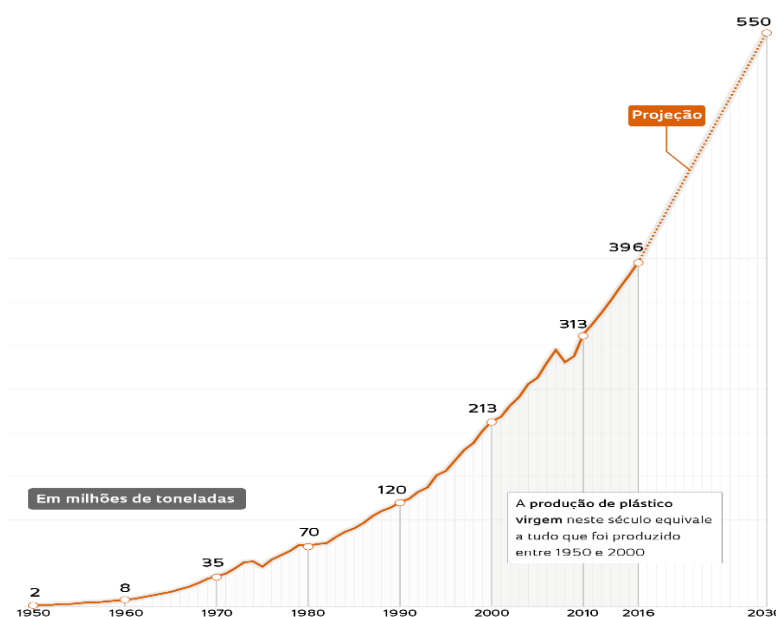
Em 1941 os químicos Rex Whinfield e James Dickson trabalhavam com etilenoglicol e notaram o aparecimento de um material pegajoso que esticado dava origem a longas fibras resistentes surgindo os polímeros (SOUZA, 2021).

Os recipientes polietileno tereftalato (PET) derivados do polímero se tornaram um produto do cotidiano humano, porém ocasionam sérios problemas ao meio ambiente com seus descartes descontrolados, a indústria da construção civil por sua vez pode contribuir com a inovação e utilização de tecnologias que reduzam o custo de matérias com a utilização do PET, podendo trazer uma redução significativa do lixo ao meio ambiente (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2012).

Por ocuparem muito espaço nos aterros devido a dificuldades de compactação e por sua baixa degradabilidade, as embalagens plásticas lançadas indevidamente no ambiente contribuem para poluição no nosso ecossistema. Esse acontecimento tornou-se emblemático de um problema de grandes proporções que aflige o planeta: o consumo desenfreado de plásticos e a poluição gerada por seu descarte inadequado (GEYER, R. *et al.* 2017).

A Figura 1 apresenta um gráfico aonde se estima-se que 8,9 bilhões de toneladas de plásticos já foram fabricados desde meados do século passado, quando os plásticos começaram a ser produzidos em escala industrial podendo chegar a 550 bilhões de toneladas em 2030 (GEYER, R. *et al.* 2017).

Figura 1 – Crescimento acelerado do plástico mundo



Fonte: www.e production, use, and fate of all plastics ever med. Sience advances (2017).

Por causa deste exagerado consumo dos produtos polietileno tereftalato (PET) e seus irreparáveis danos ao meio ambiente, várias são as discursões na comunidade científica. A indústria da construção civil é um dos maiores produtores de resíduos que são lançados diariamente no meio ambiente. Por esse e outros motivos que estudos direcionados a aspectos ambientais como reciclagem podem trazer grandes ganhos à sociedade, há demonstrativos que universidades da região sudeste desenvolvem investigações relacionadas à reciclagem e reutilização no foco do desenvolvimento tecnológico (ZANIN e MANCINI 2004).

Por tanto, o presente trabalho tem como objetivo incorporar resíduos de garrafa PET em bloco de concreto: identificar sua vantagem; comparar o bloco de concreto com e sem adição de PET, analisando a resistência à compressão, proporcionando e promovendo o melhoramento da peça, atendendo assim a sustentabilidade da indústria da construção civil.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

SUSTENTABILIDADE

A palavra sustentabilidade vem da origem da definição de desenvolvimentos sustentáveis, onde a relação de desenvolvimento econômico, ambiental e social atende o presente e não compromete a condução de atender a necessidades das gerações vindouras (PEREIRA, 2009).

Mediante ao desenvolvimento sustentável as decisões da economia mundial nos próximos anos se darão pela sua intensidade e velocidade de consumo, sendo impossível prever decisões que possam evitar problemas como clima mundial, contudo o mundo pós 2020 será feito de transformações, onde a sociedade sentirá os efeitos e consequentemente se adaptará a esta realidade. Desta forma, cada indivíduo tem um grande papel que pode evitar uma série de problemas no ecossistema. Quando se fala de bens de consumo, fala-se de matérias-primas retiradas da natureza para produção desses produtos, que em contramão poluem e degradam o meio ambiente. Pesquisas afirmam que a população mundial crescerá, podendo atingir cerca de 9 bilhões de pessoas até 2050. Sendo assim, o melhor investimento que se faz necessário para superar esta situação de superpopulação é a educação, pesquisas científicas, desenvolvimentos e engajamentos de empresas no processo de inovação tecnológica e melhorias governamentais em aplicações de leis criando a base para uma nova economia. A construção civil tem expressividade e grande espaço para incluir no seu repertório produtos focados na sustentabilidade tanto na sua arquitetura quanto em seus equipamentos (VIANA, VEIGA, ABRANCHES, 2009).

O Brasil sofre com o plástico descartado de forma incorreta, cidades sofrem com este material que ocasionam vários problemas entre eles, entupimentos, sujeiras, entre outros. Mediante esta situação se faz necessário o seu reaproveitamento que tem origem de formas de *flakes*⁴ de 8 a 12 mm com dimensões em pó que se assemelham areia de 2 mm, este material associado como agregado miúdo pode trazer grandes benefícios a sociedade (JARDIM, 2016).

⁴ Flakes – Palavra em inglês que significa flocos de grãos

RESÍDUOS DE PET (O POLIETILENO TEREF TALATO)

Resíduos PET são descartados em massa no mundo inteiro, estima-se que cada indivíduo pode gerar 1,3 kg de lixo por dia, que é constituído por papelão, papel, plástico, vidro, metais, óleo de veículos e cozinha, material orgânico, roupas e produtos de informática. É nos aterros sanitários onde este lixo é lançado e absorvido pelo solo de acordo com sua decomposição, mas nem todos conseguem, os eletrônicos e outros por exemplo são levados para incineração (ROCHA 2017).

O PET é considerado o mais resistente para fabricação de garrafas e aplicações, e tem em seu grande consumo um problema grave de descarte. Sua lenta decomposição se torna uma alternativa inviável para os aterros sanitários, o ideal seria a sua reutilização diminuindo assim o impacto ambiental. A reciclagem é dividida em três modos; mecânica, energética e química. A construção civil utiliza o PET pois possui uma boa resistência a tração proporcionando um custo mais barato trazendo assim benefícios para a indústria (GALLI 2013).

A Figura 2 mostra o Brasil com índices de reciclagem da macroeconomia das embalagens de PET realizados pelo FGV que demonstra um valor bruto que pode atingir o montante de R\$ 92,9 bilhões, um aumento de 22,3% em relação aos R\$ 75,9 bilhões alcançados em 2019 (ABIPETa, 2020).

Figura 2- Valor bruto da produção em Bilhões recicladas no Brasil

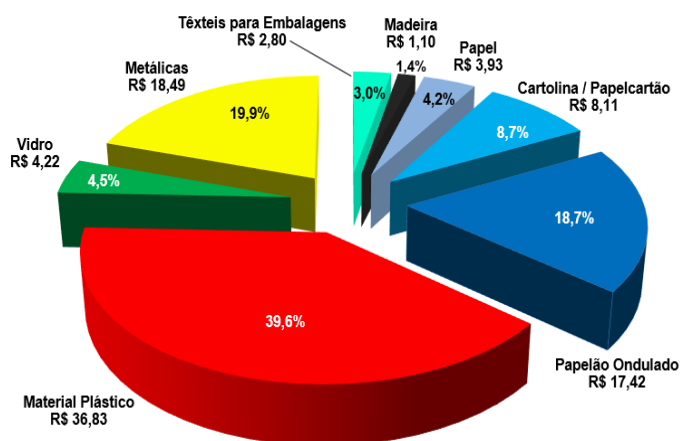


Fonte: (ABIPETc, 2020)

A boa entrada no mercado dos produtos PET se dar pela sua classificação que é de baixa densidade com características de alta resistência ao impacto, excelente barreira a gases e odores, flexibilidade, transparência, possui ainda maior viscosidade e maior brilho, além de boa resistência à tração e ao rasgo (COUTINHO, MELO, MARIA, 2003).

A Figura 3 demonstra que por ter maior representatividade os plásticos correspondem por 36,6% do total, embalagens de papel/cartão/papelão com 31,6% em seguida, metálicas 19,9%, vidro 4,5%, têxteis para embalagens 3,0% e madeira 1,4% (ABIPETa, 2020).

Figura 3- Valor bruto da produção em bilhões por segmentos no Brasil



Fonte: (ABIPETc, 2020)

PET NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Atividade como a reciclagem tem importante resultado, as coletas seletivas não podem ser vistas somente entorno de características sustentáveis, social, política e econômicas, mas também fruto de matéria-prima tecnológica para um mercado diferenciado (FORLIM, FARIAS 2009).

Ao tratarmos de PET a construção civil traz várias tecnologias sobre estes materiais, vantagens estas que reduzem o consumo de matérias-primas não renováveis e agrega valor no preço final do produto. Diversos são os produtos que

se utiliza destas fibras como, telhas, tubos, bancadas, caixa d'água e conexões (SILVA, ALMEIDA, 2010).

A indústria da construção civil avança para atender as demandas, extrações naturais são constantes, os recursos não são infinitos o que nos leva a entender que em um futuro breve teremos uma grande escassez. Por isso, a relevância da comparação entre o crescimento urbano e os métodos de construções sustentáveis são importantes o que não eliminará os impactos causados durante os séculos, mas dará uma diminuição muito importante para o meio ambiente (PISANI, 2005).

Muitos são os materiais que se utiliza do PET reciclado como revestimentos, tubos, telhas, entre outros. Mesmo assim, existe muita resistência por parte da população que por falta de conhecimento trata este material como um produto ruim. A construção civil tem um estado crescente em sua indústria e associar estes tipos de produtos dentro de sua cadeia produtiva gera uma relação considerável no que se diz respeito a sustentabilidade (ARAGON, GHIRALDELLO 2014).

BLOCO DE CONCRETO

Os blocos de concreto, também chamados popularmente de blocos de cimento, possuem formato de paralelepípedo e dois furos grandes na vertical, sendo o mais utilizado na alvenaria estrutural (ABNT 2016).

O polímero PET possui resistência alta e custo baixo, material este que reciclado pode ser reutilizado. Sua maior utilização está na produção de garrafas que também é a sua maior forma de descarte. Estudos com argamassa de concreto com adição PET como agregados naturais podem trazer grandes vantagens (BETIOLI, 2003).

A adição de PET como tecnologias de materiais que possam melhorar o concreto e proporcionar alternativa de solução quanto ao descarte são necessidades constantes. Dentre os materiais polímeros podemos citar: PET; polipropileno; poliéster; epóxi; silicone (MENESES, 2011).

Muitas ações do homem têm alterado a forma do nosso ecossistema e consequentemente danos para toda a população. Tecnologias sustentáveis vem sendo introduzidas no desenvolvimento dos materiais e o bloco de concreto representa uma parcela desta inovação com plena sintonia com o desenvolvimento

sustentável de baixo custo e não extração de matéria-prima no meio ambiente. (GRANDE 2003).

O bloco de concreto é constituído por materiais como cimento, areia e brita. Estes são compactados de forma homogênea e podem ser classificados em dimensões diferentes, devem obter a resistência à compressão no mínimo entre 2,0 MPA⁵ (ABNT,1982). Já o bloco de concreto com maiores resistências para alvenaria estrutural deve obter a resistência à compressão acima de 4,5 MPA (ABNT,2016).

Assim, os blocos de concreto podem ser alvenarias simples com até 4 pavimentos sem função estrutural, apenas de vedação com mínimo de 2,0 MPA (ABNT,1982).

Estudos mostram que argamassas com adição de resíduos PET suportam cargas superiores aos feitos com cimento e areia utilizando o mesmo volume sendo uma alternativa viável (DYER, 2010).

O PET reciclado traz vantagens diversas, diminui o impacto no meio ambiente e nos aterros. Os 30% em média reciclado é utilizado como resina virgem na produção e fabricação de novos produtos, melhorando o custo de toda a cadeia produtiva. A adição do mesmo na fabricação de bloco de concreto é uma excelente alternativa ecológica (FRIGIONE, 2010).

METODOLOGIA

A pesquisa é um demonstrativo que se utiliza de estudos com quantitativos numéricos, estes testes foram realizados no laboratório de engenharia professor José Martinho de Albuquerque Silva do Centro Universitário Educação Superior da Paraíba – UNIESP. Executado por experimento em laboratório com embasamento nas normas da ABNT.

O Intuito era trazer um material PET triturado, mas no mercado foi encontrado uma única empresa que tritura tal material e a mesma só faz em grande escala, com pedidos antecipados em frações de toneladas. Por tanto, todo o material PET foi obtido através de coleta seletiva, sendo selecionados 30 garrafas de vários tamanhos e cores, onde foram lavadas e levadas a secar, retirados os rótulos, tampas e anéis para melhorar a qualidade, evitando qualquer interferência no traço.

⁵ O MPA é a unidade de medida usada para exprimir os valores do FCK.

Dando início a produção das fibras, o processo foi cortar a mão todas as garrafas em pedaços minúsculos com aproximadamente 05 mm, obtendo 980 gramas como apresentado na Figura 4.

Figura 4- Pet de aproximadamente de 05 mm



Fonte: Arquivo Próprio 2021

Em seguida foi adquirido um molde para bloco de concreto todo de ferro, o tradicional usado em mercado com dimensões de 39 x 14 x 19 o qual não pode ser utilizado, pois a prensa não coube o bloco, então foi necessário construir um molde de madeira com dimensões de 29 x 14 x 19 para poder ser realizado o ensaio em laboratório. Outros equipamentos e materiais também foram utilizados como: peneiras, betoneira, baldes plásticos, balança de precisão, cimento CP II, pó de brita, areia media, água da rede de abastecimento do UNIESP Centro Universitário. Com relação a mistura, não foi possível ser executada em betoneira, pois a mesma não apresenta a melhor condição para a fabricação. Outro procedimento foi adotado que se deu no espaço livre do lado externo do laboratório, um traço comum foi feito conforme vídeos vistos e análises normativas.

A Figura 5 apresenta o molde de madeira com dimensões de 29 x 14 x 19 utilizado para confecção dos blocos de concreto de acordo com a normas da (ABNT,2008).

Figura 5- Molde de 29 x 14 x 19



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

Dando início a mistura com base no traço 1,5;3;3;1 foi incorporado o pó de brita com areia média, em seguida colocado cimento e por último os percentuais de PET como aditivo, foram constituídos quatro traços em molde de madeira para produção dos blocos de concreto com adição de PET, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Identificação das amostras produzidas em laboratório de blocos de concreto com adição de PET.

Identificação	% da adição de PET
Amostra T1	0
Amostra T2	2,5
Amostra T3	5
Amostra T4	7,5

Fonte: Arquivo Próprio (2021).

A Figura 6,7,8 e 9 traz os corpos de provas de bloco de concreto com adição de PET de 0%, 2,5%, 5% e 7,5% recém desmoldados de acordo com a norma (ABNT 2008).

Figura 6- Bloco de Concreto com 0% de PET
2,5% de PET



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

Figura 7- Bloco de Concreto com



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

Figura 8- Bloco de Concreto com 5% de PET
7,5% de PET



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

Figura 9- Bloco de Concreto com



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

A resistência à compressão dos blocos de concreto com adição de PET utilizou a norma (ABNT,2007).

A Figura 10 apresenta o equipamento de ensaio de resistência à compressão denominado Prensa Eletro-hidráulica (1.501.220-P.H. digital 100tf, 220V-60Hz) que possui um indicador digital com a capacidade de 100 ou 200 toneladas força e uma bomba eletro-hidráulica que permite controle manual da velocidade.

Figura 10- Prensa Eletro-Hidráulica



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

Após a realização do ensaio com prensa eletro-hidráulica que possui a capacidade de 100 ou 200 toneladas força, avaliou-se os índices de resistência e o esforço à compressão dos blocos de concreto com adição de PET, todos estes testes utilizaram os equipamentos pertencentes ao Centro Universitário em seu laboratório. Este estudo, busca através de dados, observar se à adição dos resíduos de PET poderá melhorar ainda mais os blocos de concreto em relação ao seu comportamento mecânico.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Como critério para realização dos ensaios em laboratório utilizou-se as normas: NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da Resistência à Compressão; NBR 5738(1984): Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova; NBR NM 52(2009): Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente e NBR NM 53(2009): Agregado graúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente; NBR NM 43: Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal.

O processo de resistência à compressão dos corpos de prova após ser retirado do molde de madeira e esperado a cura de 7 dias apresentaram visivelmente um bom ligamento e um boa incorporação esperado para o concreto conforme a Figuras 11,12,13 e 14 de acordo com a (ABNT,1997, ABNT,2009, ABNT,2003).

Figura 11- Bloco de Concreto com 0% de PET



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

Figura 12- Bloco de Concreto com



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

Figura 13- Bloco de Concreto com 5% de PET Figura 14- Bloco de Concreto com 7,5% de PET



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

(2021)



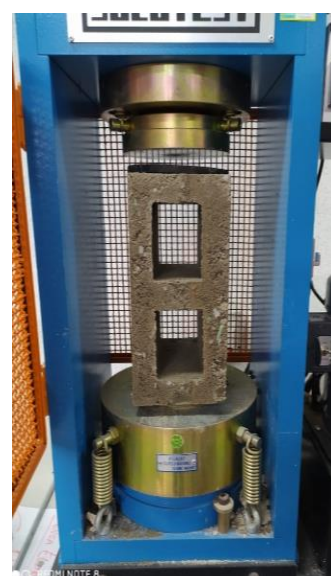
Fonte: Arquivo Próprio

As Figuras 15,16,17 e 18 apresentam os corpos de prova de bloco de concreto sendo submetidos ao ensaio de resistência à compressão de acordo com a (ABNT, 2007).

Figura 15- Ensaio de Rompimento com 0% de PE Figura 16- Ensaio de Rompimento



com 2,5%



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

Fonte: Arquivo Próprio (2021)

Figura 17- Ensaio de Rompimento com 5% de PET
Figura 18- Ensaio de Rompimento com 7,5% de PET



Fonte: Arquivo Próprio (2021)



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

São 4 as classes do uso de blocos de concreto para alvenaria estrutural que são estudados e baseados em normativas que possibilitam a aprovação de materiais para serem fabricados, analisados e adaptados a todas as normas, a classe A tem resistência no mínimo de 8 MPa e está suporta cargas maiores e pode ser utilizado em lugares com absorção de água maior. A Tabela 2 apresenta a resistência de blocos de concreto e classificação, como classe e resistência. (ABNT, 2016).

Tabela 2 – Classificação da resistência dos blocos de concreto.

RESISTÊNCIA DOS BLOCOS DE CONCRETO		
CLASSIFICAÇÃO	CLASSE	RESISTÊNCIA
COM FUNÇÃO ESTRUTURAL	A	$F_{bk} \geq 8 \text{ MPa}$
	B	$4 \leq F_{bk} < 8$

COM OU SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL	C	MPa Fbk $\geq$ 3 MPa
SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL	D	Fbk < 3 MPa

Fonte: (ABNT, 2016).

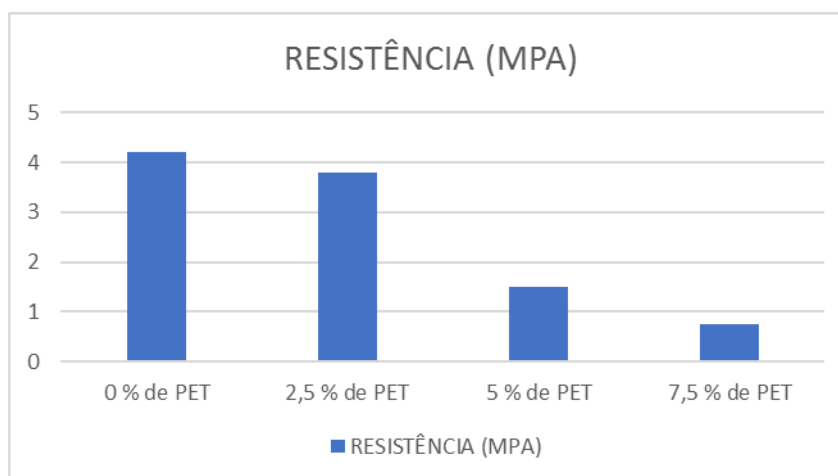
A Tabela 3 e Figura 10 apresentam a resistência à compressão dos blocos de concreto após realização do ensaio no laboratório de engenharia professor José Martinho de Albuquerque Silva do UNIESP Centro Universitário (ABNT, 2016).

Tabela 3 - Resultado dos Ensaio de Resistência à Compressão com molde de madeira

Traço	Idade	Resistencia CII (MPa)	PET (%)
T1	7 Dias	4,20	0,00
T2	7 Dias	3,80	2,50
T3	7 Dias	1,50	5,00
T4	7 Dias	0,75	7,50

Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Figura 10 - Gráfico em relação adição de PET aos 7 dias.



Fonte: Própria (2021).

Na construção dos blocos de concreto, o traço foi 1,5:3:3:1, onde o T1 utilizou o traço de concreto sem nenhum percentual de aditivo PET apenas areia, cimento e pó de brita, obteve um valor de 4,2 MPA, o T2 utilizou um aditivo de 2,5 % de PET no bloco de concreto que proporcionou um boa liga e ficou mais leve obtendo um valor de 3,80 MPA, o T3 teve mesma proporção de material, exceto a adição de PET que foi de 5% dando uma boa incorporação nos materiais envolvidos, atingindo também uma boa liga e ainda mais leve, obtendo um valor de 1,5 MPA e por último o T4 obteve uma incorporação de material também de boa qualidade, a única diferença é que este percentual de PET foi de 7,5 % obtendo o valor de 0,75 MPA relacionado aos demais traços feitos em laboratório.

Foi observado que no T1 de 0% de adição de PET a resistência mecânica normativa foi obtida, o T2 traço de 2,5% estudado sobre adição de PET em bloco de concreto, apresentou um valor a resistência à compressão superior a 3% exigido pela norma, estando dentro das normativas exigidas. Porém os traços T3 e T4 também com adição de PET não atenderam às exigências as resistências à compressão mínima aos 7 dias de cura exigidos (ABNT,1982, ABNT,2016).

Os testes indicam que os resultados são aceitáveis, os estudos comprovam que à adição de PET em blocos de concretos com propriedades técnicas que se enquadram nas especificações normativas, onde o mínimo a resistência à compressão individual é de 2,0 MPA viabiliza e traz vários benefícios a indústria da construção civil. Esta proposta de estudo pode trazer uma grande contribuição para sociedade no que se diz respeito ao meio ambiental e a produção de materiais de baixo custo comercial, com possibilidades reais de edificações mais baratas.

A geração de resíduos é um problema ambiental, empresas ou até mesmo organizações ao optarem pela utilização de construir um bloco de concreto com adição de PET teriam um grande ganho financeiro e também uma responsabilidade socioambiental, porque esse material PET não mais seria depositado em aterro ou lugar impróprio, todos os investimentos em tecnologias e pesquisas são importantes para qualquer país, a construção civil no Brasil é o segundo setor que mais emprega, portanto é importante que os governantes criem mecanismos fiscais como também leis que possam utilizar os resíduos PET na confecção de blocos de concreto incentivando assim produtores e construtores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo investigou a viabilidade técnica do emprego de material polietileno tereftalato (PET) como aditivo na produção de blocos de concreto na região do vale do Mamanguape localizada na porção norte da zona da mata paraibana, nordeste do Brasil, onde verificou-se, baseando-se nas normas brasileiras NBR 7173 e NBR 6136 após 7 dias de cura, sendo elas a resistência à compressão de 2 e 3 MPA mínimas. O traço utilizado foi 1,5;3;3;1 onde se obteve da amostra T1 percentual zero de aditivo PET uma resistência à compressão de 4,20 MPA, e as demais amostras T2 de 2,5% de PET obtendo 3,80 MPA, T3 de 5% de PET obtendo 1,50 MPA e T4 de 7,5% de PET obtendo 0,75 MPA.

Os blocos de concreto dos dois primeiros traços T1 e T2 estão esteticamente apresentáveis, são sugestões técnicas viáveis, onde os objetivos foram alcançados durante à execução dos ensaios de resistência à compressão, assim sendo, possível uma boa inserção no mercado da indústria da construção civil, estabelecendo uma prática sustentável. Os dois últimos T3 e T4 também apresentaram uma boa estética, porém não alcançaram os objetivos propostos na pesquisa ficando fora de norma, não atingindo a resistência mecânica mínima.

Assim, o estudo colabora para demonstrar que os blocos de concreto com adição de PET podem ser alternativas para alvenaria de vedação de características sustentáveis, atendendo as normativas e leis ambientais vigentes no país e podendo adentrar em um vasto mercado ainda pouco explorado, o qual não pode ser ignorado. Deixo como sugestões para próximos trabalhos a necessidade de: 1) Elaborar mais estudos com outros traços e adição de PET; 2) Diminuir o cimento na mistura para avaliar um menor custo; 3) Estudar resistência acima de 7 dias de cura; 4) Elaborar mais ensaios como, tração direta, tração por compressão diametral, resistência à tração na flexão, módulo de elasticidade, limites de liquidez, limites de plasticidade e ensaio de absorção.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

_____. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR NM 43: Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003. Emenda 1:2008.

_____. NBR 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 6136: Concreto - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 7173**: Bloco vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural. Rio de Janeiro, 1982.

ABIPET. **ESTUDO ABRE MACROECONÔMICO DA EMBALAGEM E CADEIA DE CONSUMO**. 2020. Disponível em: www.abipet.org.br. Acesso em: 30 ago. 2021.

ARAGON, Aline Tomaz; GHIRALDELLO, Luciane. Produtos a base de polietileno (PET) na construção civil: um estudo diagnóstico no município de Poços de Caldas. Disponível em: Acesso em: 06 setembro 2021.

BETIOLI, Andrea Murillo. **DEGRADAÇÃO DE FIBRAS DE PET EM MATERIAIS À BASE DE CIMENTO PORTLAND**. 2003. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

COUTINHO, Fernanda; MELLO, Ivana L.; SANTA MARIA, Luiz C. de. Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. *Polímeros: ciência e tecnologia*, v. 13, n. 1, 2003.

DYER, P. P. O. L. (2010). A utilização de resíduos de pet (Poli tereftalato de etileno) como agregado em argamassas. 25o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

FORLIM, F.J.; FARIAS, J. S. Considerações sobre Reciclagem de Embalagens Plásticas. 2007, Departamento de Tecnologia de Alimentos. FEA/UNICAMP/SP.

FRIGIONE, M. *Recycling of PET bottles as fine aggregate in concrete*. **Waste Management**, v.30, n. 11, p. 1101-1106, 2010.

GALLI, Bárbara et al. Uso de garrafas de poli-tereftalato de etileno–PET como insumo alternativo na construção de edificações residenciais. *Revista de Arquitetura IMED*, v. 1, n. 2, p. 174-181, 2013.

GEYER, R. et al. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**. 19 jul. 2017. <https://revistapesquisa.fapesp.br/planeta-plastico/>

GRANDE, F. M. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com adição de sílica ativa. São Carlos: EESC-USP, 2003. 165p. Dissertação Mestrado.

HELENE, P; ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland**. In: ISAIA, G. C. (Org.). *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais*. ed. G. C. Isaia. 2v. 1 ed. São Paulo: IBRACON, **2007**. 1712p. cap. 27.

JARDIM, Rosiéli Ribeiro. **Estudo da viabilidade da substituição parcial do agregado miúdo por agregado miúdo reciclado de pet em concretos convencionais**. 2016. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2016.

KALIL, Maria Baptista Sílvia. **ALVENARIA ESTRUTURAL**. 2007. Disponível em: <https://fdocumentos.tips/reader/full/alvenaria-estrutural-pucrs>. Acesso em: 10 nov. 2021.

LAMANNA, Renato. **Descubra como ocorreu a evolução das habitações ao longo do tempo**. 2020. Disponível em: <https://recreio.uol.com.br/viva-a-historia/habitacoes-veja-como-elas-evoluiram-ao-longo-do-tempo.phtml>. Acesso em: 30 ago. 2021.

MENESES, I. A. (2011). **Avaliação de concreto com adição de fibras de pet submetido a altas temperaturas** (Master's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).

PEREIRA, P. I; Construção sustentável: o desafio. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Fernando Pessoa. Porto, 2009.

PESTANA, Eloi Heleno Assunção *et al.* **A Alvenaria Estrutural e seu desenvolvimento histórico: Materiais e sistemas estruturais. São Luís – MA 2014**. 2014. 18 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Ifma., São Luís, 2014. Cap. 4.

PISANI, Maria Augusta Justi. Um material de construção de baixo impacto ambiental: O tijolo de solo-cimento. *Sinergia*, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 53-59, 2005.

ROCHA, E. R. (2017). **A viabilidade econômica sustentável do bloco concreto com garrafa pet**. *MBA Gestão de Obras e Projetos* Florianópolis.

SOUZA, Líria Alves de. **PET: plástico do momento**. 2021. Disponível em: Brasil Escola. Acesso em: 30 ago. 2021.

SILVA, F.A.; ALMEIDA, L. P. A. **Estudo da viabilidade Técnica do uso de concreto celular adicionado de PET triturado na fabricação de residências e seu impacto ecológico**. XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, São Paulo, **2010**.

SANTOS JUNIOR, João Bosco dos *et al.* Utilização de garrafas pet na confecção de tijolos. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, Sergipe, v. 1, n. 15, p. 59-66, 2012.

VIANA, Sérgio; VEIGA, José da; ABRANCHES, Sérgio. A Sustentabilidade do Brasil. In: GIAMBIAGI, Fabio; BARROS, Octavio de. BRASIL POS-CRISE: AGENDA PARA A PROXIMA DÉCADA. Rio de Janeiro: Campus, 2009. p. 305-324.

ZANIN, Márcia; MANCINI, Sandro D. **Resíduos Plásticos e reciclagem:** aspectos gerais etecnologia. São Carlos: Edusfcar, 2004.

COMPARATIVO DOS MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS COM A PROVA DE CARGA NA ESTACA HÉLICE CONTÍNUA AFIM DE OBTER REDUÇÃO NO CUSTO FINAL DA FUNDAÇÃOBianca Estevam da Silva¹Thuilla Lopes Peixoto²Carlos Rolim Neto³**RESUMO**

O presente estudo expõe e compara as previsões de capacidade de carga obtidas pelos métodos semiempíricos e os resultados da prova de carga estática (PCE) lenta em uma estaca do tipo hélice contínua de um edifício residencial situado na cidade de João Pessoa – PB, tendo como objetivo analisar a assertividade, visando uma possível diminuição no valor final da fundação profunda. Baseando-se em relatórios de sondagens do tipo SPT, utilizou-se para os cálculos semiempíricos os métodos de Alberto Henriques Teixeira (1996); Aoki-Velloso (1975); Décourt-Quaresma (1996), Urbano Alonso (1996); e Pedro Paulo Costa Veloso (1979). A prova de carga foi realizada em uma estaca de 14 metros de comprimento e 0,50 metros de diâmetro, executada em solo arenoso. Tendo em vista a redução do fator de segurança após a realização da prova de carga, foi possível refazer o projeto de fundação apresentando uma economia em relação ao volume de concreto e de aço, comprovando a importância do teste de carga antes da execução das estacas.

Palavras-chaves: Prova de carga estática; Estaca hélice; Fundação profunda.

ABSTRACT

This study exposes and compares the load capacity predictions obtained by the semi-empirical methods and the results of the slow static load test (PCE) in a continuous helix type pile of a residential building located in the city of João Pessoa - PB, having as objective to analyze assertiveness, aiming at a possible decrease in the final value of the deep foundation. Based on SPT type drilling reports, it was used for the semi-empirical calculations the methods of Alberto Henriques Teixeira (1996); Aoki-Velloso (1975); Décourt-Quaresma (1996), Urbano Alonso (1996); and Pedro Paulo Costa Veloso (1979). The load test was carried out on a pile 14 meters long and 0.50 meters in diameter, carried out in sandy soil. In view of the reduction of the safety factor after carrying out the load test, it was possible to redo the foundation project, presenting an economy in relation to the volume of concrete and steel, proving the importance of the load test before the execution of the stakes.

Keywords: Static load test; Continuous helix type; Deep foundation

¹ Graduande do Curso de Engenharia Civil E-mail: bianca.estevam@live.com

² Graduande do Curso de Engenharia Civil E-mail: thuillalopes@hotmail.com

³ Professor Orientador, Graduação em Engenharia Civil, pela Universidade Federal da Paraíba, Mestrado em Engenharia Civil, com área de concentração em geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco, Especialização em Engenharia Geotécnica pela Universidade Paulista. Docente do Curso de Graduação pelo UNIESP e Docente do Curso de Pós-Graduação do IPOG e INBEC E-mail: carlosrolim2704@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os nossos ancestrais buscavam lugares para se proteger das intempéries e ameaças de animais selvagens, se abrigando muitas vezes em imensos buracos existentes nas rochas. Com o tempo o homem abandonou as cavernas onde vivia e que já não atendiam suas necessidades, passando então a pensar em construir moradias mais confortáveis e seguras para a sua família Aguiar (2011). A construção dessas habitações despertou a percepção da necessidade de uma base de terra para firmar a estrutura. Deste modo, surgiu a fundação como uma das partes mais importantes de uma construção, pois ela irá garantir a estabilidade estrutural da obra, evitando rupturas na estrutura do edifício Albuquerque (2019).

Albuquerque (2019) estudando os tipos de fundações e sua importância em obras, expressou que a fundação é responsável por receber os carregamentos oriundos da estrutura, como peso próprio, sobrecargas, ações de vento e empuxos, e além disto, ela também irá transmitir o resultado das ações apresentadas para o solo ou rocha que estará apoiada. De acordo com a NBR 6122 (2019), existem dois tipos de fundações, fundações superficiais ou rasas, e fundações profundas.

De acordo com Fontana e João (2019), as fundações profundas são empregadas normalmente quando os solos superficiais em que serão construídas as edificações não possuem capacidade de suportar elevadas cargas, ou corre o risco de acontecer processos erosivos ao longo do tempo. O tipo de estaca profunda hélice contínua vem apresentando uma série de vantagens devido a possibilidade de execução independentemente do nível freático, grande velocidade de realização, emissão de pouco ruído e sujeiras no canteiro de obra Pereira (2017). No entendimento da NBR 6122 (2019), a estaca hélice contínua “é uma estaca moldada in loco, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo”.

Para avaliar a capacidade de carga de uma fundação, ou seja, o quanto de carga que irá suportar sem romper, é necessário conhecimento sobre os parâmetros do solo, realizando ensaios como *Standard Penetration Test* (SPT). Além do mais, é necessário também que o engenheiro geotécnico realize uma estimativa da capacidade de carga através dos métodos semiempíricos conhecidos em nossa literatura tais como: Alberto Henriques Teixeira (1996); Aoki-Velloso (1975); Décourt-Quaresma (1996), Urbano Alonso (1996); e Pedro Paulo Costa Veloso (1979).

Para assegurar que os dimensionamentos realizados pelos métodos semiempíricos estão corretos, deve ser realizado a execução do teste de prova de carga, que segundo a NBR 16903 (2020), consiste em aplicar esforços estáticos crescentes à estaca e registrar os deslocamentos correspondentes. Os esforços aplicados podem ser axiais de tração ou compressão, ou transversais. A NBR 6122 (2019), exige a execução de no mínimo uma prova de carga a cada 100 estacas executadas.

Segundo Alonso (2000), um grande benefício da prova de carga estática é devido tratar-se de um ensaio que submete o conjunto solo-fundação às circunstâncias reais de trabalho. A norma NBR 6122 (2019) sugere, na avaliação da carga admissível, que o fator de segurança contra a ruptura não seja inferior a 3,0 em fundações superficiais; 2,0 para estacas ou tubulões sem provas de carga; e 1,6 para estacas ou tubulões submetidos a provas de carga, obtendo uma considerável redução para as estacas assumidas em projetos, confirmando, desse modo, a importância e a confiança conferidas a estes ensaios.

Cruz e Melo (2017), afirmam que a redução do fator de segurança, permitida pela realização do ensaio de Prova de Carga em estacas do tipo hélice contínua, pode reduzir o custo da fundação. Isso acontece, pois, é possível utilizar os resultados obtidos quando o ensaio é realizado ainda na fase inicial para reavaliar o dimensionamento das estacas projetadas.

Diante do exposto, será apresentado uma análise comparativa entre as previsões da capacidade de carga alcançada pela média dos métodos semiempíricos, baseando-se em relatórios de sondagem do tipo SPT com os resultados obtidos através da prova de carga estática (PCE), a fim de comparar a quantidade de estacas a serem dimensionadas na fundação. A obra onde foi realizado o estudo, trata-se de um edifício residencial localizado na cidade de João Pessoa – PB. A prova de carga foi realizada em uma estaca de 0,5 metros de diâmetro e 14,00 metros de comprimento, sendo executada em solo arenoso, seguindo critérios e especificações técnicas da NBR 16903 (2020).

Considerando que os métodos semiempíricos se apresentam moderadamente conservadores, objetiva-se neste trabalho assegurar uma melhor conformidade dos parâmetros de previsão de carga adotados em projeto, demonstrar a importância de

realizar a prova de carga antes da execução das fundações (principalmente em fundações profundas) e oferecer confiança ao projetista e construtor.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Definição de solo

Conforme a NBR 6502 (1995), define-se o solo como o material proveniente da decomposição de rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não conter matéria orgânica. Sendo assim, compreender a área em que está localizado e o material originário torna possível compreender suas características e seu comportamento, quando submetido a circunstâncias específicas.

Fundação

Para analisar as estruturas admite-se a separação virtual da mesma em super e infraestrutura, adotando como ações na infra as reações da superestrutura, o que se torna conveniente, considerando a simplificação e as ferramentas de cálculo disponíveis para os estudos (SPERNAU, 2012).

A fundação, denominada infraestrutura, é a estrutura que possui a função de transferir os carregamentos para o solo das construções sejam de prédios, viadutos, casa ou qualquer outra edificação, sendo assim, uma das primeiras etapas a ser executada em uma construção (ALBUQUERQUE, 2019).

Britto (1987) afirma que no custo total de um edifício, as fundações bem projetadas equivalem de 3% a 10%, no entanto, se forem mal concebidas e mal projetadas, podem chegar a custar de 5 a 10 vezes o custo de uma fundação correta. Tizoot (2013) destaca que na escolha de uma fundação é necessário considerar aspectos como: presença de erosões, tipo de estrutura a ser suportada, aterros, localização do nível d'água e a existência de taludes.

As fundações são classificadas por sua profundidade em relação ao solo, em: superficiais (rasa ou direta) e profundas, definidas da seguinte forma:

Fundação superficial (rasa ou direta): elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. [...]

Fundação profunda: elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 m. (NBR 6122, 2019, p.5).

Fundação Profunda

Conforme define a NBR 6122 (2019), os tipos de fundações profundas mais comuns são estacas e tubulão, se diferenciando em relação ao comportamento estrutural e a forma como são executadas. As estacas são executadas inteiramente sem necessidade de descida de trabalhadores, ao contrário do tubulão que necessita da mão de obra pelo menos na parte final da escavação, fazendo com que as estacas atinjam profundidades maiores. Além disso, as estacas possuem alta resistência lateral e baixa resistência de ponta enquanto o tubulão trabalha praticamente com quase toda sua resistência de base.

As estacas são classificadas de acordo com a ABMS/ ABEF (1998) em duas categorias: de deslocamento e as estacas escavadas. Sendo estacas de deslocamento aquelas onde não ocorre retirada do solo, são introduzidas por meio de golpes ou vibrações, utilizando as estacas pré-moldadas, podendo ser de aço, concreto e até madeira. As escavadas são executadas *in loco* por meio de retirada do solo e perfuração. Sendo incluída nessa definição a estaca hélice contínua.

Estaca hélice contínua

A estaca hélice contínua, é definida pela NBR 6122 (2019) como “uma estaca moldada *in loco*, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo”. A Figura 1 demonstra o processo executivo de escavação de uma estaca profunda do tipo hélice contínua.

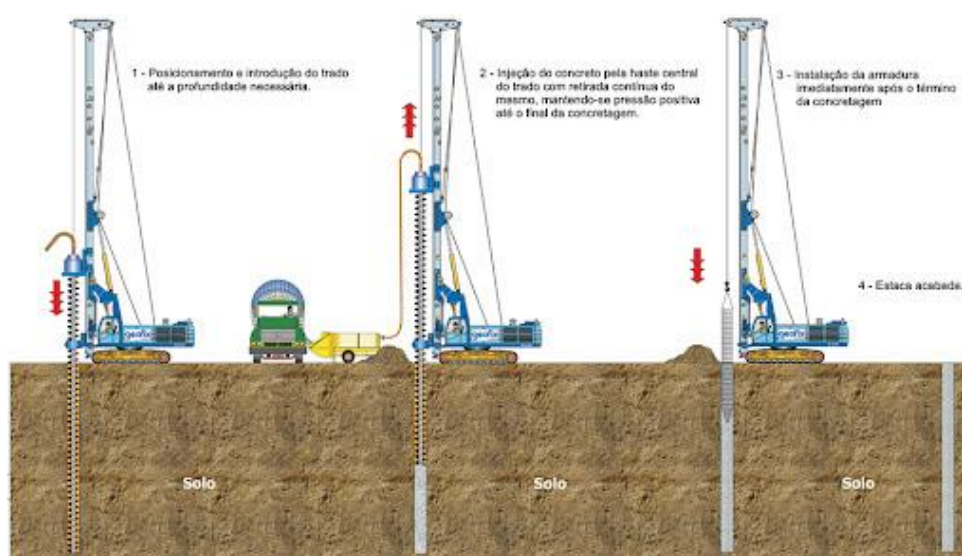
Figura 1 - Execução de uma estaca do tipo hélice contínua



Fonte: Autor (2021)

Sua execução consiste em três etapas como apresentado na Figura 2, são elas: posicionamento do equipamento, perfuração do solo, concretagem, acontecendo ao mesmo tempo que a retirada do trado, e introdução da armadura. ABEF (2012) explica que o concreto passa durante a concretagem por uma haste central, sendo a mesma envolvida por um trado.

Figura 2 – Sequência executiva da estaca hélice contínua



Fonte: Geofix Fundações (2016)

Existe uma série de vantagens que colaboram com o aumento da utilização de estacas do tipo hélice contínua na fundação de diversas edificações. Entre elas são demonstradas por Antunes et al. (1998), a seguir:

- Podem ser executadas abaixo do lençol freático;
- Não causa vibrações, não afetando construções próximas;
- Rápida execução, aumentando assim a produtividade;
- Equipamento adaptável a diferentes tipos de terreno, com ressalva a presença de rochas e matacões;
- Produz uma quantidade baixa de detritos, o que deixa o terreno limpo;
- Capacidade de penetrar camadas de solo que apresentam N_{spt} alto.

Em relação as dificuldades no uso da estaca hélice contínua, podem ser citadas:

- As áreas de trabalho devem ser de fácil movimentação e não apresentar obstáculos para movimentação do equipamento;
- Apresenta limitação no comprimento das estacas e da armação;
- É necessária a presença de central de concreto próximo ao local onde está sendo executada, devido à grande produtividade do equipamento.

Projeto de fundações.

A fundação trata-se da base para qualquer construção, o projeto de fundação se refere a concepção, dimensionamento e representação. Este projeto faz parte do conjunto de projetos necessários para realização de uma construção, a ausência do mesmo pode acarretar aumento de custos para manutenção (CARVALHO, 2019).

No projeto estrutural são definidas as posições e as cargas que serão aplicadas a fundação, fazendo com que ambos os projetos estejam interligados. Antes do desenvolvimento do projeto de fundação, se torna necessário estudo do solo, para que seja possível dimensionar os elementos e assegurar que o solo suportará as cargas provenientes da edificação (CARVALHO, 2019).

Sondagem do solo

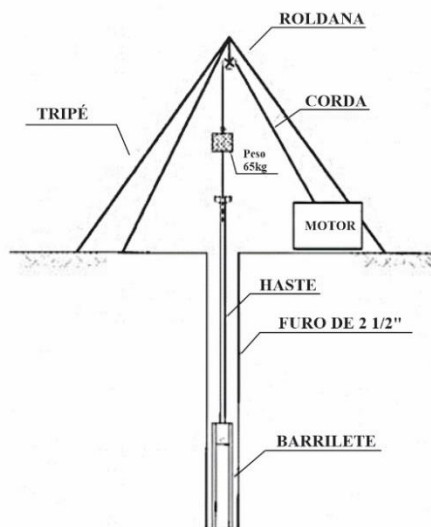
Sondagem é um procedimento realizado com o intuito de conhecer o tipo de solo existente em um terreno, sua resistência e suas características como a espessura das camadas que o compõe, a provável localização do lençol freático, caso exista, e a profundidade onde está localizada a rocha. Essas verificações também são importantes para a análise de imprevistos como, matacões e vazios que possam vir a interferir no processo construtivo. Deste modo, existem diversos tipos de sondagens para que possam ser atendidos os objetivos dos projetistas e construtores, que vão desde a sondagens superficiais, usadas para o reconhecimento inicial e generalizado do solo a outras mais profundas que concede o conhecimento mais exato das suas condições (CONCIANI, 2013)

Sondagem à percussão - SPT

A sondagem de percussão, conhecida como SPT, é utilizada em boa parte do território brasileiro como uma das principais ferramentas para investigar e reconhecer o solo quando o assunto é dimensionamento de fundações. “A engenharia de fundações correntes no Brasil pode ser descrita como a Geotecnia do SPT” (MILITITSKY, 1986 apud VELOSSO e LOPES, 2010, p. 262).

A NBR 6484 (2020) regulamenta o procedimento de sondagem do solo, sendo esse executado da seguinte maneira, um equipamento constituído por um cavalete, que recebe o nome de tripé, deixa cair um peso de 65 kg de uma altura de 75 cm, conforme ilustrado na Figura 3. Essa sondagem consiste na perfuração e cravação dinâmica de um amostrador-padrão a cada metro do solo, para determinar a resistência a penetração, assim também a composição de solo daquela camada e a profundidade de cada tipo de solo, o ensaio também informa o nível do lençol freático (CAVALCANTE, 2002).

Figura 3 – Ilustração do equipamento para realização do NSPT



Fonte: Pereira (2015).

Devido há grande utilização desse método de investigação, variados estudos surgiram no decorrer do tempo buscando relacionar o valor do SPT com a tipologia do solo para determinar a capacidade de carga das estacas (PEREIRA, 2019).

Dimensionamento da fundação

Para dimensionar a fundação é necessário informasse da resistência do solo e a carga que será transmitida a ela. Com isso, se torna possível definir as dimensões do elemento de fundação que se enquadre da melhor maneira aquela situação, respeitando os quesitos de segurança (CINTRA E AOKI, 2010)

Marinho (2019), define a capacidade de carga como sendo a tensão que é transmitida pela fundação ao solo, logo, a tensão ou carga admissível é a capacidade de carga dividida por um fator de segurança estabelecido pelas normas brasileiras. A NBR 6122 (2019) determina que a tensão pode ser fixada a partir da utilização de diversos procedimentos, sendo eles: Prova de carga sobre placa; Métodos teóricos; Métodos semiempíricos.

Métodos semiempíricos

De acordo com Cintra e Aoki (2010), os métodos semiempíricos baseiam-se em correlações empíricas com resultados de ensaios *in situ* e ajustados com provas de carga. Existem hoje diversos métodos semiempíricos, tendo como exemplo: Alberto Henriques Teixeira (1996); Aoki-Velloso (1975); Décourt-Quaresma (1996), Urbano Alonso (1996); e Pedro Paulo Costa Veloso (1979).

Prova de Carga

A NBR 16903 (2020) define prova de carga como sendo a aplicação de esforços estáticos crescentes à estaca afim de registrar os deslocamentos correspondentes. Cruz e Melo (2017) afirmam que são utilizadas como medida de segurança no qual se é submetido a fundação em relação ao estado último, garantindo que atenda as exigências de um carregamento estabelecido em projeto real.

Segundo a NBR 6122 (2019), quando é realizado um número adequado de provas de carga em uma estaca o fator de segurança global é alterado, passando de 2, quando não ocorre prova de carga, para 1.6.

Existem duas maneiras de realizar o ensaio sendo eles por meio de carga estática ou carga dinâmica segundo as NBR 16903 (2020) e NBR 13208 (2007), respectivamente.

Alonso (2000a) afirma que a prova de carga estática é o único ensaio no qual são reproduzidas as condições de trabalho de uma estaca, tendo em vista que os ensaios dinâmicos não prescindirão de correlações. Os métodos definidos para execução desse ensaio estão na NBR 16903 (2020) que define também a necessidade de um dispositivo para medição de deslocamento e um para aplicação de carga.

Conforme a NBR 16903 (2020) existem quatro formas de carregamento do ensaio, sendo eles: lento (PCE); rápido (PCR), misto (lento seguido de rápido) (PCM); cíclico, lento (PCCL) ou rápido (PCCR). Para que possa ser realizada, de acordo com essa norma, entre a instalação da estaca e o início do carregamento deve se esperar no mínimo três dias, a estaca deve estar situada dentro de uma área de abrangência da sondagem mais próxima.

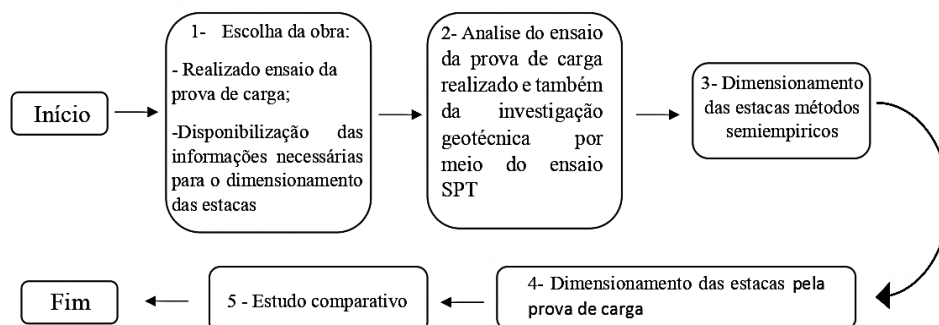
METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos estabelecidos o trabalho foi desenvolvido com base em experimentos de campo, mais precisamente estudo de caso. O trabalho foi dividido em etapas,-sendo elas respectivamente:

- Obter as especificações técnicas, para com base nelas realizar os cálculos relacionados ao dimensionamento da fundação da obra em estudo;
- Solicitar documentos referentes ao resultado do ensaio da prova de carga realizado e da investigação geotécnica de campo, realizado pelo ensaio *Standard Penetration Test* (SPT);
- Tendo em posse os dados fornecidos, realizar o dimensionamento das estacas pelos métodos semiempíricos sendo eles: Alberto Henriques Teixeira (1996); Aoki-Velloso (1975); Décourt-Quaresma (1996), Urbano Alonso (1996); e Pedro Paulo Costa Veloso (1979);
- Interpretar os dados alcançados no ensaio da prova de carga com carregamento lento, para dimensionar a estacas desta vez através da prova de carga;
- Realizar análise comparativa entre o número de estacas obtidos através dos métodos semiempíricos e da prova de carga.

O fluxograma exibido na Figura 4 esquematiza a metodologia utilizada para elaboração do estudo.

Figura 4: Fluxograma da metodologia de pesquisa



Fonte: Autor (2020)

Seleção da obra

Localização

A obra em que foi realizado o estudo, se localiza no estado da Paraíba, mais precisamente na cidade de João Pessoa, capital do estado. O município se encontra na porção centro-sul do litoral Paraibano, fazendo divisa com as cidades de Conde ao sul, Cabedelo ao norte, Santa Rita a oeste e ao leste com o Oceano Atlântico, como podemos observar na Figura 5.

Figura 5: Localização cidade de João Pessoa



Fonte: Barbosa e Barbosa (2008)

As rochas Pré-Cambrianas dominam mais de 80% do substrato geológico paraibano, sendo complementado por rochas vulcânicas cretáceas, bacias sedimentares, coberturas plataformais paleógenas/neógenas e formações superficiais quaternárias afirma (BRASIL 2002)

Revestindo de forma contraria ao embasamento cristalino pré-cambriano e as rochas sedimentares cretáceas e paleogênicas das Bacias Sedimentares Potiguar e Pernambuco-Paraíba, localizam-se os instáveis sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras (ROLIM NETO, 2018)

De acordo com Leal e Sá (1998), a Formação Barreira do território Paraibano varia bastante em relação a sua espessura, atingindo espessuras máximas entre 70 e 80 m. Essas diferenças vêm sendo explicadas por estudos de tectônica regional cenozoica originadas por reativações de falhas antigas na base (BRITO NEVES et al., 2004).

Por estar localizado na cidade de João Pessoa este estudo foi realizado na Formação Barreiras. Como a obra se encontra no bairro de Cabo Branco, o trabalho foi ~~todo~~ centralizado nesta área, a Figura 6 situa o local da pesquisa. Foram realizados ensaios de campo com o objetivo de caracterizar o perfil geotécnico da Formação Barreira da região. Sendo realizado também uma prova de carga que serviu como base para os estudos das estacas do tipo hélice contínua que farão parte da fundação da edificação.

Figura 6: Localização cidade de João Pessoa



Fonte: Barbosa e Barbosa (2008)

Critérios de seleção

Para a escolha da obra onde seria possível ao final realizar análise comparativa do dimensionamento das estacas seguiram-se dois critérios:

- Na construção escolhida necessita ensaio de Prova de Cargas em estacas, para extrair o resultado para dimensionar as estacas.
- Conter na obra um profissional responsável que colabore com o trabalho, fornecendo informações do Laudo de Sondagem da área do terreno e o Relatório Técnico da Prova de Carga.

Realizou-se contato informal com um profissional que atua no mercado e que possui um histórico de apoio a pesquisas.

Análise preliminar dos dados dos projetos

Foram obtidas todas as informações para o desenvolvimento do cálculo de dimensionamento das estacas do tipo hélice contínua nesta etapa. Sendo eles: Laudo de Sondagem, Projeto estrutural; Dados da estaca de sacrifício (utilizada na prova de carga), Carga a ser aplicada em cada estaca e método executivo.

Com esses dados foi possível dimensionar a quantidade de estacas que seriam necessárias por cinco métodos semiempíricos diferentes e em seguida dimensionar através da prova de carga. Sendo o perfil de solo que compõem o perfil geotécnico do local, o comprimento das estacas, e seu diâmetro, informações essenciais para efetuar esses cálculos.

Sondagem SPT

Para a análise do solo foi realizada a sondagem à *Standart Penetration Test* (SPT). Foram executados dois furos (SP 01 e SP 02) em locais estratégicos do terreno e, em seguida foi possível identificar sua tipologia e características. Utilizamos como critério para a definição do laudo de sondagem, a escolha do furo que apresentou a pior situação em relação a classificação do material, visando um dimensionamento mais seguro. O furo analisado foi o SP 01 e seu perfil geotécnico será exibido a seguir, na Figura 7.

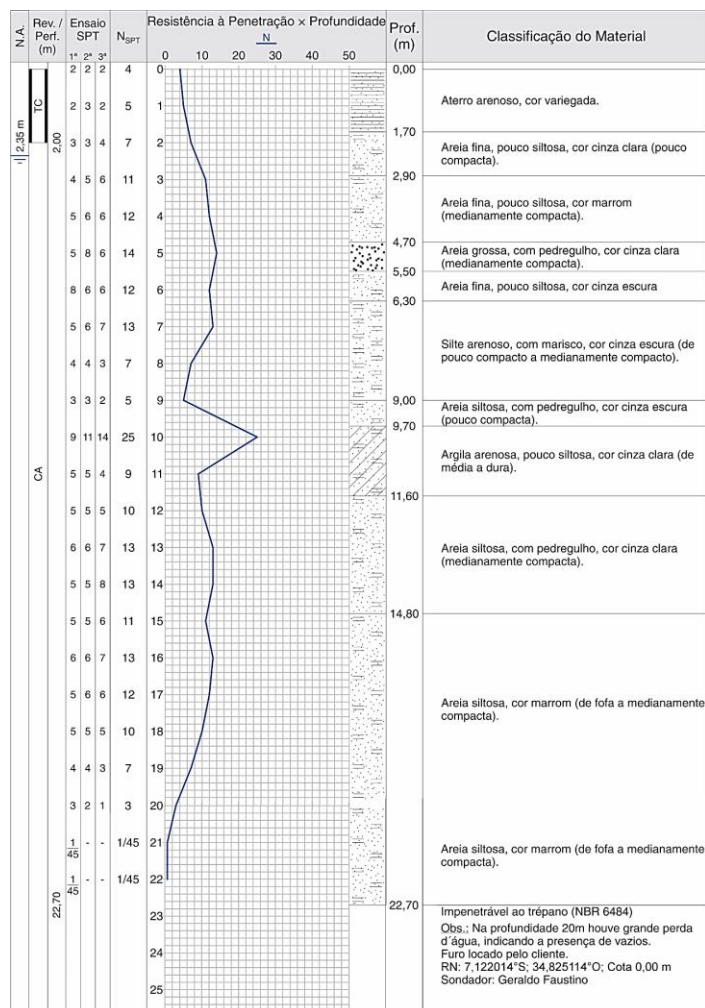
A sondagem *Standart Penetration Test* (SPT) foi executada no dia 10 de julho de 2019 e em função da mesma, serão realizadas interações pelos diferentes métodos existentes para a avaliação da capacidade de carga da fundação. O furo SP01 mostrou algumas variações de solo ao decorrer da perfuração, onde a camada inicial apresenta aterro arenoso com cor variegada e profundidade em torno de 1,70m. Nesta camada, a resistência do solo à penetração estava baixa e o NSPT médio variou entre 4 e 5 golpes.

Nas duas camadas seguintes encontra-se areia fina pouco siltosa com espessura de 1,20m e 1,80m respectivamente e, resistência do solo a penetração crescente entre 7 a 11 golpes. A quarta camada apresenta areia grossa com pedregulhos e espessura de 0,80m, tendo NSPT médio de 14 golpes. Em seguida, compreende-se na quinta, sexta e sétima camada de modo respectivo, areia fina, silte arenoso e areia siltosa, com NSPT médio decrescendo entre 14 e 13 golpes. Na camada seguinte encontra-se o pico de resistência a penetração, com NSPT médio de 25 golpes. Após este pico, seguem-se camadas de areia siltosa, de maneira decrescente com NSPT médio entre 13 a 3 golpes, seguindo até a profundidade limite de 22m.

Além disso, a sondagem também apresentou a existência de lençol freático a 2,35 m de profundidade. Sendo assim, após obtenção e análise destes dados,

constatou-se na obra em questão, que seriam utilizadas fundações profundas em estaca tipo hélice contínua. Também foi estipulado que as estacas deveriam apresentar comprimento de 14,0m de profundidade e diâmetro de 0,50m apoiando-se sobre a camada de areia siltosa, onde encontra-se o valor de NSPT com 13 golpes.

Figura 7 – Sondagem SPT – Furo SP 01



Fonte: Concretosolo (2019).

Prova de carga

A execução da prova de carga foi realizada de acordo com as condições gerais de procedimentos estabelecidas na norma brasileira NBR 16903 (2020) Solo - Prova de carga estática em fundação profunda. Além disso, seguimos a NBR 6122 (2019) que determina um fator de segurança mínimo de 1,6 quando se realiza um número adequado de prova de carga em uma estaca. Sua execução ocorreu no dia

03 de novembro de 2020. A prova de carga consistiu nas seguintes etapas: o carregamento, o sistema de reação e o sistema de medição.

Carregamento

Realizou-se ensaio na estaca do tipo hélice contínua com a finalidade de analisar o comportamento das estacas que foram previstas em projeto, quanto a sua capacidade de carga. Os dados desse carregamento e descarregamento são mostrados na Tabela 1.

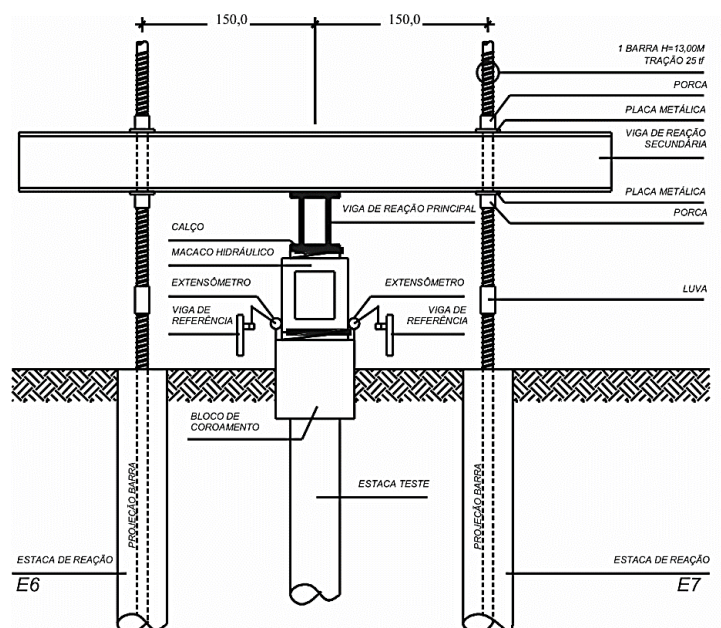
Tabela 1- Carregamento e descarregamento.

Carregamento		Descarregamento	
Estágio	Carga (tf)	Estágio	Carga (tf)
1°	15,0	1°	112,5
2°	30	2°	75,0
3°	45,0	3°	37,5
4°	60,0	4°	0,0
5°	75,0		
6°	90,0		
7°	105,0		
8°	120,0		
9°	135,0		
10°	150,0		

Fonte: Coneresolo (2019).

O carregamento do ensaio ocorreu em dez estágios sucessivos com leituras de deslocamento realizadas nos tempos 2, 4, 8, 15 e 30 minutos. Deste modo, em cada estágio, a carga foi mantida até estabilização dos deslocamentos, com tolerância máxima de 5% do recalque total no estágio, entre leituras sucessivas. A carga máxima foi mantida por período de 12 h (após estabilização dos recalques), é realizado o descarregamento em quatro estágios de 15 min cada.

Figura 9 - Montagem do sistema de reação – Corte AA



Fonte: Concretosolo (2019).

Na planta baixa das vigas de reações é possível observar uma viga principal na vertical e três vigas secundárias horizontais. O ensaio foi realizado em um bloco composto por 7 estacas, onde a estaca E3P24 foi submetida ao teste da obra localizada no Cabo Branco - João Pessoa – PB.

As vigas são compostas por perfis laminados Gerdau duplo W 610 x 140, com inércia compatível aos esforços aplicados. Sua estrutura é reforçada com chapas soldadas, formando “costelas”, para aumento da resistência ao cisalhamento. As barras de tirantes são engastadas em 06 (seis) estacas do tipo hélice contínua ($\varnothing$ 500 mm), com comprimento ancorado de 13,00 m. O aço é do tipo Dywidag GW plus ST 33/70 25 mm, que foi dimensionado para carga de tração de 245,17 kN.

Sistema de medição

A aplicação do carregamento se deu através de macaco hidráulico PONTEMAC acionado por bomba manual, representado na Figura 10. O conjunto tem capacidade para 5883.99 kN. A carga foi aplicada no topo da estaca através de um bloco de coroamento, construído como elemento de transmissão. A Figura 11 retrata o manômetro analógico de 4”, por onde é realizado a leitura das cargas.

Figura 10 – Macaco hidráulico



Fonte: Coneresolo (2019)

Figura 11 – Manômetro analógico



Fonte: Coneresolo (2019)

O dispositivo possui duas escalas de leitura: bar e lbf/pol². As medidas de deformação são realizadas com quatro extensômetros mecânicos da marca MITUTOYO, com curso de 50,0 mm e precisão de 0,01 mm. Os medidores foram instalados nos vértices do bloco de coroamento. Os deslocamentos das estacas de reação foram medidos por níveis laser, instalados remotamente, dirigidos para réguas milimetradas fixadas nas barras de tirantes.

Dimensionamento pelos métodos semiempíricos

Com as dimensões das estacas e valores de NSPT do laudo de sondagem, pudemos calcular a capacidade de carga das estacas antes da execução da prova de carga. Este dimensionamento foi realizado com a ajuda de uma planilha de cálculo eletrônica, através do programa Excel, baseando-se nos métodos semiempíricos já conhecidos em nossa literatura, sendo eles: Alberto Henriques Teixeira (1996); Aoki-Velloso (1975); Décourt-Quaresma (1996), Urbano Alonso (1996); e Pedro Paulo Costa Veloso (1979). As apurações dos métodos ocorreram através da distribuição da carga de ruptura total nas frações lateral e de ponta, sendo utilizada a média dos resultados de todos os métodos.

Para obter a Carga Admissível, seguiu a NBR 6122 (2019) que recomenda um fator de segurança 2,0 para estacas sem prova de carga. Nesta planilha inserimos as características das estacas como seu comprimento e diâmetro. Identificou-se as informações encontradas na sondagem. A Figura 12 apresenta os tipos de solos, o número SPT e sua respectiva cota, usada na planilha.

Com a Carga Admissível já determinada se tornou possível estimar os números de estacas que compunham cada bloco de fundação, após a estimativa, com o auxílio de uma planilha de cálculo foi possível observar se a estimativa estava correta e se a quantidade de estacas determinada seria suficiente para resistir aos esforços aplicados.

Figura 12 - Dados inseridos na planilha

Cota (m)	Nº SPT	Tipo do solo							Areia com pedregulhos
		Argila Siltsosa	Argila Arenosa	Silte Argiloso	Silte Arenoso	Areia Argilosa	Areia Siltsosa	Areia	
1	11	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐
2	12	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐
3	14	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒
4	12	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐
5	13	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐
6	7	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐
7	5	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
8	25	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐
9	9	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐
10	10	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
11	13	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
12	13	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
13	11	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
14	13	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
15	12	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
16	10	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
17	7	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
18	3	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
19	3	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
20		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
21		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Fonte: Autor (2021).

Dimensionamento através da prova de carga

Com a prova de carga realizada em campo obteve-se uma capacidade de carga precisa das estacas. A NBR 6122 (2019) determina que após as estacas

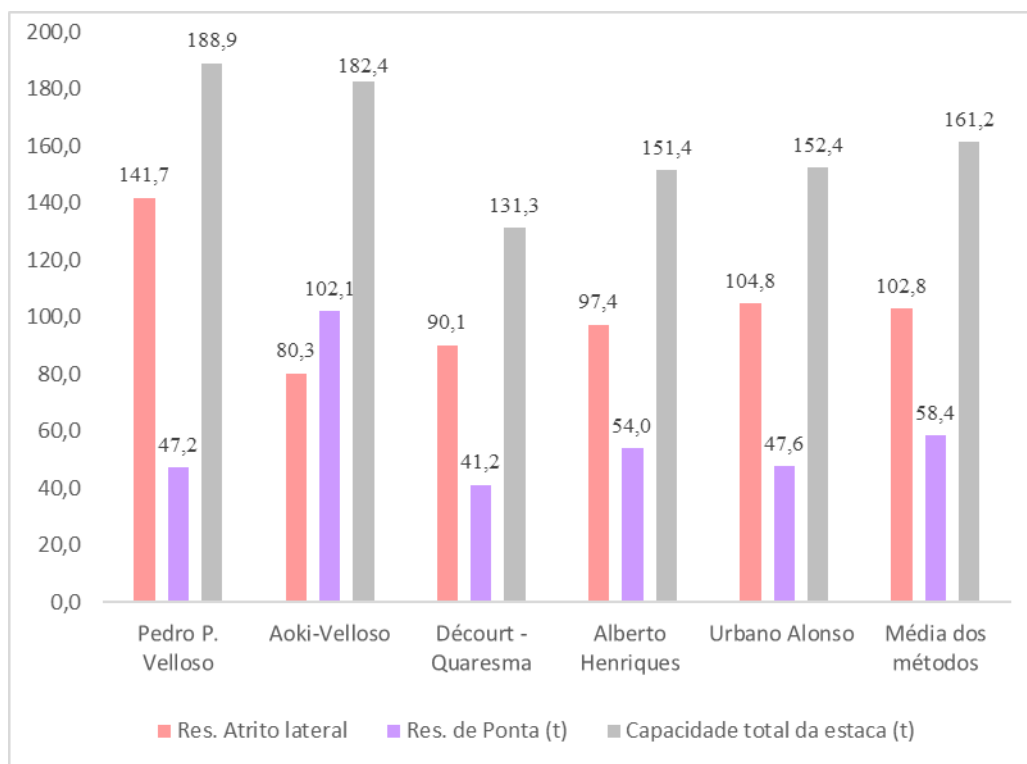
serem submetidas a uma prova de carga o fator de segurança reduz para 1,6, com isso, foi possível obter um novo número de estacas também por meio do excel, que conseguiriam cumprir as necessidades dessa situação atual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Capacidade de carga métodos semiempíricos

A figura 13 apresenta os resultados de capacidade de carga por cada um dos cinco métodos semiempíricos escolhidos e a média geral obtida. É demonstrado capacidades de carga por atrito lateral, por ponta e a soma, resultando na capacidade total das estacas.

Figura 13 – Capacidade de carga das estacas



Fonte: Autor (2021).

Observa-se que o método de Pedro P. Velloso é o que determinar uma maior capacidade de carga comparado aos demais métodos, enquanto o de Décourt-Quaresma a menor. Das comparações realizadas nota-se que, em sua maioria, a

resistência de atrito lateral é maior que a de ponta, sendo a única exceção o método de Aoki.

Resultados prova de carga

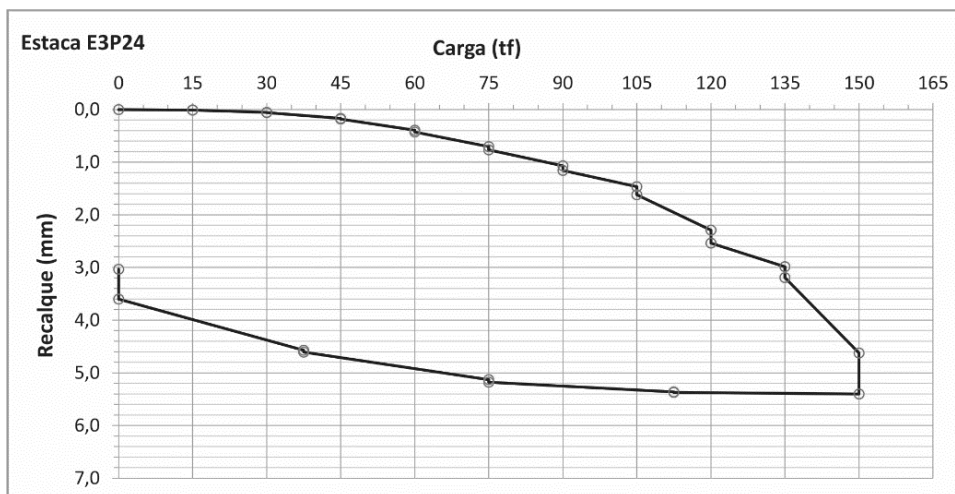
Com a realização da prova de carga, observa-se que o carregamento máximo que a estaca ensaiada foi submetida obteve valor de 150 tf. Pela curva carga recalque, à estaca ainda suportaria carga, pois, o recalque contém valor baixo. A Tabela 2 relata graficamente o processo de carregamento e descarregamento e os respectivos recalques que cada carga acarreta, sendo também dispostos na Figura 14 em forma de gráfico curva x recalque.

Tabela 2 – Resultados da prova de carga

Carregamento			Descarregamento		
Estágio	Carga (tf)	Recalque (mm)	Estágio	Carga (tf)	Recalque (mm)
1°	15,0	0,01	1°	112,5	5,37
		0,01			5,36
2°	15,0	0,05	2°	75,0	5,18
		0,05			5,13
3°	45,0	0,17	3°	37,5	4,61
		0,18			4,57
4°	60,0	0,39	4°	0,0	3,60
		0,42			3,03
5°	75,0	0,71			
		0,77			
6°	90,0	1,07			
		1,16			
7°	105,0	1,46			
		1,62			
8°	120,0	2,29			
		2,54			
9°	135,0	2,99			
		3,19			
10°	150,0	4,63			
		5,40			

Fonte: Concesolo (2019).

Figura 14. Gráfico Carga x Recalque (E3P24)



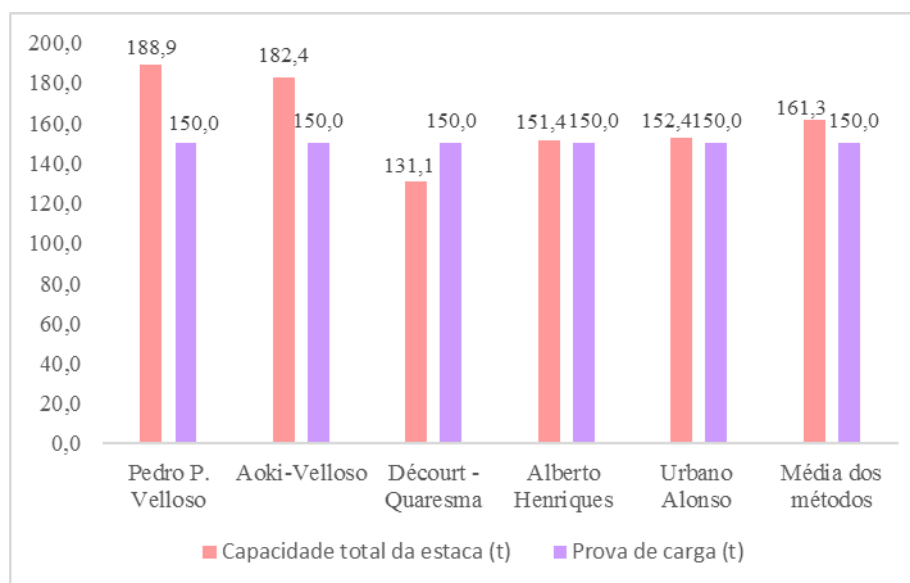
Fonte: Concesolo (2019).

A curva demonstra que a carga máxima atingida é 150 tf, como a carga de trabalho é 50% da carga máxima, a carga de trabalho é no valor de 75tf. Ao atingir a carga de trabalho à estaca ensaiada sofre um recalque de 0,77mm, considera-se um resultado satisfatório, já que o recalque é admissível à estrutura da edificação.

Capacidade de carga Métodos Semiempíricos x Prova de Carga

A Figura 15 mostra uma comparação entre a capacidade de carga obtida pelos métodos semiempíricos e a prova de carga. Observam-se que em sua maioria os dimensionamentos se aproximam da carga suportada na prova de carga. O método de Alberto chega a apresentar variação de apenas 1%. Com exceção de Décourt todos os outros métodos ultrapassaram o valor da capacidade de carga pela prova.

Figura 15- Comparação de carga entre métodos semi-empíricos e prova de carga



Fonte: Autor (2021)

Redução estacas

Ao executar o teste de prova de carga, se tornou viável redimensionar a quantidade de estacas levando em consideração o fator de segurança de 1,6. Observa-se redução na quantidade de estacas, que acarreta redução de concreto e aço.

Nos Quadros 01 e 02, nota-se o diâmetro de cada estaca, a quantidade de estacas necessárias para todo o projeto de fundação, o volume de concreto e a armação necessária para todas essas estacas, sendo uma com os valores pré-dimensionados pela média obtida dos métodos semiempíricos e a outra após a prova de carga, respectivamente.

Quadro 1 – Resultados métodos semiempíricos

Estacas Métodos Semiempíricos			
ϕ (mm)	Qnt. estacas (unid)	V. concreto (m ³)	Armação (kg)
500	107	294,25	2996

Fonte: Autor (2021)

Quadro 2 – Resultados prova de carga

Estacas após Prova de Carga					
ϕ (mm)	Qnt. (unid)	estacas	V. (m ³)	concreto	Armação (kg)
500	93			255,75	2604

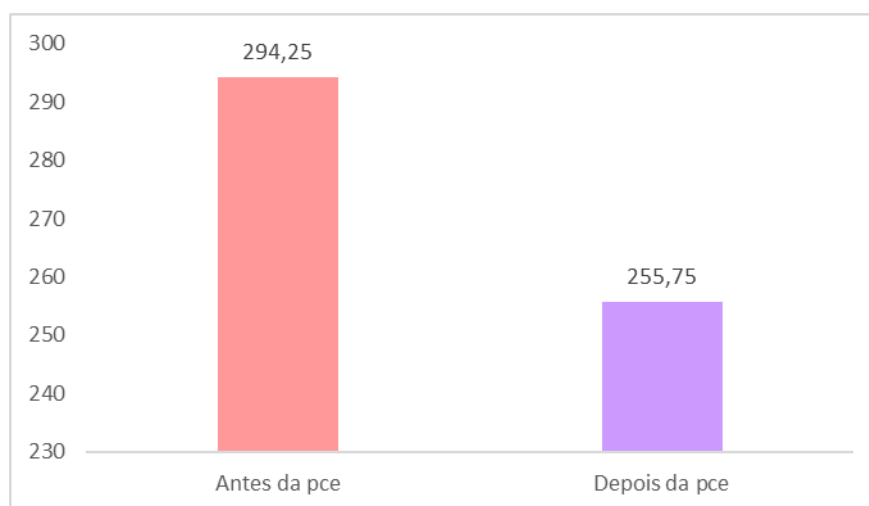
Fonte: Autor (2021)

Economia em relação ao custo

Concreto

Como mostra a Figura 16 ao se analisar as estacas do tipo hélice contínua empregadas na fundação da obra através da prova de carga, observou-se redução do consumo de concreto de 294,25 m³ para 255,75 m³, representando uma redução de cerca de 15% no consumo de concreto.

Figura 16 - Consumo total de concreto em m³

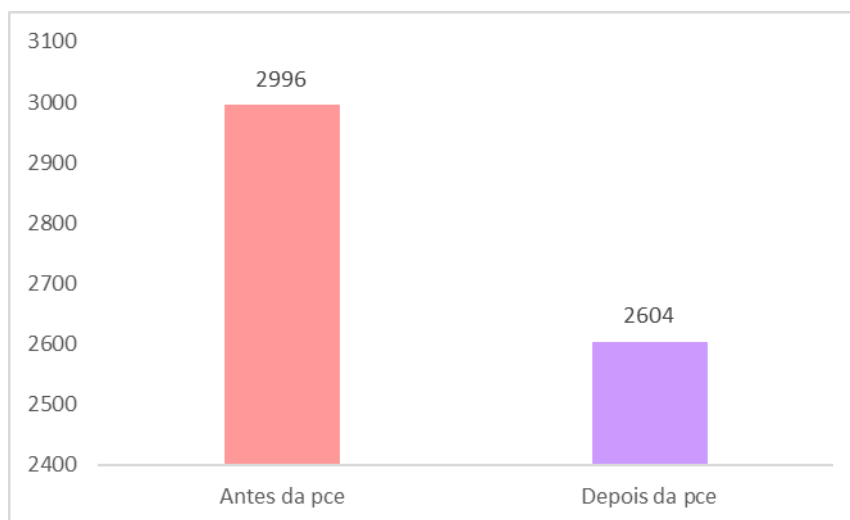


Fonte: Autor (2021)

Armação

A Figura 17 mostra redução em relação ao peso do aço que será utilizado nas armaduras de cada estaca, observa-se que o valor era de 2996 kg de aço e passou a ser 2604 kg, reduzindo cerca de 14%.

Figura 17- Consumo total de aço em kg



Fonte: Autor (2021)

Custo em reais

Tornando a redução em valores, utilizou-se como base o SINAPI – PB de setembro de 2021, o m³ do concreto C25 com valor de R\$: 370,14 (trezentos e setenta reais e quatorze centavos), o que concede uma economia de cerca de R\$: 14.250,39 (quatorze mil, duzentos e cinquenta reais e trinta e nove centavos). O quilo do aço custa R\$:13,12 (treze reais e doze centavos), que apresenta economia de R\$: 5.143,04 (cinco mil, cento quarenta e três reais e quatro centavos). Somando economiza-se um total de R\$:19.393,43 (dezenove mil, trezentos e noventa e três reais e quarenta e três centavos).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas análises e comparações dos resultados de previsão de capacidade de carga obtidos por métodos semiempíricos com os resultados do ensaio de prova de carga estática (PCE) lenta em uma estaca do tipo hélice contínua, com comprimento útil de 14,0 m e 0,50 m de diâmetro, conclui-se:

Os métodos semiempíricos trabalham a favor da segurança, mas é importante que seja utilizado mais de um método para a estimativa da capacidade de carga das

estacas de forma a atender as exigências do projeto de maneira técnica e econômica.

Com base nos resultados da sondagem SPT, analisou-se cinco métodos semiempíricos de capacidade de carga: Alberto Henriques Teixeira (1996); Aoki-Velloso (1975); Décourt-Quaresma (1996), Urbano Alonso (1996); e Pedro Paulo Costa Veloso (1979), sendo o fator de segurança, de 2,0.

A estaca apresentou-se, de forma predominante, comportamento de transferência de carga por atrito lateral. Demonstrando que devemos ter cautela, ao utilizar os métodos, pois podem superestimar os resultados de ponta o que é contra a segurança.

Analisando a capacidade de carga nota-se que o método de Décourt-Quaresma (1996) se apresenta mais conservador para a carga total. Entretanto, os métodos Pedro Paulo (1979) e Aoki-Velloso (1975) são os que possuem uma maior capacidade de carga. Observa-se que em sua maioria, a resistência lateral é maior que a de ponta, com exceção apenas o método de Aoki-Velloso (1975). Portanto, observando variáveis que o solo apresentou e as diversas considerações que foram realizadas no cálculo, salienta-se a importância de se realizar a prova de carga estática, pois ela é imprescindível para verificar o desempenho da fundação e garantir a estabilidade da edificação.

Na prova de carga, o teste com carregamentos lento permite utilizar o fator de segurança de 1,6 e, demonstrou que o recalque equivalente à carga de trabalho é de 0,77 mm. O ensaio apresentou deslocamentos que não indicaram a ruptura do sistema solo/estaca e, comprova-se que a estaca de fato não recalcou muito durante a prova de carga.

De acordo com os dados apresentados nesse trabalho, constatou-se que a grande maioria dos métodos semiempíricos apresentaram previsões superiores ao determinado em campo, com exceção apenas de Décourt-Quaresma (1996). Dentre os métodos, o que mais se aproximou dos resultados obtidos através da prova de carga foram os de Alberto Henriques Teixeira (1996) e Urbano Alonso (1996), sendo os métodos mais eficiente para o dimensionamento.

A redução do fator de segurança após a realização da prova de carga, tornou possível refazer o projeto de estaqueamento das fundações e conseguiu-se uma considerável diminuição no volume das estacas. Economizou-se 14 estacas no

total, trazendo assim uma redução de concreto e aço, conseqüentemente uma redução no custo total de R\$:19.393,43 (dezenove mil, trezentos e noventa e três reais e quarenta e três centavos). Demonstrando a importância do teste de prova de carga antes da execução das estacas.

Conclui-se que apesar de apresentarem incertezas em suas formulações, os métodos de previsão da capacidade de carga em estacas podem ser eficientes dependendo do tipo de estaca e do solo a ser estudado, porém, se faz necessário, e é extremamente importante que se faça a comparação com alguma prova de carga da estaca, pois a execução da prova de carga demonstra-se claramente como método mais seguro para verificação das condições reais da fundação projetada e do comportamento do solo e, existe ainda algumas situações onde a execução do ensaio se torna obrigatória.

Além disto, a utilização do Ensaio de Carregamento Lento apresenta algumas vantagens para o projetista e para a construtora, dentre as quais pode-se citar: verificar as premissas adotadas em projeto; corrigir ou otimizar as obras em função dos resultados; promover alterações em função do comportamento verificado; fornecer alertas de segurança baseados em critérios pré-estabelecidos; adotar medidas preventivas em tempo hábil; complementar dados de ensaios; servir de base para dimensionamento de novos projetos e dar confiança aos projetistas. Ademais, a economia gerada com a prova de carga prévia é incontestável e, o avanço na compreensão do comportamento das estacas nos leva conseqüentemente a aprimorar ao máximo os projetos de fundações.

Portanto, o objetivo de comparar os métodos com o teste de verificação de carga estática não é apenas resolver as incertezas da investigação de engenharia geotécnica, mas garantir a segurança da obra e obter a carga de projeto, que pode reduzir o tamanho do elemento de fundação e/ou quantidade, reduzindo os custos de construção.

REFERÊNCIAS

ABEF. **Manual de execução de fundações e geotecnia: práticas recomendadas.** 1. ed. São Paulo: PINI, 2012.

ABMS/ABEF. **Fundações: Teoria e Prática.** São Paulo: PINI, 1998. 2.ed

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 16903**: Solo — Prova de carga estática em fundação profunda. Rio de Janeiro, 2020.

_____. **NBR 13208**: Estacas - Ensaio de carregamento dinâmico. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6484**: Solo — Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

_____. **NBR 6502**: Rochas e solos – Terminologia. Rio de Janeiro, 1995.

AGUIAR, Lilian Maria Martins de. **As construções Nuragues e Dolmens no Período Neolítico**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/as-construcoes-nuragues-dolmens-no-periodo-neolitico.htm>. Acesso em 07 de outubro de 2021.

ANTUNES, W.R.; TAROZZO, H. Execução de fundações profundas: estacas tipo hélice contínua. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 345- 348.

ALBUQUERQUE, Douglas. **Tipos de fundações: qual a importância em uma obra e como escolher o mais adequado**. IPOG. Disponível em: <https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/tipos-de-fundacoes/>. Acesso em 14/09/2021.

ALONSO, U.R. (2000a). **Contribuição para a formação de um banco de dados de provas de Carga estáticas em estacas Hélice Contínua**. 4o Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, São Paulo, 2: 430 - 450.

ANTUNES, W.R.; TAROZZO, H. **Execução de fundações profundas: estacas tipo hélice contínua**. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 345- 348.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM. **Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba**. Recife: CPRM, 2002.

BRITO, José Luis Wey de. **Fundações do edifício**. São Paulo, EPUSP, 1987.

BRITO NEVES, B. B.; RICCOMINI, C. FERNANDES, T. M. G.; SANT'ANNA, L. G. **O sistema tafrogênico terciário do saliente oriental nordestino na Paraíba: um legado proterozóico**. Revista Brasileira de Geociências, v. 34, n. 1, p. 127-134, 2004.

CAVALCANTE, Erinaldo H. **Investigação teórico-experimental sobre o SPT**. 2002. 445 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil) Coordenação dos programas de pós-graduação de engenharia da Universidade Federal do Rio de

Janeiro, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em:
http://wwwp.feb.unesp.br/ctic/arquivos/TESE_DSc._Erinaldo.pdf acesso em:
06/08/2021

CARVALHO, Matheus. **Projeto de Fundação: O que é e por que fazer?** CARLUC. Rio Grande do Sul, 2019. Disponível em:< <https://carluc.com.br/projeto-de-fundacao/tudo-sobre-projeto-de-fundacao/>>. Acesso em: 19/10/2021.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N. **Fundações por Estacas: Projeto Geotécnico**. Oficina de Textos, 1ª ed. São Paulo. 2010.

CONCIANI, W., Silva, C., Costa, C., Silva, J. & Silva, M. **Manual do Sondador**. Brasília. DF. IFB, (2013).

CRUZ FO, A. S.; MELO, B. F. M. **Comparação da carga admissível mediante o método semi-empírico e prova de carga estática em fundação tipo estaca hélice contínua**. PUC, Goiânia, GO, 2017.

FONTANA, Annielli Cristine Kazmierski. JOÃO, Mayara de Moraes. **Estacas profundas: desempenho da estaca hélice contínua – qualidade técnica de serviços e aspectos consideráveis**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 08, Vol. 06, pp. 135-147. Agosto de 2019.

LEAL E SÁ, L. T. **Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia Pernambuco-Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa-PB**. 1998. 127f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 1998.

MARINHO, Filipe. **Cálculo da tensão admissível do solo**. GUIA DA ENGENHARIA, 2019. Disponível em:< <https://www.guiadaengenharia.com/tensao-admissivel-metodos-determinacao/>>. Acesso em: 15/10/2021

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2013.

PEREIRA, Peterson dos Santos; **Comparação dos métodos semiempíricos para revisão da capacidade de carga de estaca hélice continua com resultado de prova de carga**. Brasília –UNICEUB, 2019.

ROLIM NETO, Carlos; **Caracterização geotécnica e estudo da capacidade de carga de estaca escavada, instrumentada, submetida à compressão axial em solo de formação barreiras**. Recife-PE, 2018.

SPERNAU, W (2010). **Notas de aula – Estruturas de Fundações**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

TIZOTT, Rafael Mallmann. **Comparação do custo benefício entre dois tipos de fundações: sapata rígida e radier**. 2013. 117 f. Monografia (Especialização) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, jul 2013.

**GESTÃO DE NEGÓCIOS E OS DESAFIOS DA PANDEMIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL
BUSINESS MANAGEMENT AND THE CHALLENGES OF THE CIVIL CONSTRUCTION PANDEMIC**Damião Ramalho de Farias¹
Fabio Ferreira da Silva²**RESUMO**

O Brasil vivenciou, no ano de 2020, o início de uma pandemia ocasionada mediante ao vírus denominado COVID-19. Com a chegada desse novo coronavírus, o Brasil e o mundo mudaram o cenário na forma de viver, trabalhar e de se relacionar, gerando consequências a serem enfrentadas na indústria, comércio, serviços, além das mudanças sociais na vida dos indivíduos. Mediante a estes acontecimentos, não foi diferente os impactos enfrentados na construção civil na Paraíba, visto que as grandes, médias e pequenas empresas, bem como a sociedade civil, tiveram que seguir normas estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS), como métodos de prevenção para o combate do COVID-19. Com a proliferação do vírus e os altos números de óbitos fez-se necessário utilizar medidas de emergência como o isolamento social e o *lockdown*. A construção civil é uma das principais potências econômicas para a geração de emprego e renda no Brasil, apresentando, desde antes da pandemia da COVID-19, um crescimento significativo no mercado. No início do ano de 2020, as projeções apresentavam um ano bastante promissor. Todavia, com os acontecimentos vivenciados na pandemia, as empresas precisaram adotar medidas emergenciais, de gestão, para se manterem ativas no mercado. Desta forma, o objetivo deste trabalho é demonstrar os problemas de gestão das empresas do ramo de construção civil durante o maior pico da pandemia do COVID-19. Para tanto, foi utilizado como base de dados o questionário no que tange os princípios de gestão: planejamento, execução e controle. A partir da estatística descritiva dos dados, pode-se concluir que os comportamentos das empresas são voláteis, principalmente diante dos momentos de crise, e confirmando a hipótese de que as empresas do ramo de construção civil paraibana sentiram os impactos ocasionados pela pandemia. Além disso, a falha na gestão em se organizar quando as incertezas do futuro, pois 60% das empresas entrevistada responderam que não possuía reserva financeira.

Palavras-chaves: Pandemia; Construção civil; Gestão de empresas.

ABSTRACT

In 2020, Brazil experienced the beginning of a pandemic caused by the virus known as COVID-19. With the arrival of this new coronavirus, Brazil and the world changed the scenario in the way of living, working and relating to one another, generating consequences to be faced in industry, commerce, services, in addition to social changes in the lives of individuals (OLIVEIRA et. al, 2020). Due to these events, the

¹ Graduando do Curso de engenharia civil, E-mail: drdf_@hotmail.com

² Professor Orientador, Graduado em Gestão financeira, pela Universidade Estácio de Sá (UNIUOL), Mestrado em Organizações aprendentes, pela Universidade Federal da Paraíba. Docente do Curso Superior em Engenharia Civil, disciplina de Psicologia do Trabalho no Uniesp. E-mail: fabio.ferreira@iesp.edu.br

impacts faced in civil construction in Paraíba were no different, as large, medium and small companies, as well as civil society, had to follow standards established by the World Health Organization (WHO), as methods of prevention to combat COVID-19. With the proliferation of the virus and the high numbers of deaths, it was necessary to use emergency measures such as social isolation and lockdown (MATTEI; HEINEN, 2020). Civil construction is one of the main economic powers for the generation of employment and income in Brazil (NUNES et. al, 2020), showing, since before the COVID-19 pandemic, a significant growth in the market. At the beginning of 2020, the projections showed a very promising year. However, with the events experienced in the pandemic, companies needed to adopt emergency management measures to remain active in the market. Thus, the objective of this work is to demonstrate the management problems of companies in the construction industry during the greatest peak of the COVID-19 pandemic. Therefore, the questionnaire was used as a database regarding the management principles: planning, execution and control. From the descriptive statistics of the data, it can be concluded that the behavior of companies is volatile, especially in times of crisis, and confirming the hypothesis that companies in the civil construction sector in Paraíba felt the impacts caused by the pandemic. In addition, the failure of management to organize itself when there is uncertainty about the future, as 60% of the companies interviewed replied that they did not have a financial reserve.

Keywords: Pandemic; Construction; Business management.

INTRODUÇÃO

A pandemia mundial ocasionada através da propagação do novo coronavírus, iniciada no ano de 2020, ensejou grandes impactos nas esferas econômicas, culturais e sociais da população mundial.

Este cenário pandêmico culminou diversas consequências a serem enfrentadas na indústria, comércio, serviços, além das mudanças sociais na vida dos indivíduos (OLIVEIRA et. al, 2020). Entretanto, de acordo com o Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (IBRE/FGV), no ano de 2020, o campo industrial foi o mais atingido negativamente, em torno de 43%, em decorrência do período pandêmico decorrente do novo coronavírus (COVID-19). Mediante a estes acontecimentos, não foi diferente os impactos enfrentados na construção civil no estado da Paraíba, nordeste do Brasil, visto que as grandes, médias e pequenas empresas, bem como, a sociedade civil, tiveram que seguir normas estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS), como métodos de prevenção para o combate desta pandemia mundial, iniciada atrás do COVID-19.

O ministério da saúde apresentou no dia 26 de fevereiro de 2020 (ASCOM SE/UNA-SUS), o primeiro caso confirmado do novo coronavírus, no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. Com o elevado número de pessoas infectadas pelo novo coronavírus (COVID-19), bem como, o aumento dos óbitos, fez-se necessário utilizar, no Brasil e no mundo, medidas de emergência como o isolamento social e o *lockdown* (MATTEI; HEINEN, 2020).

O impacto do coronavírus gerou grandes prejuízos na esfera econômica, além de impulsionar as empresas a trabalharem de modo diferente do que estavam habitualmente acostumadas. Tudo o que era feito no cotidiano, precisou ser repensado e modificado para evitar a contaminação e proliferação do novo coronavírus. Um exemplo dessas mudanças vivenciadas pelas empresas foi adesão às redes sociais e as mídias digitais, pois com o *lockdown* e com o distanciamento social as empresas precisaram se reorganizar e traçar estratégias para chegar até o cliente sem provocar danos, e com isto, o avanço tecnológico, digital, virtual e adesão às redes sociais foram os mais utilizados (SILVA *et al.*, 2021).

A construção civil é uma das principais potências econômicas para a geração de emprego e renda no Brasil, apresentando, desde antes da pandemia mundial do COVID-19, um crescimento significativo no mercado, contribuindo com o crescimento da economia nacional (NUNES *et. al*, 2020). Entretanto, com a chegada da pandemia do novo coronavírus, de modo avassalador, os impactos causados nas empresas foram tomando proporções enormes (SCHNEIDER, 2020), visto que, a pandemia modificou o modo de funcionamento pessoal e profissional, em diversos seguimentos.

Para os empresários, os motivos dos impactos na construção civil se justificam mediante a alta carga tributária, ou porque a economia está ruim, ou ainda pela falta de apoio do governo (federal, estadual, municipal). Porém, observando a situação por outra ótica, o principal motivo pode estar associado à falta de gestão empresarial adotada nas empresas.

De acordo com Pereira (2008), gestão se caracteriza como o procedimento para determinar a tomada de decisões abrangendo os princípios do planejamento, execução e controle, vindo a operar e colaborar com o surgimento de eventos inesperados e iminentes crises. Ademais, a falta de gestão, bem como, a gestão

sem ser uma prioridade nas empresas, os problemas tendem a começarem podendo afetar a saúde da empresa e a possíveis situações de crises financeiras. Desde o início da pandemia, o aumento no custo de aço, alumínio, cimento e madeira obrigaram incorporadoras e construtoras a reajustarem os preços ao consumidor (FERREIRA, 2020). Sabe-se, ao longo da história, que a humanidade já vivenciou outras crises associadas a uma pandemia, como a gripe suína e ebola. Essas doenças provocaram tantos problemas quanto à pandemia da COVID-19.

A alta do preço dos insumos de construção civil tem ligado o sinal de alerta e pode frear construções e, conseqüentemente, lançamentos de empreendimentos (SETIM, 2021). Conseqüentemente, todo o setor se viu, então, diante do desafio de cumprir os cronogramas de entrega das obras. Observou-se que de acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 57,1% das companhias do setor apontaram a falta ou o alto custo dos insumos como um problema no primeiro trimestre deste ano. Essa preocupação tem crescido a tal ponto que a elevação no preço dos materiais deve continuar impactando diretamente o setor (CBIC, 2020).

Como observado na pesquisa desenvolvida por (LEAL; SANTANA, 2021), em que foram questionados sobre a facilidade de adquirir materiais e produtos, foi observado que, das quatorze empresas estudadas, nove empresas relataram que piorou muito. Outras três empresas afirmaram ter decaído a facilidade e apenas uma informou que não ocorreu alterações.

À vista disso, a justificativa deste trabalho se deu mediante a relevância em discutir sobre o tema de gestão, mas especificamente a gestão voltada para as empresas do ramo da construção civil, visto que a gestão é primordial para que as empresas não sofram grandes impactos, oriundos da falta de planejamento ou eventualidades inesperadas. Ademais, esta pesquisa também auxiliará qualquer tipo de empresa e segmento, visto que o foco principal é sobre a gestão empresarial, uma vez que a gestão está diretamente ligada à saúde e a longevidade de vida da empresa. Pois, se houver uma futura crise mundial, nacional, regional ou local, por qualquer motivo, esse trabalho auxiliará as empresas como se comportar em um período de crise, mediante aos erros e acertos cometidos na crise pandêmica do COVID-19.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo demonstrar os principais problemas de gestão das empresas do ramo de construção civil durante o maior pico da pandemia do COVID-19.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

GESTÃO E A SUA IMPORTÂNCIA NAS EMPRESAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Gestão pode ser conceituada como o processo que tem por objetivo auxiliar na tomada de decisões dos gestores para a melhoria e o desempenho organizacional da instituição empresarial (BEUREN, 2002). Para os autores Iudícibus e Marion (2001, p. 101) o conceito de gestão se resume no: “*Processo de tomada de decisão que inclui Planejamento, Execução e Controle*”.

Entretanto, a gestão se fundamenta em três princípios, o de planejar, executar e controlar todos os recursos disponíveis para garantia de atingimento dos objetivos seja nas áreas de marketing (compra e venda), logística (área de produção), finanças (entradas e saídas de caixa) ou em pessoas (recursos humanos).

De acordo com os estudos de Goldinho e Carvalho (2009) o planejamento concerne no plano da empresa para a tomada de decisões, levando em consideração as etapas básicas: primeiro: estabelecer um objetivo a ser trilhado, seguindo uma determinada direção; segundo: estipular uma meta a ser lograda, em um período específico de tempo; e terceiro: determinar os meios para alcançar o objetivo estabelecido, e os métodos a serem percorridos.

A execução é o segundo princípio da gestão que tem por finalidade executar o que foi estabelecido na etapa do planejamento (GOLDINHO; CARVALHO, 2009), para isto, faz-se necessário o treinamento da equipe para executar o planejamento elaborado para a gestão da empresa.

Entretanto, no que diz respeito ao controle, Goldinho e Carvalho (2009) relaciona este princípio com a orientação das atividades no caminho para se alcançar a meta. Ainda de acordo com os mesmos autores, o controle tem por objetivo, dentro da gestão empresarial, de mensurar os resultados para assegurar o perfeito funcionamento no que foi proposto na etapa do planejamento, a fim de acompanhar o cenário da empresa no mercado. Para tanto, o controle se fundamenta em quatro momentos adotados: o primeiro são os indicadores de

desempenho; o segundo é o colhimento e registro de dados; o terceiro é a checagem e aplicação de medidas de manutenção; e por fim, o quarto momento trata-se das melhorias, reparações ou medidas corretivas (GOLDINHO; CARVALHO, 2009).

Posto isto, pode-se dizer que a gestão empresarial diligência a busca por resultados, ou seja, o foco consiste em atingir as metas estabelecidas para a obtenção dos resultados esperados. Desta maneira, de acordo com Goldinho e Carvalho (2009) o conhecimento e a prática da gestão empresarial se dão de maneira dinâmica, comunicativo, oscilante, devido a ocorrência de turbulência e fatores externos e ambientais. Sendo assim, ao se utilizar das funções da gestão, as empresas inevitavelmente acabam elaborando o planejamento estratégico.

O planejamento estratégico tem como meta diminuir os riscos e inseguranças do processo de tomada de decisões, embora que, não proporciona alternativas exatas, ajuda a reduzir a eventualidade de situações indesejáveis conforme (COLTRO, 2016). Para Oliveira (2007), o objetivo do planejamento pode ser determinado conforme o crescimento de processos, técnicas e atitudes administrativas, as quais oferecem uma circunstância executável de considerar as consequências futuras de decisões, presentes em razão dos objetivos empresariais que ajudarão a tomada de decisão no futuro, de maneira mais depressa, lógica, eficaz e efetiva.

Muitos acreditam que planejar é trabalho apenas de empresas de grande dimensão; mas ao oposto do que se pensa, planejar e instituir metas é essencial para qualquer empresa: seja de pequeno, médio ou grande porte (COLTRO, 2016). De acordo com Ferreira (2005), habitualmente as micro e pequenas empresas nunca fazem um planejamento antecedentemente de começar o negócio, muito menos onde se quer alcançar com a empresa.

As empresas de pequeno e médio porte, lamentavelmente, pecam na atenção quanto à formalização da estratégia empresarial. Estas empresas, em sua maioria, somente manifestam um plano de negócio empresarial quando buscam por um financiamento bancário. Entretanto, outras empresas apenas acompanham a tendência, o direcionamento adotado e atuante no mercado (VASCONCELOS; VASCONCELOS, 2020).

Para Coltro (2016), é competência da administração da empresa decidir seus objetivos e políticas, organizar e concentrar interesse desejando um melhor e mais brilhante comando pois, segundo o mesmo autor, planejamento é um procedimento constante e competente que consiste em um bloco de comportamento coordenados, integrados e orientados para transformar concreto um objetivo futuro.

Conforme Goncalves (2008), uma empresa moderna que ambiciona permanecer competitiva precisa apresentar-se entre as empresas que fazem acontecer, visto que no universo jamais existe espaço para seguidores, mas sim para inovadores. Lamentavelmente a lei do mercado é parecida com a lei da selva: só os fortes sobrevivem. Sem dinheiro em caixa, fica difícil o investimento, o pequeno empresário encontra obstáculos intransponíveis para continuar no mercado (VASCONCELOS, 2020).

De acordo com Ferreira (2005), diz que as oportunidades são condições do ambiente geral que se corretamente aproveitadas, conseguem proporcionar uma vantagem competitiva para a empresa. Já as ameaças, por sua vez, são motivos capazes de vir a perturbar o funcionamento da empresa, ocasionando atribuições para o seu controle e funcionamento.

A empresa deve olhar para fora de si, para o ambiente onde estão as oportunidades e ameaças.

Essa análise deve ser efetuada pela empresa como um todo, considerando uma série de tópicos, entre os quais se podem destacar, (OLIVEIRA, 2007, p.69)

- mercado nacional e regional;
 - mercado internacional;
 - evolução tecnológica;
 - fornecedores;
 - mercado financeiro;
- aspectos socioeconômicos e culturais;
 - aspectos políticos;
- entidades de classe;

- órgãos governamentais;
- mercado de mão-de-obra; e
- concorrentes

Para o Vasconcelos (2020), jamais cessam as chances e as probabilidades de sucesso, desde que cada pequeno ou médio empresário tenha sua organização enxuta e foco determinado, ou melhor, um plano de negócio bem elaborado e sendo cumprido corretamente, a chance de alcançar o objetivo aumenta. De acordo com Ferreira (2005), propõe-se reconhecer os indícios fortes e fracos do negócio para dirigir o método de planejamento, uma vez que é a partir dessa análise que se saberá quais os recursos com que se pode contar e também quais são os pontos vulneráveis no momento de se estabelecerem as estratégias da empresa.

Segundo Leal (2021) nos últimos anos, o setor da construção civil tem enfrentado vários desafios, considerando os sucessivos resultados políticos e de indicadores econômicos negativos para o setor, que apesar disso tem obtido resultados positivos.

Estratégia de sobrevivência:

Este tipo de estratégia deve ser adotado pela empresa quando não existe outra alternativa, ou seja, apenas quando o ambiente e a empresa estão em situação inadequada ou apresentam perspectivas caóticas (alto índice de pontos fracos internos e ameaças externas). Em qualquer outra situação, quando a empresa adota esta estratégia por medo, as consequências podem ser desastrosas.

Numa postura estratégica de sobrevivência, a primeira decisão do executivo é parar os investimentos e reduzir, ao máximo possível, as despesas. Naturalmente, uma empresa tem dificuldades de utilizar esta estratégia por um período de tempo muito longo, pois poderá ser engolida pelo mercado e pelos seus concorrentes. A sobrevivência pode ser uma situação adequada como condição mínima para alcançar outros objetivos mais tangíveis no futuro, como lucros maiores, vendas incrementadas, maior participação no mercado etc.; mas não como um objetivo único da empresa, ou seja, estar numa situação de “sobreviver por sobreviver” (OLIVEIRA, 2007, p. 204).

IMPACTOS DA PANDEMIA NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é uma das principais potências econômicas para a geração de emprego e renda no Brasil, apresentando, desde antes da pandemia da COVID-19, um crescimento significativo no mercado (NUNES *et. al*, 2020). No ano de 2012, a taxa de sobrevivência de empresas no ramo da construção civil, em um período de dois anos, alcançou 79% de sobrevivência (SEBRAE, 2016).

Com o início da pandemia do COVID-19, assim como todos os setores de comércios e serviços, a construção civil também vivenciou momentos difíceis (SCHNEIDER, 2020). Embora a resiliência e o forte poder econômico da construção civil no Brasil, e este setor ter sido um dos primeiros a retomar as atividades, embora com restrições e seguindo as normas e os protocolos de prevenção ao COVID-19, a construção civil obteve uma perda de mão de obra em 880 mil vagas no mercado, cerca de -13,1%, sendo um dos setores que mais demitiu neste período pandêmico (MATTEI; HEINEN, 2020).

No ano de 2020, era esperada uma recuperação do setor, com uma projeção de crescimento de 2,9%. Vários indicadores, (a exemplo dos indicadores da Confederação nacional da indústria), mostravam uma recuperação, incluindo aumento no índice de vendas de imóveis, produtividade de canteiros, grandes investimentos para incorporadoras e construtoras que apresenta a evolução do índice de nível de atividade da construção civil entre o período de janeiro de 2019 a outubro do ano de 2020.

Entretanto, durante a quarentena, as negociações de compra e venda de imóveis tiveram um declive substancial de 6% só no mês de março (VASCONCELOS, 2020). Segundo o indicador da ABRAINC – Associação Brasileira de

Incorporadoras Imobiliárias – e a FILPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, no segundo trimestre de 2020 quando o PIB diminuiu, as atividades imobiliárias cresceram 0,5 % mesmo com a pandemia. Manter as atividades em andamento é um grande desafio, quando se trata de um canteiro de obras onde a concentração de pessoas é uma realidade. No entanto, com muita

responsabilidade e seriedade, é possível criar um ambiente muito seguro para os trabalhadores e assim continuar com as obras (PEREIRA; AZEVEDO, 2020).

METODOLOGIA

BASE DE DADOS: FONTE E TRATAMENTO

Esta pesquisa trata de um estudo de caso com abordagem quantitativa, visto que a base de dados utilizada se deu mediante a aplicação de questionário de pesquisa, com o objetivo de demonstrar os principais problemas da gestão de empresas do ramo de construção civil, operantes na cidade de João Pessoa - Paraíba, situada no nordeste brasileiro, durante o período de pico enfrentado na pandemia do COVID-19. Deste modo, considerando o objetivo da pesquisa, e por questões metodológicas, o questionário abordou perguntas sobre a gestão das empresas abordando questionamentos sobre o planejamento, a execução e o controle das empresas pessoenses, atuantes no mercado da construção civil no estado da Paraíba.

Sobre os questionamentos no que tange os conceitos de gestão, planejamento, execução e o controle, foi questionado aspectos tais como: Quais as estratégias foram utilizadas pela empresa para conseguir faturar durante a crise pandêmica do novo coronavírus; Se a empresa aderiu a algum auxílio do governo em qualquer momento durante a pandemia mundial do COVID-19; Se durante a pandemia do COVID-19 houve demissão de algum funcionário ou teve que reduzir o valor da remuneração salarial dos funcionários; Se a empresa tinha capital guardado para caso acontecesse alguma crise ou alguma eventualidade em qualquer momento inesperado; Se a empresa tivesse ficado mais de seis (6) meses com o valor do seu faturamento igual a zero, ou seja não tivesse obtido faturamento algum, se ainda iria existir; Nos piores meses da pandemia mundial do novo coronavírus, quantos por cento caiu no faturamento da empresa; Depois da fase mais crítica da pandemia do COVID-19, se a empresa apresentou melhorias; e por fim, qual o tipo de propaganda a empresa utilizou durante a pandemia mundial do novo coronavírus.

As perguntas foram estruturadas com base na metodologia de múltipla escolha, contendo também a opção de o entrevistado responder de maneira descritiva. A aplicação do questionário sobreveio por intermédio da plataforma digital

do *Google forms*, encaminhado aos gestores responsáveis pela administração das construtoras de imóveis da capital paraibana. Entretanto, cabe ressaltar que das dez (10) empresas que foram contatadas, apenas cinco (5) delas aceitaram participar desta pesquisa. Após o levantamento do questionário, a base de dados foi tratada e aplicada no *software* Excel para análise e obtenção da estatística descritiva dos dados.

RESULTADOS

Os resultados apresentados, a partir de dados descritivos se propuseram a investigar os comportamentos das empresas do ramo de construção civil atuantes na cidade de João Pessoa – PB. No primeiro momento, foi encaminhado aos gestores das empresas um questionário para que, a partir dele, pudéssemos conhecer o perfil da empresa, bem como o trabalho de gestão empresarial, diante de um período de pandemia mundial, que foi o COVID-19.

Entretanto, para efeito de avaliação e comparação do comportamento da atividade de construção civil, do nível nacional (Brasil), para o nível municipal (João Pessoa – Paraíba), faz-se necessário demonstrar, primeiramente, o índice de atividade da construção civil no Brasil, entre o período de janeiro de 2019 a outubro do ano de 2020 (Figura 1).

Figura 1: Evolução do índice de nível de atividade da construção.



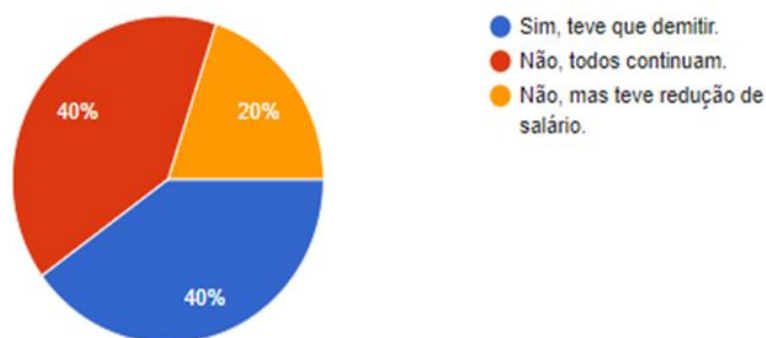
Fonte: Confederação nacional da indústria (2020)

A Figura 1 demonstra que as atividades da construção no mês de janeiro de 2020 tiveram um crescimento 3,5 superiores em relação ao índice apresentado no mês de janeiro de 2019, ou seja, a construção civil no Brasil se apresentava como um mercado promissor e crescente, com elevados índices até o mês de fevereiro do ano de 2020. Após esse período é possível observar uma queda significativa no nível de atividade de construção, no mês de março de 2020. Essa queda gradativa pode ser explicada pela pandemia mundial decorrente do COVID-19, que iniciou o isolamento social no Brasil para o combate a proliferação do novo coronavírus. Entretanto, as atividades foram ganhando força vagarosamente com a retomada do setor, chegando ao mês de agosto de 2020, o maior índice apresentado (51,4), na atividade de construção civil no território nacional.

Contudo, para alcançar o objetivo geral desta pesquisa em demonstrar os problemas de gestão das empresas do ramo de construção civil, residentes na cidade de João Pessoa – Paraíba, durante o maior pico da pandemia do COVID-19, o questionário levantou discursões acerca do planejamento, execução e controle, visto que para Pereira (2008), esses três princípios são denominados de gestão.

Após os tratamentos dos dados apontando os percentuais quanto ao funcionamento de mão de obra das empresas, buscou apontar se durante a pandemia, houve demissão de funcionários ou reduções salariais. Para tal fim, foi perguntado as empresas entrevistadas, atuantes na construção civil na cidade de João Pessoa - PB, se durante a pandemia do COVID-19, as mesmas demitiram algum funcionário ou teve que reduzir salários para continuar aberta (Figura 2).

Figura 2: Percentuais quanto ao funcionamento de mão de obra das empresas.

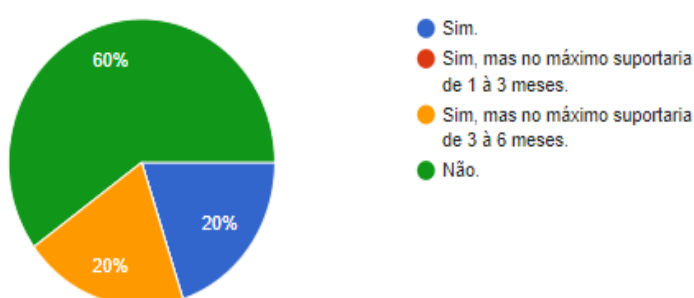


Fonte: Elaboração própria (2021).

Pode-se inferir que, o mercado de construção civil sofreu impactos durante a pandemia, pois 60% das empresas estudadas apresentaram redução de custos, visto que 40% delas precisaram diminuir seu quadro de funcionários, ou aderir à redução salarial (20%). Esse fato pode ser explicado devido à crise econômica gerada pela pandemia do novo coronavírus, uma vez que, a construção civil mesmo sendo uma das principais potências econômicas, não resistiu aos impactos gerados pela crise pandêmica mundial, vindo a reorganizar seu quadro de mão-de-obra ou salarial (NUNES *et. al*, 2020).

Em relação às questões sobre o planejamento das empresas de João Pessoa – PB, atuante no ramo da construção civil, foi perguntado aos gestores sobre a reserva/poupança da empresa, como forma de se planejar para eventos aleatórios incertos oriundos de alguma crise (Figura 3).

Figura 3: A empresa tinha capital guardado se caso acontecesse alguma crise em qualquer circunstância?

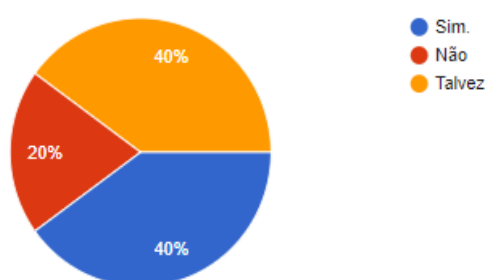


Fonte: Elaboração própria (2021).

É possível observar uma falha na gestão de planejamento em 60% das empresas estudadas, do ramo de construção civil, da cidade de João Pessoa-PB, visto que, apenas 40% delas possuem reserva financeira para acontecimentos inesperados. Deste modo, pode se concluir que as empresas pessoenses estudadas, do ramo da construção civil, possuem um perfil inseguro e arriscado, pois, o planejamento estratégico tem o objetivo de amenizar os riscos, ou seja, assegurar a empresa de sinistros futuros (COLTRO, 2016)). Por conseguinte, foi questionado as empresas estudadas, operantes no ramo da construção civil, na Capital paraibana, com o intuito de delinear como estariam caso o rendimento

monetário fosse nulo em um semestre, ou seja, a vida da empresa em um período de crise oriunda da pandemia mundial (Figura 4).

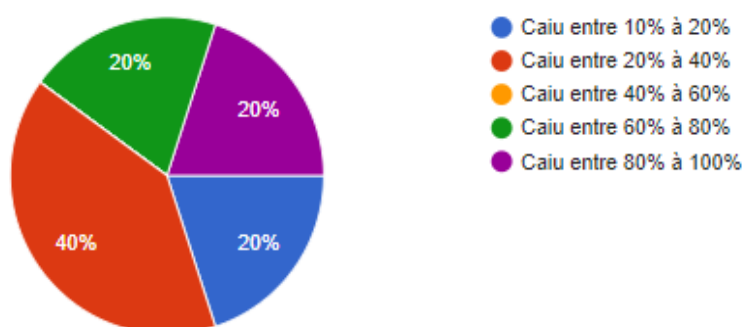
Figura 4: Se sua empresa tivesse ficado mais de 6 meses com zero de faturamento, ainda iria existir?



Fonte: Elaboração própria (2021).

As empresas estudadas do ramo de construção civil mostram-se relutante no mercado, dado que, apenas 20% delas não suportariam saldos nulos na carteira por mais de seis meses. É importante ressaltar que o mercado de construção civil é forte na economia nacional, sendo um grande gerador de emprego e renda. Deste modo, estando em conformidade com a literatura, visto que, a construção civil possui altas taxas de sobrevivências no mercado brasileiro (SEBRAE, 2016). Já em relação ao faturamento das empresas estudadas de construção civil, foi realizado um apanhado, sobre a saúde financeira das empresas de construção civil, para entender quanto reduziu no faturamento no momento mais crítico da pandemia do COVID-19 (Figura 5).

Figura 5: Nos piores meses da pandemia, quantos por cento caiu de faturamento?

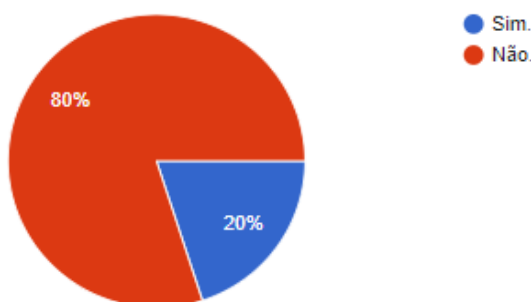


Fonte: Elaboração própria (2021).

No tocante à redução no faturamento das empresas estudadas do ramo de construção civil, atuantes na capital paraibana, nos piores meses vivenciados durante a pandemia do COVID-19. Assim, esses dados indicam que o faturamento destas empresas analisadas reduziu em média de 20 a 40%, durante os momentos mais crítico da pandemia, no meio social. Essa redução monetária das empresas de construção civil pode ser atribuída ao estado de calamidade pública e às medidas de emergência adotadas pelo governo federal, estadual e municipal aderindo ao isolamento social e o *lockdown* com o fechamento do comércio nos setores não essenciais, para o combate do novo coronavírus (MATTEI; HEINEN, 2020).

Entretanto, com os decretos do governo federal, estadual e municipal, criaram-se políticas governamentais para auxiliar, tanto as pessoas físicas quanto as pessoas jurídicas, a enfrentar a crise econômica e social oriundas da pandemia do COVID-19. Mediante a este fato, foi questionado aos gestores das empresas estudadas de construção civil de João Pessoa – PB, se as suas respectivas organizações empresariais aderiram a algum auxílio concebido pelo governo (Figura 6).

Figura 6: A empresa aderiu a algum auxílio do governo?

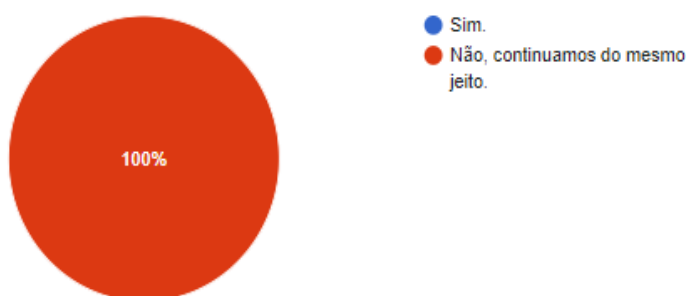


Fonte: Elaboração própria (2021).

Conforme mencionado por Mattei e Heinen (2020), os órgãos governamentais atuaram na adoção de políticas públicas para amenizar os impactos causados pela pandemia em diversos setores empresariais. Entretanto, embora esse benefício outorgado, 80% das empresas avaliadas da construção civil paraibana não obtiveram adesão aos auxílios governamentais. É importante ressaltar que as pequenas e médias empresas, em sua maioria, tendem a não aprofundar estratégias para a manutenção empresarial (VASCONCELOS; VASCONCELOS, 2020). Sendo

assim, busca conhecer o perfil estratégico das empresas estudadas do ramo de construção civil da capital paraibana, durante o período da pandemia mundial do novo coronavírus (Figura 7).

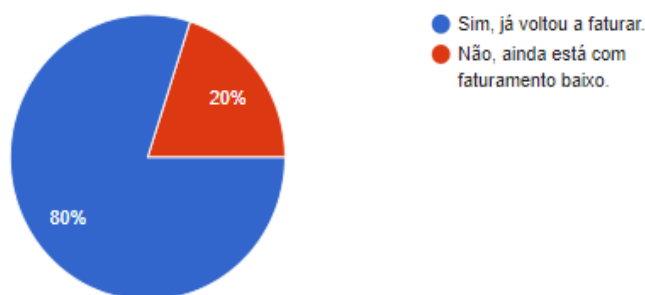
Figura 7: Sua empresa fez alguma estratégia para conseguir faturar? Ex: Fez promoção, ofereceu parcelamento, etc.



Fonte: Elaboração própria (2021).

Em meio ao período de crise mundial, oriunda pela pandemia do COVID-19, as empresas analisadas do ramo de construção civil da capital paraibana optaram por não utilizar estratégias do tipo de promoções ou maiores parcelamentos (100%). Esse fato pode ser explicado devido ao aumento dos custos e escassez da matéria prima, conforme argumentado por Ferreira (2020), fazendo com que ocorra a lei da oferta e procura, em que quanto menor a oferta, maior se torna a procura e os preços tendem a se elevarem. Por conseguinte, observou-se que a situação econômica das empresas paraibanas entrevistadas após o período mais crítico da pandemia mundial do novo coronavírus (Figura 8).

Figura 8: Depois da fase mais crítica da pandemia, sua empresa já teve melhoras?



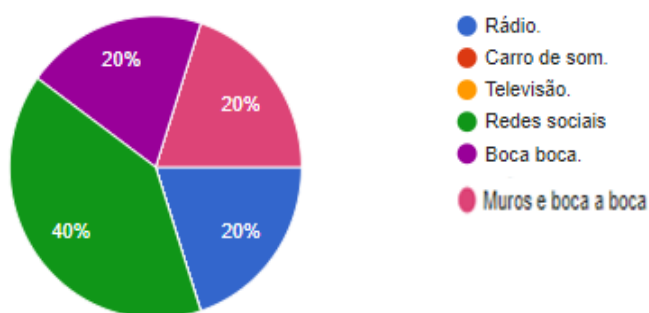
Fonte: Elaboração própria (2021).

O mercado da construção civil em João Pessoa – PB, apresentou crescimento constante após o estágio mais crítico da pandemia mundial do COVID-

19. Cerca de 80% das empresas pessoenses avaliadas voltou a possuir rendimentos positivos. Pode-se concluir que, esse crescimento monetário, em meio a uma crise econômica, pode ser explicado devido à evolução da construção civil que se apresentou crescente, nas últimas projeções demonstradas pela confederação nacional da indústria, no ano de 2020 (VASCONCELOS, 2020). Contudo, os dados apresentados estão em conformidade com a literatura, que argumenta que a construção civil é bastante atuante na economia brasileira, bem como, na Capital Paraibana (FRANÇA, 2021).

Em seguimento, as empresas pessoenses examinadas (80%) atribuíram seus faturamentos as políticas sociais como o auxílio emergencial do governo federal, assistência do governo estadual e agilidade na vacinação do COVID-19. Em contrapartida, as demais empresas analisadas (20%) que obtiveram baixos rendimentos atribuíram o desfalque a falta de apoio do governo federal, excluindo a falta de gestão empresarial. Por fim, compreendem-se como foi trabalhado o marketing e a divulgação das empresas consideradas nesta pesquisa, atuantes no ramo de construção civil em João Pessoa – PB no que se refere à propaganda utilizada para consumidores (Figura 9).

Figura 9: Qual tipo de propaganda sua empresa utiliza?



Fonte: Elaboração própria (2021).

Diante do exposto é possível concluir que as empresas estudadas do ramo de construção civil da capital paraibana (40%) utilizaram do meio digital para alcançar o cliente. Esse crescimento das redes sociais pode ser explicado devido ao isolamento social e ao *lockdown*, no uso de suas restrições, impostas pelos governos, com o

fechamento do comércio nos setores não essenciais, durante a pandemia (VASCONCELOS; VASCONCELOS, 2020); (MATTEI; HEINEN, 2020). Para o crescimento e desenvolvimento comercial, as empresas, de todos os seguimentos, precisam se adaptar ao meio tecnológico, em especial as redes sociais (SILVA; SILVA; SUÁREZ, 2021).

Conforme afirmado por Silva *et al.* (2021) no período pandêmico as estratégias de vendas e captação de clientes precisou serem reorganizadas, devido ao isolamento social e ao *lockdown*, fazendo com que o mundo virtual, bem como, as redes sociais ganhassem força, se destacando por sua atuação no setor empresarial. Os resultados apresentados, a partir dos dados da estatística descritiva, referem-se na demonstração dos problemas de gestão das empresas analisadas do ramo de construção civil durante o maior pico da pandemia do COVID-19 na cidade de João Pessoa – PB.

As características das empresas de construção civil foram de uma gestão de pouco planejamento, mas que souberam sobressair em meio a uma crise econômica. Resumidamente, as empresas precisaram demitir ou reduzir os salários dos funcionários para se manter ativa no mercado; não possuía reservas monetárias para que pudesse enfrentar a crise sem muitos danos, porém com um perfil resiliente em lutar pelo enfrentamento da crise, mesmo com a queda no faturamento, no momento de pico, em meados do mês de março e abril de 2020.

Além disso, 80% das empresas não aderiram aos subsídios governamentais destinados à atuação empresarial, mas foi alegado que a intervenção governamental foi de suma importância para o enfrentamento da crise, como o avanço na vacinação e o auxílio emergencial, por exemplo. Porém, com a alta nos preços dos materiais, as empresas estudadas do ramo de construção civil de João Pessoa-PB se mostraram não adepta à redução de preços ou políticas promocionais para chegar ao cliente, mas apresentou moldagens para chegar ao público através das mídias e das redes sociais.

Desta maneira, os resultados refletem em algumas questões relevantes, não só quanto ao momento enfrentado na crise, mas sobre gestão. Embora as empresas apresentem um perfil pouco adaptado os modelos de gestão, com a crise econômica, oriunda da pandemia do COVID-19, foram necessários se

reestruturarem e constituírem um modelo de gestão, ou seja, planejar os objetivos, executar as tarefas e controlar as decisões para a permanência no mercado.

É importante salientar que o segmento da construção civil se mostra extremamente atuante na economia brasileira. Ela figura entre os setores que mais contratam trabalhadores, em que justifica a relevância desta pesquisa. “A construção civil foi reconhecida como um importante aliado para minimizar os impactos econômicos causado pela pandemia. O PIB da Construção Civil, que subiu 2,7% no segundo trimestre deste ano e puxou a elevação do PIB nacional, o que reforça a importância do setor para a economia brasileira”, segundo *Luiz França (2021), Presidente da ABRAINC – (Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias)*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse trabalho levam a compreender como são voláteis os comportamentos das empresas, principalmente diante dos momentos de crise, pois é necessário se reinventar e se adaptar ao mercado, ou seja, a gestão precisa acompanhar a tendência do mercado para manter-se firme na empreitada.

Deste modo, é possível concluir que as empresas estudadas do ramo de construção civil da capital paraibana sentiram os impactos ocasionados pela pandemia, aderindo à demissão de funcionários ou a redução salarial. Além disso, a falha na gestão em se organizar quando as incertezas do futuro, pois 60% das empresas entrevistada responderam que não possuía reserva financeira. É importante salientar que a intervenção do governo é de suma importância, pois com a pandemia e o aumento do desemprego, foi necessária a adoção de políticas emergências para o momento de crise, servindo de parâmetro o exemplo do isolamento social, do auxílio emergencial e principalmente mediante ao avanço da vacinação contra o novo coronavírus.

Em síntese, é válido mencionar que para a construção desta pesquisa a limitação encontrada foi referente à base de dados, devido à falta de retorno do questionário respondido por parte dos gestores das empresas, bem como, a não aceitação em participar da pesquisa. Outra limitação do trabalho se deu mediante ao fato de ter pouco aporte teórico sobre as empresas pessoenses, principalmente no campo da construção civil.

Por fim, de modo conclusivo, é importante ressaltar que conhecer os comportamentos das empresas, e os modelos de gestão adotada por elas, é importante para pensar na construção de mudanças assertivas que venham reduzir os impactos de eventuais crises econômicas, pois o mercado tende a ser volátil e ocorrer eventos inesperados. Principalmente se tratando de empresas de construção civil, que são grandes potências econômicas, geradoras de emprego e renda. Então, discutir sobre gestão para esse grupo torna-se algo fundamental e de suma importância.

REFERÊNCIAS

ASCOM SE/UNA-SUS. **Coronavírus: Brasil confirma primeiro caso da doença**. 2020. Disponível em: <https://www.unasus.gov.br/noticia/coronavirus-brasil-confirma-primeiro-caso-da-doenca>

BEUREN, Ilse Maria. O papel da controladoria no processo de gestão. In: SCHMIDT, Paulo (Org.). **Controladoria: agregando valor para a empresa**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CBIC. **Desempenho da Construção Civil em 2020 e perspectivas para 2021**. 2020. Disponível em: <<https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2020/12/balanco-construcao-2020-2021.pdf>>

CBIC. O Índice Nacional de Custo da Construção (INCC/FGV). 2021. <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/03/apresentacao-incc-marco-2021.pdf>

COLTRO, Alex; ÉRICA DOS SANTOS, F. Pazzini. O papel do planejamento estratégico em uma organização. **Caderno Profissional de Administração da UNIMEP**, v. 6, n. 2, p. 136-156, 2016. Disponível em: <<https://revistas.faa.edu.br/index.php/FDV/article/view/846>>

ENGENHARIA360. **O impacto da pandemia na construção civil: como o setor retoma o crescimento**. Disponível em: <https://engenharia360.com/pandemia-construcao-civil/amp/>

FERREIRA, Maraísa Angélica D. et al. A importância do planejamento estratégico para o crescimento das empresas. **Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais**, v. 2, n. 1, p. 34-39, 2005.

FERREIRA, Ricardo Monteiro. **Qual será o impacto da pandemia do coronavírus no imobiliário**. 2020. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/qual-ser%C3%A1-o-impacto-da-pandemia-do-coronav%C3%ADrus-monteiro-ferreira/>

FRANÇA, Luiz Antônio. **Novos rumos para o crédito imobiliário impulsionam o setor**. 2021. Disponível em: <https://abrainc.org.br/artigos/2021/09/20/novos-rumos-para-o-credito-imobiliario-impulsionam-o-setor/>

GODINHO, Ricardo Ferreira; CARVALHO, Rita de Cássia Ribeiro. Gestão de sistemas de produção de leite. **Ciência et Praxis**, v. 2, n. 03, p. 77-82, 2009.

GONCALVES, Fabiane Souza Gomes. **A importância do planejamento estratégico para o crescimento das empresas**. 2008. Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Contábeis, UFPR, no curso de pós-graduação em Controladoria- Curitiba, 2007. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/65014/FABIANE%20SOUZA%20GOMES%20GONCALVES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LEAL, Claudia Cristina Fernandes; SANTANA, Diogo Andrade. **Desafios na manutenção do sistema de gestão da qualidade nas empresas de engenharia**. Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/1971>

MATTEI, Lauro; HEINEN, Vicente Loeblein. Impactos da crise da COVID-19 no mercado de trabalho brasileiro. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 40, p. 647-668, 2020.

NUNES, Jéssica Martins et al. Análise dos impactos da COVID-19 no mercado imobiliário brasileiro. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 12, pág. e46891211317-e46891211317, 2020.

OLIVEIRA, Djalma de Pinto Rebouças de. **Planejamento estratégico: conceitos, metodologias e práticas**. 23. ed. - São Paulo: Atlas, 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/39390945/PLANEJAMENTO_ESTRAT%C3%89GICO_CONCEITOS_METODOLOGIA_PR%C3%81TICAS

OLIVEIRA, Pedro Rodrigues; JARDIM, Stéffany Costa; TEIXEIRA, Evandro Camargos. Pandemia da COVID-19 e ocupação no mercado de trabalho: o caso da Região Nordeste do Brasil. **Revista Econômica**, v. 22, n. 1, 2020.

PEREIRA, Antônio Nunes. A importância do controle interno para a gestão de empresas. **Pensar Contábil**, v. 6, n. 25, 2008.

PEREIRA, Antônio Nunes. **Controles Internos Empresariais e Gestão: Visões e Importância- Uma Abordagem Exploratória**. Contabilidade Vista & Revista, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 27-44, 2009. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/contabilidadevistaerevista/article/view/262>

SCHNEIDER, L. (2020). **Mercado imobiliário 2020: o que aprendemos com a crise do coronavírus?** Entrevista a plataforma Vista. Recuperado de: <https://www.vistasoft.com.br/mercado-imobiliario-2020/>

SEBRAE. **Sobrevivência das empresas no Brasil**. Brasília-DF, outubro/2016. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/sobrevivencia-das-empresas-no-brasil-102016.pdf>

SETIM, A. **Alta de insumos e de juro não deve afetar otimismo do mercado imobiliário**. ABRAINC. 2021. Disponível em: <https://abrainc.org.br/artigos/2021/09/27/alta-de-insumos-e-de-juro-nao-deve-afetar-otimismo-do-mercado-imobiliario/>

SILVA, Francisco Mark da; SILVA, Ana Paula Pinheiro da; SUÁREZ, Larissa de Araújo Batista. O uso das redes sociais como estratégia de vendas em tempos de

pandemia: estudo de caso. **Bioethics Archives, Management and Health**, v. 1, n. 1, p. 52-63, 2021.

STARTSE. Publicado em 08 de abril de 2020. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/56-das-empresas-est%C3%A3o-lutando-para-sobreviver-junior-borneli?articleId=6653737506430820353>.

VASCONCELOS, Paulo Sérgio; VASCONCELOS, Priscila Elise Alves. Desafios da Estratégia Empresarial: antes, durante e após a pandemia de 2020. **Revista Interdisciplinar do Direito-Faculdade de Direito de Valença**, v. 18, n. 1, p. 163-182, 2020.

**ESTUDO E APLICAÇÃO DO MÉTODO *LEAN CONSTRUCTION* NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Everaldo Braga Cavalcanti Neto¹
Rafael Luiz Henrique de Queiroz Coutinho²
Rita Cássia Alves Leal Cruz³

RESUMO

A busca pela qualidade dos produtos e serviços prestados na construção civil tem sido cada vez mais recorrente no Brasil, no entanto, ainda tem sido um desafio para algumas empresas. Desta forma, foi criado o método *Lean Construction*, que busca melhoria contínua com eliminação das atividades que não agregam valor, melhorando o sistema para identificar desperdícios e eliminá-los, analisando seus custos, atividades, fluxos de materiais e processos, através também de planejamentos bem elaborados e executados, afim de identificar seus recursos, trabalhos a serem executados em próximas etapas, caminhos críticos e seus atrasos. Objetivando, compreender a viabilidade técnica e econômica da implantação do *Lean construction*, no gerenciamento da construção civil. É possível perceber em seus resultados que o método *Lean Construction*, foi criado para obter um produto com uma qualidade maior na construção civil, com uma administração capacitada em função e um novo *layout* empregado nos canteiros de obras, é possível obter redução dos fluxos, melhorias em armazenamento dos materiais e evitando que surjam problemas devido à falta de cuidado na implementação do método.

Palavras-chaves: Construção Civil; Desperdícios; *Lean Construction*.

ABSTRACT

The search for the quality of products and services provided in civil construction has been increasingly recurrent in Brazil, however, it has still been a challenge for some companies. Thus, the *Lean Construction* method was created, which seeks continuous improvement with the elimination of activities that do not add value, improving the system to identify waste and eliminate it, analyzing its costs, activities, material flows and processes, also through planning well designed and executed, in order to identify their resources, work to be performed in the next steps, critical paths and their delays. Aiming to understand and study the technical and economic feasibility of implementing *Lean construction*, in the management of civil construction. It is possible to see in its results that the *Lean Construction* method, was created to obtain a product with a higher quality in civil construction, with a qualified administration in function and a new layout used in construction sites, it is possible to obtain a reduction in flows, improvements in storing the materials and preventing problems from arising due to lack of care in the implementation of the method.

Keywords: Civil Construction; *Lean Construction*; Waste.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil. E-mail: 20171075005@iesp.edu.br

² Graduando do Curso de Engenharia Civil. E-mail: 20171075012@iesp.edu.br

³ Professora Orientadora, Graduada em Química Industrial, pela Universidade Estadual da Paraíba, Doutorado em Engenharia de Materiais, Mestrado em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande. Docente do curso de Engenharia Civil. E-mail: rita.cruz@iesp.edu.br

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil compreende uma das atividades mais importantes da economia brasileira, representando uma grande parte do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro, correspondente a 7,7% (CBIC, 2020) pois este setor consome diversos produtos industrializados, desde matérias primas a equipamentos, assim como seus serviços são primordiais na sua cadeia produtiva, ocasionando assim elevados custos de produção para constituir seu produto final. Entretanto, a redução dos custos de execução se tornou uma peça fundamental para aumentar os ganhos, porém não está sendo executado ou aplicada de forma eficaz, com a falta de implementação na qualidade de processos, dessa forma está sendo reduzindo os custos, mas o produto está com sua qualidade prejudicada e esses problemas que surgem impossibilitam a criação de padrões para que se possa ser executados diversas atividades com um controle adequado e dentro do prazo (MENEZES; FARIAS FILHO; FERREIRA *et al.*, 2009).

Para Sarcinelli (2008), com o alto custo e baixa produtividade, tornando o setor com processos improdutivos e gerando desperdício, a construção sempre foi alvo de críticas. Com este cenário, a indústria do setor, tem buscado otimizar seus produtos, processos, prazos, evitando falhas, melhorando o sistema construtivo, a fim de evitar perdas por falta de planejamento e gerenciamento.

Segundo Contreras (2020) e Kurek (2005), com a alta demanda da tecnologia é possível executar estruturas com alturas muito elevadas, atendendo desde moradias a escritórios, entretanto muitos problemas surgem, desde a obras térreas, como obras dessas magnitudes. Com isso, o setor vem buscando e experimentando novos sistemas a partir da modificação dos perfis dos seus clientes, que sempre exigem produtos com maiores qualidade, preços competitivos e menores prazos de entrega, assim como é necessário atender todas as demandas e problemas que venham a ocorrer nas obras. Desse modo, as indústrias tem tentado se adaptar a essas novas exigências no mercado, adotando técnicas de gerenciamento e produção, com análises, localizando os problemas e suas origens, e assim ser possível eliminá-los, obtendo resultados satisfatórios, ganhos financeiros, otimização dos processos, confiança dos clientes e principalmente ganho sustentável.

Assim, esse avanço se baseia nos princípios da construção enxuta, mais conhecidos como *Lean construction*, é uma aplicação metodológica na construção civil, maximizando a produção, reduzindo os custos e os desperdícios. Seus princípios foram desenvolvidos pelas as indústrias Toyota com o objetivo de melhoria contínua com eliminação de atividades que não aglutinam valor, respeito, aumentando sua eficiência e produtividade, evitando os desperdícios e tempo de espera. Ou seja, melhorar o sistema com base de identificar os desperdícios e eliminá-los (BERCAW, 2012).

O Conceito *Lean Construction* visa melhorar o processo construtivo, reduzindo desperdícios de trabalho, de tempo e de material, executando atividades essenciais, reduzindo o prazo da entrega da obra, diminuindo o que se armazena, traçando um planejamento para que os insumos possam chegar no momento correto de sua utilização, melhorando a logística produtiva, redução de custos e tornando a construção mais enxuta.

O objetivo do nosso tcc é mostrar por meios de pesquisas bibliográficas e comprovar em um estudo de caso que o *lean construction* é uma metodologia auxiliadora no combate aos desperdícios. Ou seja, o método lean busca promover a produção de acordo com os desejos dos consumidores, tornando o trabalho satisfatório mediato de esforços para transformar os desperdícios em valor, a fim de obter maior controle dentro da produção das empresas de construção civil, aumentando a tecnologia para o desenvolvimento das melhores técnicas construtivas, padronizando dentro dos canteiros de obras, os processos adotados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

LEAN CONSTRUCTION

O sistema *Lean Construction* foi desenvolvido através do *Lean Manufacturing*, com o objetivo de eliminar os desperdícios através de uma abordagem prática, diminuindo assim o custo de produção e aumentando a qualidade do produto final. Desta forma, o sistema possui uma mudança conceitual que considera além das atividades de conversão, mas também as atividades de fluxo, que acontecem naturalmente e bem características pela movimentação dos funcionários no canteiro de obra, na inspeção, na espera do material e nos retrabalhos (SANCHES, 2015).

Segundo Womack *et al* (2004), o *Lean Manufacturing*, possui dois pilares fundamentais como bases, são eles o *Just In Time* (JIT), com o objetivo de reduzir ao máximo os desperdícios e os prejuízos e a automação, com o objetivo de eliminar a superprodução e os desperdícios pois não permite a produção de produtos com defeitos. Assim o *Lean Manufacturing*, busca uma qualidade total imediata, onde busca o defeito zero com o objetivo de solucionar falhas desde a origem do problema, busca a minimização dos desperdícios, eliminando todas as atividades que não tem valor agregado e otimizando o uso de recursos escassos e uma demanda de melhoria continua com melhor qualidade, aumento e produtividade.

Com a escassez de materiais e de pesquisas acadêmicos sobre a aplicação da filosofia *Lean* na construção civil, Koskela (1992) iniciou sua pesquisa e o desenvolvimento de um novo conceito, uma nova teoria, que adequava à filosofia de produção enxuta para a construção civil, surgindo assim o *Lean Construction*.

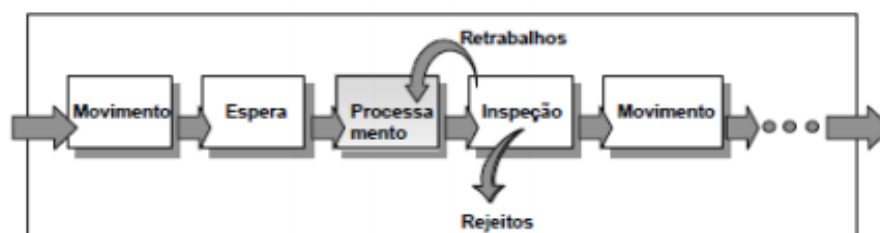
Podemos definir a produção enxuta como um conjunto de atividades que trabalham os insumos, para transformá-los em produtos intermediários ou final. Por esse motivo, também chamamos esse conceito de Modelo de Conversão (FORMOSO, 2002).

Todavia, diante do conceito do cliente, as atividades que não agregam valor e deveriam ser eliminadas, aperfeiçoando o trabalho, ou seja, uma abordagem de desenvolvimento de atividades de modo diferenciado deveria ser implantada, como por exemplo a produção enxuta (HOWELL, 1999).

Segundo Sarcinelli (2008), a produção enxuta tem como principal ideia, perceber que os custos totais contêm uma parte do custo que não agrega valor algum na percepção do cliente. Tornando seu objetivo principal, eliminar tudo que não agrega valor, desta forma gerando uma maior eficiência e lucro ao diminuir os custos. Na construção civil existe muitas práticas que não agregam valor, podendo ser decorrentes de projetos mal concebidos, planejamento executivo oriundo de conceitos obsoletos, falta de ideias em conjunto.

A construção enxuta inclui no seu modelo de processo, a análise dos custos, atividades de conversão, fluxos de materiais e processos. Essas atividades são compostas por etapas de movimentação, espera, conversão e inspeção, conforme a Figura 1. É possível verificar que existem atividades que agregam valor, como também atividades que não agregam valor ao produto final (KOSKELA, 1992).

Figura 1: Modelo de processo da *Lean Construction*.



Fonte: Koskela (1992).

De acordo com Sanches (2015), para que possa ser realizada a produção enxuta, deve-se produzir somente o necessário em quantidade de mão de obra fundamental, a fim de alcançar a eficiência com a máxima qualidade e menor desperdício possível. Todavia, manter o cliente como ponto central das referências, tornando o modelo da *Lean construction* gerar valor para o consumidor, assim transformando os produtos requeridos através das atividades de processamento.

Desta forma, a melhoria do fluxo deve ser a primeira etapa, focada na eliminação e redução, de acordo com os conceitos e princípios para a gestão de processos conforme a construção enxuta, como a Tabela 1 (KOSKELA, 1992).

Tabela 1: Processos de Melhoria do fluxo

Conceito	Função
Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor	É fundamental na construção enxuta, sua eficiência é melhorada e suas perdas reduzidas, através de uma melhoria da eficiência das atividades de conversão e de fluxo. No entanto, é preciso reduzir ou eliminar as perdas na inspeção, movimentação e espera, necessário que todas as informações necessárias sejam acessíveis, redução das atividades que não agregam valor, mas não podem ser eliminadas
Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente	Necessidade que cliente externos e internos sejam identificados e considerados no projeto e na gestão da produção. Sua aplicação deve ser analisada, principalmente todo o processo deve ser analisado identificado os clientes e seus requisitos
Reduzir variabilidade	A variabilidade de demanda e execução de determinado processo estar relacionada diretamente aos desejos do cliente
Reduzir o tempo de ciclo	A redução do tempo refere-se ao tempo que o material precisa para atravessar o fluxo, tendo como vantagens: • Entrega mais rápida ao cliente • Facilidade na gestão dos processos • Efeito de aprendizagem tende a aumentar devidos os lotes serem menores • Estimativas mais precisas das futuras demandas • O sistema de produção com menor vulnerabilidade a mudanças de demanda
Simplificar através da redução de número de passos ou partes	Maior número de passos, maior numero de atividades que não agregam valor, decorrente de funções de tarefas auxiliares que são necessárias em cada passo do processo. Obedecendo as práticas de simplificação: • Encurtamento do fluxo • Redução do número de produtos • Padronização dos componentes • Ligações desacopláveis • Redução o número de informações necessárias para o controle.

Aumentar a flexibilidade de saída	É a possibilidade de alterar as características dos produtos entregues, sendo adotado medidas flexíveis, como redução do tamanho dos lotes, redução da dificuldade de configurações e mudanças, personalização no processo e treinamento de trabalho multifuncional.
Aumentar a transparência do processo	Manter o processo transparente através da limpeza e ordem nas estações de trabalho, layout bem definido, controle visuais, redução de espaços e distâncias entre as atividades que se comunicam e todas as informações devem ser especificadas e aparentes sobre o produto e o processo.
Ter foco no controle de todo o processo	O processo completo deve ser medido e controlado, a fim de tornar a identificação de correção de possíveis erros, mais fácil.
Introduzir melhorias contínuas no processo	Questionamento constante de equipamentos, ações, processos e sistemas envolvidos no processo. No entanto, suas ações devem ser revistas e discutidas, a fim de sempre melhorar. Identificar as causas para adotar as medidas necessárias corretivas e preventivas, garantindo que não ocorra o mesmo erro.
Manter um equilíbrio entre as melhorias de fluxo e nas conversões	O impacto de melhorias é proporcional a complexidade do processo, dessa forma, quanto maior a complexidade, maior o impacto, maiores são os benefícios. E assim mantendo o equilíbrio, melhora os processos de menos capacidade de conversão.
Fazer <i>benchmarking</i>	Possuem passos básicos: • Conhecer o processo • Ter acesso aos pontos fortes e fracos dos subprocessos • Conhecer os líderes industriais • Adotar as melhores práticas nos subprocessos

Fonte: adaptado Koskela (1992).

Segundo Isatto (2000), estima-se que mais da metade do tempo que os operários gastam em seu turno dentro da obra, são de atividades que não agregam valor ao produto final, tais como espera por material, transporte, retrabalhos, dentre outras atividades. Por esse motivo, controlar a produção de modo geral tem sido primordial, focando apenas nas atividades geradora de valor, e não no processo como um todo, melhorando também a eficiência produtiva. É importante considerar as necessidades dos clientes, tanto final, quanto intermediário, para não gerar produtos inadequados.

No entanto, para aplicar o conceito *Lean Construction*, segundo Koskela (2002), é necessário:

- Reduzir espaços que são utilizados para produção de materiais;
- Melhorar a logística produtiva, otimizando o quantitativo de viagens e funcionários;
- Executar o que agrega valor, através de uma análise do processo construtivo;
- Executar os serviços de formas correta, evitando retrabalho;
- Movimentar-se de maneira segura e produtiva, através de um *layout* para o canteiro de obras bem elaborado;
- Entregar no prazo previsto;

- Gerar uma produção contínua, diminuindo o tempo de ociosidade dos colaboradores;
- Análise da capacidade produtiva entre os processos;
- Reduzir o que se armazena, analisando o que é ideal manter no estoque.

E para Pereira (2012), implantar a filosofia do *Lean Construction* numa obra, é necessário seguir o passo a passo prévio para que a implantação seja realizada de forma suave, pois a rejeição a mudanças nas grandes organizações é algo que pode inibir a funcionalidade e aparentar ser algo desnecessário, improdutivo e oneroso para a empresa implantar essa metodologia. Desta forma devendo seguir o treinamento, esclarecer projeto, análise a atual situação, propostas e soluções, melhorias, verificação de melhorias e apresentação final.

Contudo, a geração de valor é um aspecto que também caracteriza os processos de Construção Enxuta. A satisfação do cliente está diretamente ligada ao valor do produto, mas não está necessariamente ligado ao tipo de processo, de execução do produto. Dessa forma, uma atividade só agrega valor, se as atividades de processamento transformam os insumos nos produtos solicitados pelo cliente interno ou externo (FORMOSO, 2002).

PLANEJAMENTO DE LONGO, MÉDIO E CURTO PRAZO

Planejar e controlar a produção são métodos antigos muito utilizados nas fábricas, mas atualmente também está inserida a filosofia *Lean Construction*. Esse método se faz necessário para alcançar resultados positivos. Só após o planejamento ser realizado, pode-se tomar decisões de forma antecipada para se evitar problemas decorrentes no processo, e com controle é possível melhorar o que não foi planejado, assim como o já planejado SARCINELLI, 2008).

O planejamento de um projeto é enigmático e sua duração pode variar entre meses e anos, de modo que seu cronograma global não condiz na influência com o objetivo de determinar suas metas de produção e programações dos serviços. No entanto, é preciso adotar um sistema de planejamento de obra que represente cada período da construção, dividindo o mesmo em longo, médio e curto prazo. Na Tabela

2, é possível observar as características de cada tipo de planejamento (MATTOS, 2010).

Tabela 2: Características de cada planejamento

Planejamento	Estratégico	Tático	Operacional
Abrangência	Organização como um todo	Departamento ou setor	Tarefa ou operação
Nível de decisão	Alta administração	Média gerência	Supervisão
Extensão de tempo	Longo prazo	Médio prazo	Curto prazo
Definição de objetivos	Objetivos mais gerais	Transforma objetivos gerais em objetivos específicos para a execução de programas ou projetos	Transforma programa e projetos em ações a serem executadas
Sequência do processo	Monta a estratégia global: políticas, procedimentos e normas	Detalha planos táticos ou operacionais: pesquisas, programas e projetos	Implementa a ação: implantação, implementação e operacionalização

Fonte: adaptado Petrocchi (1998).

A elaboração de longo prazo, segundo Sarcinelli (2008), define os objetivos do projeto através de estipulação metas, simulando o desenvolvimento da obra e definindo planos de ações, corresponde ao primeiro nível de detalhamento de projeto, realizado próximo ao início de execução da obra. Sendo mais genérico e apropriado aos níveis de gerência das empresas.

O planejamento com prazo amplo, não deve ser composto por alto nível de detalhamento. Desta forma, é uma visualização geral das etapas, definindo as datas mais importantes e identificação dos recursos. Contudo, não é o mais adequado para o controle de diário de uma obra, desta maneira, trata-se do nível estratégico do planejamento, devendo propor metas gerais para que os serviços possam ser executados, desde os planos para a realização como também a previsão de gastos durante o período (BALLARD, 2000; COELHO, 2003; BERNARDES, 2003).

No entanto para Sousa (2012), o planejamento ao longo prazo refere ao nível estratégico com planejamento horizonte de tempo longo, denominado como plano de mestre. Onde são definidos os escopos e as metas a serem alcançadas durante todo o período de execução da obra, mas com grau de incerteza enorme.

Segundo Ballard e Howell (1997), o planejamento médio corresponde ao segundo nível de detalhamento de projeto, sendo elaborado para identificar e

selecionar os trabalhos que deverão ser executados nas próximas semanas. Após isso, é possível tornar a execução das atividades e reagendar as que não foram executadas.

Esse planejamento médio elimina algumas restrições para elevar o andamento da obra de acordo com os processos previamente planejados, com a execução em um prazo intermediário (SARCINELLI, 2008).

O planejamento de médio prazo, também chamado *Lookahead planning*, apresenta como principal vantagem a ligação entre as decisões estratégicas tomadas no planejamento a longo prazo com as atividades operacionais que devem ser executadas em médio prazo (BALLARD, 2000).

Segundo Mattos (2010), o planejamento médio, corresponde ao nível tático do planejamento, possibilitando que sejam executados em grupos, os trabalhos independentes, tendo uma supervisão compartilhada. Mas também, é uma etapa em que se pode identificar os estoques de trabalhos que servem como possibilidade em algum problema que venha ocorrer com a equipe de produção.

A partir do planejamento a longo prazo, deve-se antecipar todas as operações a serem realizadas, cerca de quatro a seis semanas, a fim de garantir em um futuro próximo a operação dos serviços aos quais estas operações estão relacionadas desde as atividades constituintes até as auxiliares (BALLARD, 2000).

Em curto prazo, o planejamento é o seu terceiro nível com alto grau de detalhamento, pois é feito próximo do início das primeiras atividades. Desta forma, tratando-se do sistema operacional, elaborado pela equipe responsável pela obra, para que possa alcançar os seus objetivos semanais ou quinzenais e estabelecer as suas metas de forma imediata e objetiva, assim como identificar as causas por haver atrasos em operações ou o porquê de não terem sido cumpridas conforme o planejado nos planejamentos a longo, médio e curto prazo. Se tornando a melhor forma de monitorar a obra e proporcionar um relatório de progressos, fazendo com que a equipe adequa os demais planejamentos a realidade. Obtendo um comprometido que é de suma importância, para a elaboração do planejamento de curto prazo e sua implementação eficaz, existindo compromisso pela obra da sua equipe (BALLARD E HOWELL, 1997).

De acordo com Nascimento (2009), no planejamento a curto prazo deve ser discutido as atividades da próxima semana, visando melhorar os aspectos negativos

observados, este planejamento deve ser feito pelos colaboradores da linha de frente da obra.

Dentro desse planejamento de curto prazo, foi desenvolvido o *Last Planner* como ferramenta que auxilia os colaboradores, conhecido como o último planejador, mas Sarcinelli (2008), definiu como grupo de colaboradores que está na linha de frente do desenvolvimento da obra. Para Ballard *apud* Sarcinelli (2008), o *Last Planner*, é designado um colaborador que ficará responsável por programar as atividades no curto prazo, determinando o que será feito no dia posterior ou na semana seguinte. Normalmente essa função é realizada por algum líder, engenheiro ou mestre de obras.

Contudo, a ferramenta auxilia gestores para guiar seus colaboradores nas suas primeiras atividades cotidianas, dessa maneira as atividades são produzidas de acordo com o que foi preestabelecido no *Last Planner*, alinhando o que deveria ser feito com o que já foi executado, verificando e controlando o que pode ser executado de acordo com a disponibilidade física e de insumos (Ballard, 2000).

Portanto, o mecanismo do *Last Planner* melhora a credibilidade do plano, desde aumentar a confiança da equipe de trabalho, assim como melhorias da credibilidade dos planos. Sendo considerado, um sistema de planejamento e controle de produção que permita aumentar a credibilidade de trabalho (MACOMBER e HOWELL, 2003)

Para Arantes (2008), são planejamentos que propõem a comparação das atividades realizadas durante a semana com as atividades planejadas e assim calcular o índice de porcentagem de planejado concluído. E assim ser possível descobrir as causas da não execução das demais atividades planejadas, a fim de prevenir para que não venha a ocorrer outro fator no futuro.

DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA REDUÇÃO ATRAVÉS DO LEAN CONSTRUCTION

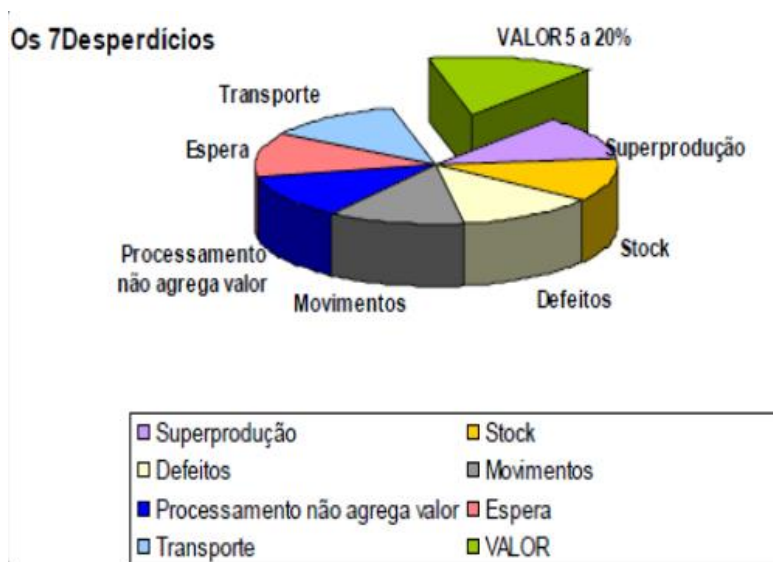
Segundo a filosofia *Lean*, os produtos desenvolvidos tem como o objetivo fornecer o máximo valor aos seus utilizadores. Independente dos clientes serem externos ou internos, estão interessados no valor que é feito ao chegar, e não na quantidade de esforço que todos os colaboradores da organização empregam para

que todos os produtos, sejam concluídos como desejados ou até mesmo no valor que outros clientes recebem. Assim, os processos de produção são elaborados para alcançar os objetivos tanto dos clientes como dos produtores, que possuem como objetivos coerentes com a pretensão de aumentar os valores e diminuir e/ou eliminar o desperdício (BALLARD *et al.* 2001).

Segundo Penerol (2007), Taiichi Ohno, foi considerado o principal responsável pela criação do sistema Toyota, conseguiu identificar diferentes formas de desperdícios, como superprodução, espera, transporte, processo, estoque, movimentação e defeitos. O desperdício através da superprodução, é produzir mais do que o necessário, isto é, produzir antes que o pedido seja realizado ou produzir mais do que foi solicitado, impedindo assim o fluxo dos materiais de maneira suave, consumindo alto valor de mão de obra e de recursos.

Arantes (2008), considera o desperdício como fundamental ponto dentro da conceitualização *Lean*. A redução dos desperdícios, é um ponto essencial da cultura *Lean*, que defende que o desperdício não fornece valor ao produto final. Na Figura 2, é possível observar os sete desperdícios considerados por Arantes e o Valor é o fator que gera maior desperdícios.

Figura 2: Os setes desperdícios



Fonte: Arantes (2008).

De acordo com Arantes (2008), é possível observar que:

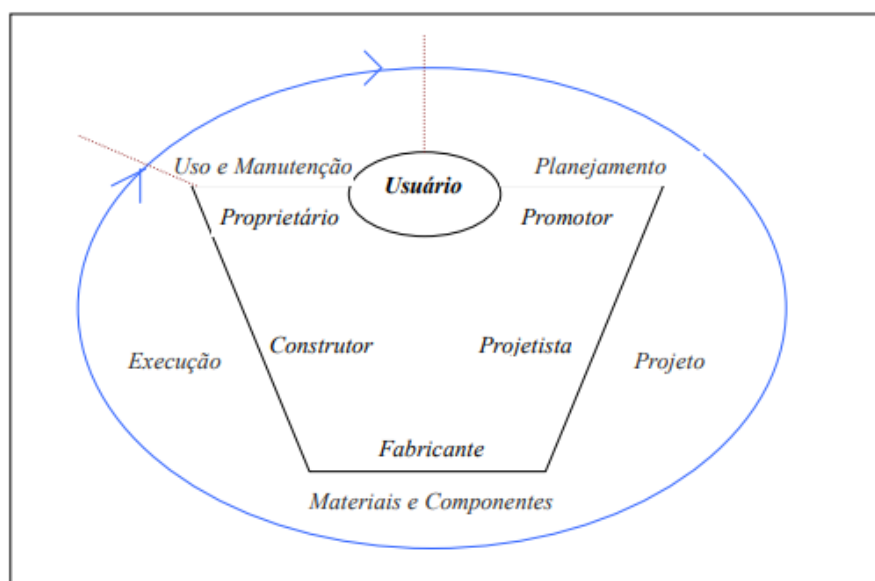
- Superprodução: é um excesso de produção, onde produz mais do que os necessários, em desacordo com a demanda do cliente, gerando uma grande quantidade de desperdícios, necessitando de espaços mais amplos para o armazenamento, gerando assim maiores custos administrativos e transportes adicionais.
- Excesso de estoque: relacionado a superprodução, pois conforme o excesso de produção, é necessário mais espaço para armazenamento, equipamentos adicionais, maior demanda de transporte e pessoal, e maior tempo.
- Movimentos desnecessários: são movimentos realizado pelo funcionário que não acrescenta valor, por exemplo, o operador ter de parar o trabalho para procurar alguma peça ou ferramentas. É fundamental sempre, reorganizar o espaço de trabalho.
- Defeitos: são peças que necessitam de correção, aumentando assim mais tempo, desperdícios e podendo gerar algum tipo de reclamação por parte do cliente.
- Espera: a espera por material, informação ou até mesmo equipamentos, faz com que o operário permaneça por um determinado tempo, por observar o funcionamento da máquina ou até mesmo estar no aguardo que finalize uma atividade para que possa iniciar a dele, levando a gerar desperdícios.
- Processamento que não agrega valor: implante de layout inadequado sobre o espaço, acrescenta em uma grande geração de desperdícios no processamento do trabalho. No a manutenção e inspeção que também são exemplos de contribuintes de desperdícios. No entanto, é necessário recorrer técnicas de mapeamento de fluxo de valor, para detectar as etapas que não acrescentam valores.
- Desperdício de transporte: devem ser adequados quando necessário, a fim de evitar desperdícios com transportes parados, sem utilização por não ser necessário.

Os desperdícios de espera e transporte, é o tempo e o movimento respectivamente, de espera por equipamentos, material, ferramentas e informações. Ocorre, quando a produção é longa, pouco material, falta de eficiência de máquinas, mão de obra não qualificadas (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

De acordo com Gonçalves (2009), o desperdício de processo, ocorre no retrabalho, excesso de processamento, de rentabilização das máquinas. O desperdício de estoque, possui excesso de inventário que não foi solicitado, desde a matéria prima, processamento ao produto final. O de movimentação, quando há excesso de trabalhadores, documentos, informações. E de defeitos ocorre através dos materiais consumidos, mão de obra irrecuperável, retrabalho por parte da mão de obra e uso de recursos não solicitados que geram reivindicações através dos clientes.

Na construção civil, segundo Messeguer (1991), o desperdício origina-se de todas as etapas do processo de construção: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes, execução e uso e na manutenção, conforme a Figura 3.

Figura 3: Etapas de origem de desperdício na construção civil.



Fonte: Messeguer (1991).

Serpell (1993) afirma que, os desperdícios na construção civil são identificados como: deficiências de projeto e planejamento que são causados por falta de detalhamento no projeto que dificultam a construção da obra, ineficiência de gestão administrativa devido pouco envolvimento do setor administrativo no auto do processo seletivo para se obter mão de obra qualificada, métodos ultrapassados e inadequados que causam repetições dos erros, problemas com recursos humanos por falta de especialização de mão de obra do setor, problemas com segurança do trabalho que ocorrem por falta de uso ou fornecimentos dos equipamentos de

proteção individual ou coletivo, pouca vinculação da obra com as atividades de estoque, compras e manutenções e a deficiência dos métodos utilizados para elaboração e execução dos projetos de custos.

Pérez, Costa e Gonçalves (2016), apresentam estudos de casos, que identificam a caracterização das perdas de transportes dentro do canteiro de obras. Obtendo resultados que indicam que os maiores desperdícios se referem a problemas de mobilidade, devido à falta de equipamentos apropriados para que se possa realizar os transportes dos materiais adequadamente. Entre os estudos, a adoção de ferramentas e indicadores, é a principal caracterização das perdas por transporte que constituem essas perdas.

No entanto, com o método *Lean Construction*, busca-se a eliminação de desperdícios, através de promover a produção de acordo com os desejos do consumidos, tornando o trabalho satisfatório mediato de esforços para transformar os desperdícios em valor, a fim de obter maior controle dentro da produção das empresas de construção civil, aumentando a tecnologia para o desenvolvimento das melhores técnicas construtivas padronizando dentro dos canteiros de obras, os processos adotados (WOMACK e JONES, 2003).

METODOLOGIA

O tema em questão foi criado em 1994 no Instituto dos Estados Unidos, com os coordenadores Howell e Ballard. Essa pesquisa se baseou em estudos da área de engenharia civil realizados por estudiosos e profissionais sobre o método *Lean Construction* utilizado no setor da construção civil, no Brasil.

Para Gil (2007), a pesquisa formaliza a sistemática que permite conduzir metodologicamente a busca para solução do problema definido. Optou-se neste trabalho, pela metodologia teórico-conceitual, onde foi buscado conhecimentos com visão da problemática tomada como objeto de estudo.

Neste caso buscaram-se as bases científicas, a fim de contextualizar o tema. Para o estudo, foram utilizadas referências bibliográficas com conteúdo da área, recorrendo a textos consolidados, somando ao objetivo do artigo, partindo de que o método *Lean Construction* ou Construção Enxuta é a aplicação da mentalidade enxuta no setor da construção a fim de eliminar os desperdícios e aumentar a qualidade do produto final.

Com base no levantamento realizado na literatura, foi possível entender como o setor da construção civil tem absorvido o conhecimento referente a esta nova abordagem de melhoria.

Foi realizado um estudo de caso da aplicação do *Lean Construction* em uma construtora de grande porte. Trata-se de uma obra na construção de um condomínio de 154 casas localizada no bairro Amazônia Park, na cidade de Cabedelo no estado da Paraíba.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível perceber que o método *Lean Construction*, foi criado para obter um produto com uma qualidade maior, na construção civil, por exemplo, obter esse produto através da quantidade de material necessário, com uma mão de obra qualificada, que não haja desperdícios, que não haja obra parada por conta de espera, movimentação e transportes de material, mas que também haja um planejamento em que se possa enxergar a obra como um todo, encontrar os problemas, evitar retrabalhos, evitar caminhos críticos e atrasos.

Entretanto, tudo com uma administração capacitada em função e um novo *layout* empregado nos canteiros de obras, é possível obter redução dos fluxos, melhorias em armazenamento dos materiais. Essa redução de atividades não agrega valor, no entanto, sendo um dos princípios fundamentais da construção enxuta, mostra que algumas práticas podem ser otimizadas a fim de reduzir seus desperdícios de materiais e tempo de processos, assim como na melhora econômica, considerando todos os gastos como aluguéis de equipamentos e retrabalhos.

Com a aplicação dos planejamentos de curto, médio e longo prazos e gerenciamento diário, é possível obter uma padronização de trabalho, solicitação e entrega de materiais no tempo exato, de forma precisa, permitindo uma maior segurança nos processos e promovendo o incentivo para novas melhorias, dando confiabilidade ao processo e aos colaboradores para melhorar e se desenvolver.

Segundo Formoso (2002), a qualidade é o objetivo da produção mais importante, seguido pelo custo, que é o principal retorno esperado, tornando a

satisfação dos clientes como a medida do desempenho, mesmo que não financeiro, adotado pela a empresa, com o aumento do valor do produto através das necessidades do consumidor.

Com a implementação do conceito *Just in Time*, é possível ter uma redução máxima de desperdícios e prejuízos, atingindo a melhoria contínua no sistema de produção, utilizando ferramentas que possibilitem a produção sem gerar grandes volumes ao estoque, abastecendo os recursos necessários e em quantidade necessária, no devido tempo, conforme o *Just in Time*. Utilizando também o conceito do *Takt time*, ou seja, utilizando o tempo perfeito para fabricar o produto ou parte dele, sempre relacionado conforme a demanda.

Contudo, muitos problemas podem ser evitados com o uso do *Lean Construction*, no entanto é necessário ter cuidado, para não utilizar o método de forma errada, e apenas da maneira correta para chegar ao objetivo. Utilizando o método com mais qualidade, sem desperdício, e a construção enxuta em um ambiente que já se encontra planejado. Com um maior controle de obra, com os três níveis de detalhamento, planejamento de longo, médio e curto prazo, com o planejamento de execução de serviços realizados para que o fornecimento de materiais possa ser realizado corretamente.

ESTUDO DE CASO

Para esse trabalho, a empresa escolhida para a aplicação da teoria estudada, foi uma construtora de grande porte, ao qual, a obra vai ter uma duração de 3 anos.

Os princípios do *Lean construction* foram aplicados de forma isolada em alguns processos, como substituição da argamassa produzida em obra pela argamassa usinada estabilizada; padronização da alvenaria, kits para execução de vergas, contravergas, instalações elétricas e hidrossanitários.

A Figura 4 apresenta a utilização da argamassa usinada estabilizada, a qual é produzida em uma usina de concreto, com seus devidos controles tecnológicos. Ela está dentro do princípio: simplificar através da redução do número de passos ou partes, assim, evitando produção e transporte de argamassa *in loco*.

Figura 4: Argamassa usinada estabilizada.



Autores: Própria (2021).

Gonçalves (2009), ao adquirir a argamassa pronta justificou sua compra, argumentando que a sua produção no canteiro da obra poderia ter ocasionado uma produção além do necessário.

A Tabela 3 apresenta o comparativo entre o tempo de produção de argamassa estabilizada e de argamassa produzida na obra.

Tabela 3: Argamassa produzida na obra x Argamassa usinada estabilizada.

	Argamassa produzida na obra	Argamassa usinada estabilizada
VALOR/m³	R\$250,00	R\$280,00
TEMPO DE PRODUÇÃO	10 minutos	-
TEMPO DE TRANSPORTE	20 minutos	-

Autores: Própria (2021).

Analisando a Tabela 3, pode-se observar que ao adquirir a argamassa usinada estabilizada o tempo para utilização é instantâneo, tendo em vista que o material é entregue no dia anterior a sua utilização.

Além disto, devemos levar em consideração o custo para contratação de funcionários quando se tem a argamassa produzida na obra. O funcionário

responsável pela betoneira, tem um custo mensal, fora os impostos pagos. Além disso, a empresa tem um custo altíssimo com suas verbas rescisórias. Portanto, na execução do planejamento, conseguimos perceber que para o cenário atual da empresa, está compensando mais adquirir a argamassa usinada estabilizada, pelo fato de redução de tempo e mão de obra.

Analisando a Figura 5 podemos observar outro importante princípio do *Lean Construction*: reduzir atividades que não agregam valor. Adotamos a entrega da alvenaria em forma de palete, facilitando a entrega do material pelo caminhão *Munck* e já colocando os tijolos conforme programação na frente das casas.

Figura 5: Alvenaria em palete.



Autores: Própria (2021).

Conforme a Figura 6 foram montados kits de material elétrico e hidráulico, para reduzir a variabilidade e o tempo de ciclo.

Gonçalves (2009), quando fez o uso do *Lean Construction* também produziu os chamados kits de instalações e evitou a espera por parte dos montadores, pois tinham tudo o que precisavam no momento certo.

Figura 6: Kit elétrico.



Autores: Própria (2021).

De acordo com a Figura 7, reduzimos a variabilidade e o tempo de ciclo com a fabricação de vergas e contravergas. No estudo do projeto, analisamos que existem diferentes tipos de tamanho de vergas e contravergas, sendo assim, resolvemos fabricar com antecedência evitando o tempo desnecessário de espera *in loco*.

Figura 7: Vergas e contravergas

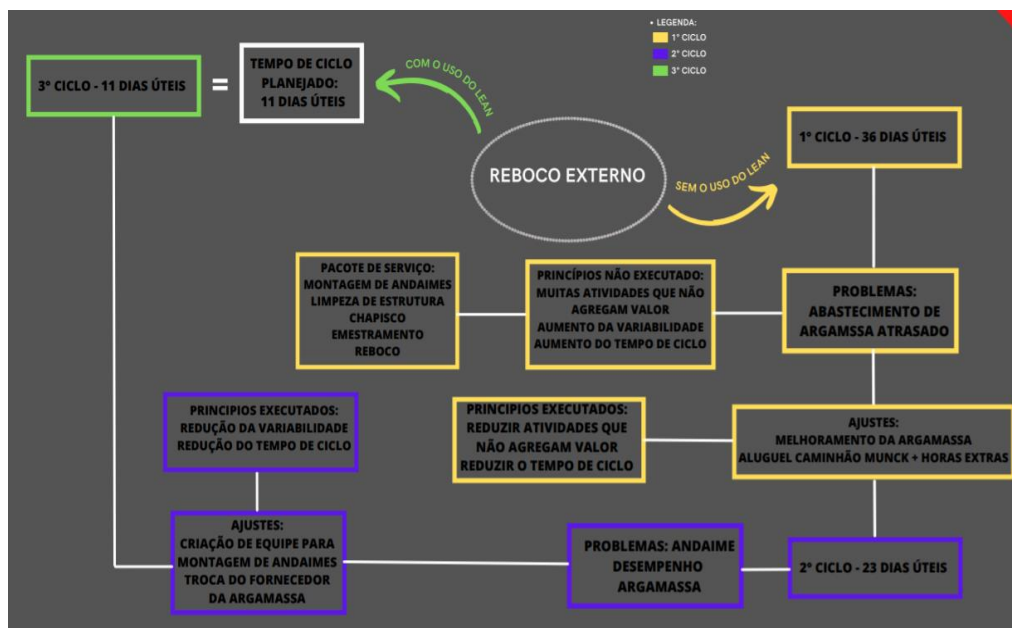


Autores: Própria (2021)

ANÁLISE DOS PRINCÍPIOS VERIFICADOS

A Figura 8 apresenta a aplicação do *Lean construction* na obra, visando redução de tempo.

Figura 8: Aplicação do *Lean construction*



Autores: Própria (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou compreender a viabilidade técnica e econômica da implantação do *Lean construction*, no gerenciamento da construção civil, e do exemplo citado acima. A aplicação do *Lean Construction*, permite desfazer os conceitos em relação a produtividade, por exemplo, que para se obter um produto com melhor qualidade, é necessário fazer novos investimentos em tecnologia ou em quantidade maior de mão de obra. No entanto, a construção enxuta, permite obter um produto com a qualidade desejada de acordo com as expectativas dos clientes, melhorando a mão de obra, eliminando seus desperdícios, através de um gerenciamento com planejamento bem elaborados e executados seguindo os princípios do método em estudo.

Com a implantação do *Lean Construction*, é possível se tornar cada vez mais competitivo e ter um melhor faturamento sem diminuir a qualidade. Através da implantação da filosofia do método, do fornecimento de suporte aos colaboradores, incentivo e treinamento, juntos conseguem produzir melhor, com mais qualidade, reduzindo desperdícios, e trabalhos que não agregam valor ao produto final. Perdas com transporte, e movimentações desnecessária, fazem parte de atividades que não geram valor ao produto final.

O presente estudo, mostrou que através desse método, é possível obter eficiência maior, trazendo resultados positivos à produtividade. Fazendo com que o *Lean Construction* venha se tornando cada vez mais aplicado na construção civil, mudando a visão dos profissionais sobre o assunto, melhor compreensão do processo de planejamento e otimização e disseminação das práticas.

Racionalizar e planejar os processos são fundamentais para que perdas sejam evitadas, ou minimizadas, mas tudo isso dependerá de um bom planejamento para implantar o conceito. Nenhum princípio *Lean* se sustenta, caso o planejamento seja deficiente ou mal elaborado, só com um bom planejamento e controle é que a filosofia *Lean* poderá ser implantada em qualquer obra, obtendo resultados positivos e eficazes.

Desta forma, conclui-se que o *Lean Construction* seja cada vez mais implementado na construção civil, na busca de maior produtividade, atendendo os prazos, custo e qualidade esperadas.

REFERÊNCIAS

ARANTES, Paula. C. F. Gonçalves (2008). ***Lean Construction – Filosofia e Metodologias***. Universidade do Porto.

BALLARD, G.; HOWELL, G. ***Shielding Production: An Essential Step in Production Control***. Technical Report No. 97, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering. California, University of California, 1997.

BALLARD, G. Koskela; L. HOWELL, G. e ZABELLE, T. (2001). ***Production Design in Construction***. Proceedings of the 9th International Group of *Lean Construction*, National University of Singapore.

BALLARD, Glenn. ***The Last Planner System of Production Control***. Maio, 2000.

BERCAW, R. ***Taking improvement from assembly line to health care: the application of Lean with in the health care industry***. New York: CRC Press, 2012.

BERNARDES, M. M. S. ***Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil***. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

COELHO, Henrique O. ***Diretrizes e Requisitos para o Planejamento e Controle da Produção em nível de Médio Prazo na Construção Civil***. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS, 2003.

CONTRERAS, B. S. **Uma análise da implementação da filosofia *Lean Construction*: estudo de caso na construtora mediterrâneo.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2020.

FORMOSO, C. T. ***Lean Construction*: princípios básicos e exemplos. Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras.** Porto Alegre, v. 15, p. 50- 58, 2002.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa.** Atlas: São Paulo, 2007.

GONÇALVES, Wilma Karina Fernandes. **Utilização de técnicas *Lean* e *Just in Time* na gestão de empreendimentos e obras.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal. 2009.

HOWELL, G. **What is Lean Construction.** In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNACIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley.** Anais ele - trônicos... Berkeley: University of California, 1999.

ISATTO, E. L. ***Lean Construction*: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.** 1ª Ed. Porto Alegre: Sebrae, 2000.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** Center for integrated facility engineering. Stanford University. 1992

KUREK, J. **Introdução dos Princípios da Filosofia de Construção Enxuta nos Processos de Produção em uma Construtora em Passo Fundo-RS.** Tese Mestrado UFPF. Passo Fundo. 2005.

MATTOS, A.D. **Planejamento e Controle de Obras.** São Paulo, Pini, 2010.

MACOMBER, Hal e HOWELL, Gregory. (2003). **Linguistic Action: Contributing to the Theory of Lean Construction.** Proceedings of the 11th International Group for Lean Construction Annual Conference (IGLC11), Blacksburg, EUA.

MENEZES, Romualdo R.; FARIAS FILHO, João de; FERREIRA, Heber Sivini et al. **Reciclagem de resíduos da construção civil para a produção de argamassas.** Revista Cerâmica, São Paulo, 2009.

MESSEGUER, Alvaro. **Controle e garantia da qualidade na construção.** São Paulo: SINDUSCON, 1991.

NASCIMENTO, A. C. M. **Lean Construction – Planejamento e controle em obras de edificações.** 2009.

PENEROL, Nelson. **Lean Construction em Portugal: caso de estudo de implementação do sistema de controlo da produção Last Planner.** Dissertação de mestrado, Instituto Superior Técnico, Portugal. 2007.

PEREIRA, Mariana D. C. **Avaliação e análise da aplicação da filosofia LEAN em empresas de construção civil da região metropolitana de Belo Horizonte.** 2012. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

PÉREZ, C. T.; COSTA, D. B.; GONÇALVES, J. P. **Identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte em processos construtivos**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1, jan/mar 2016.

PETROCCHI, Mário. **Turismo: planejamento e gestão**. São Paulo: Futura, 1998.

SARCINELLI, W. T. **Construção Enxuta através da padronização de tarefas e projetos**. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SANCHES, J. V. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria**. 2015. Disponível em:
<http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_JULIANA%20SANCHES%20VENTURINI.pdf> Acesso em: 27 de Ago.de 2021.

SERPELL, Alfredo. **Administración de operaciones de construcción**. Santiago: Universidad Catolica, 1993.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUSA, Maira Larissa Martins (2012). **Mini Curso Lean Construction, capítulo 5, ministrado à PET Engenharia civil**. Universidade Federal do Ceará.

WOMACK, James; JONES, Daniel. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. 2ª ed. UK: Free Press Business, 2003.

WOMACK J.; JONES D. e ROOS D. **A máquina que mudou o mundo** – Rio de Janeiro: Campus, 2004.

**ESTUDO DE FINANCIAMENTO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA UMA
UNIDADE RESIDENCIAL**Francinaldo Guedes Pereira¹Geórgia Amorim Victor Silva²Vladyr Yuri Soares de Lima Cavalcanti³**RESUMO**

A energia consiste em um recurso indispensável para as atividades humanas na contemporaneidade. Nos últimos anos, debates relacionados ao modo como geramos e consumimos energia se tornaram mais frequentes, pois existe a necessidade de refletir diferentes formas de produção e evitar o desperdício e impactos naturais. Levando em consideração que grande parte da energia é produzida de forma não renovável, é plausível assumir a urgência em romper com antigos esquemas de geração e produção e compreender melhor as formas renováveis. É nesta perspectiva, que o presente trabalho busca apresentar e discutir sobre o financiamento da energia fotovoltaica e estudá-la enquanto alternativa renovável de geração de energia e além de contribuir com o meio ambiente, também contribui para a economia e satisfação de quem opta pela sua utilização. Elaborado mediante o método bibliográfico qualitativo (no que refere à utilização de obras e estudos para subsidiar discussões) e estudo de caso de caráter quantitativo (que possibilita a coleta e discussão de dados e informações sobre o objeto de estudo), o presente trabalho busca discutir e analisar os meios de financiamento, produção, instalação e utilização da energia fotovoltaica como alternativa renovável de energia. Mediante discussões plausíveis sobre a temática e objetos estudados, compila informações tratadas de forma fidedigna à realidade observada, deliberando análises congruentes que envolvem o mercado brasileiro, a produção e consumo de energia solar fotovoltaica e seus benefícios para diferentes finalidades e atividades.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica; Produção; Consumo; Financiamento.

ABSTRACT

Energy is an indispensable resource for contemporary human activities. In recent years, debates related to how we generate and consume energy have become more frequent, as there is a need to reflect different forms of production and avoid waste and natural impacts. Considering that a large part of energy is produced in a non-renewable way, it is plausible to assume the urgency to break with old generation and production schemes and better understand renewable forms. It is in this perspective that the present work seeks to present and discuss about the financing of photovoltaic energy and to study it as a renewable alternative for energy generation. In addition to contributing to the environment, it also contributes to the economy and satisfaction of those who choose to use it. Prepared through the qualitative bibliographic method (in regard to the use of works and studies to support discussions) and a quantitative case study (which allows the collection and discussion of data and information about the object of study), this paper seeks to discuss and analyze the means of financing, producing, installing and using photovoltaic energy as a renewable energy alternative. Through plausible discussions on the subject and studied objects, it compiles information treated

reliably to the observed reality, deliberating congruent analyzes involving the Brazilian market, the production and consumption of photovoltaic solar energy and its benefits for different purposes and activities.

¹

Keywords: Photovoltaic energy; Production; Consumption; Financing.

INTRODUÇÃO

A energia elétrica, para o contexto contemporâneo das atividades humanas, consiste em algo primordial para considerável a tecnologia e para o desenvolvimento geral da sociedade. Para atender a gigantesca demanda proveniente deste contexto, há a necessidade de uma produção diária em grande escala. Tal conjuntura torna evidente que a produção de energia é um aspecto intimamente interligado ao modo como a sociedade evolui e a como os grupos, comunidades e instituições desempenham suas funções.

Os debates sobre produção e consumo de energia surgiram justamente pela necessidade de compreender a quão danosa é esta imensa produção para o planeta e para o meio ambiente. Logo, discussões sobre energias novas, renováveis, surgiram. Entre elas, existem as abordagens sobre a energia solar fotovoltaica, um importante e interessante alternativa para produção e consumo de energia no cenário globalizado, que, basicamente, "... consiste na geração de energia elétrica por meio de materiais semicondutores que apresentam o efeito fotovoltaico. Esse fenômeno químico/físico pode ser definido como a formação de tensão elétrica ou corrente em um material que é exposto à luz" (DANTAS E POMPERMAYER 2018, p.7).

De acordo com a ANEEL (2012, n.p.), a necessidade de fontes renováveis para geração de energia, com o passar do tempo, se tornou uma tendência no mundo inteiro, sendo uma opção para a diminuição dos impactos ambientais que, ao mesmo tempo, também oportuniza o desenvolvimento das atividades humanas. Nesta perspectiva, o presente trabalho busca desenvolver abordagens e investigações pertinentes sobre o financiamento, produção e consumo de energia

¹Graduandos do Curso de Engenharia Civil, UNIESP. E-mail: naldo.guedes5@gmail.com | georgiavictor33@hotmail.com

²Professor Orientador, Graduado Física, pela Universidade Federal da Paraíba, Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba, Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba, Especialização em Gestão de Projetos pelo Instituto Superior da Paraíba, Docente do Curso Superior em Engenharia Civil. E-mail: yuri@pobrasil.org

solar fotovoltaica, sendo um instrumento de compreensão da realidade que envolve o tema abordado. Tal tema justifica-se pela necessidade de compreender o modo como os painéis fotovoltaicos (importantes elementos para a geração de energia solar) são financiados. Para que debates congruentes fossem elaborados, no presente trabalho, será utilizado o método de pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo, pelo qual as discussões serão subsidiadas partir de obras e estudos de autores, editoras e mídias contemporâneas, relevantes para o desenvolvimento da pesquisa. Além desta conjuntura, também será apresentado um estudo de caso, de caráter quantitativo, pelo qual foi possível realizar a análise e discussão de dados e informações obtidos através estudos focados no financiamento, instalação e finalização de projetos envolvendo energia solar fotovoltaica em uma residência.

Em suma, o objetivo central deste trabalho é analisar, investigar e averiguar todo o processo de financiamento e instalação de placas solares fotovoltaicas em uma residência, compreendendo e considerando uma linha de crédito específica e serviços de instalação. Diante da perspectiva acima, será feita uma abordagem dos problemas enfrentados na geração de energia, a importância do uso de fontes renováveis, destacando a energia solar fotovoltaica e os benefícios de investir nessa nova geração em longo prazo, cujo conjunto de elementos e características apresenta muitas vantagens em relação às demais matrizes, como também as fontes de financiamento onde o cliente faz um estudo de qual mais se adequa para o que ele está procurando no momento, conhecendo sua legislação, com isso define qual linha de crédito poderá ser adotado de acordo com a realidade de uma residência.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: FUNDAMENTOS

A energia fotovoltaica é obtida através do efeito fotovoltaico, um fenômeno resultante “... da conversão da radiação solar em eletricidade por meio de materiais semicondutores” (BRAGA, 2008, p 02). Vaz (2020, p. 11), por sua vez, destaca que: “é considerada energia solar toda a forma de energia que chega até nós através dos raios do sol, seja ela proveniente da sua luz ou o do seu calor”. O Sol é uma fonte de energia sustentável, geradora de luz e calor, que pode ser utilizada para diferentes

finalidades, sem acometer quaisquer impactos nocivos ao meio ambiente. O sistema de energia fotovoltaica, nesta conjuntura:

[...] se beneficia desta luz para transformá-la em eletricidade através de células fotovoltaicas. Este sistema é composto por painéis fotovoltaicos e de equipamentos para conversão desta energia de corrente contínua para alternada, quando o uso é domiciliar (SANTOS, SOUSA E DALFIOR, 2015, p. 05).

De acordo com as considerações de Molina Junior (2015, p. 74), as primeiras observações referentes à transformação da luz do sol em energia elétrica ocorreram no início do Século XX, por Alexandre Edmond Becquerel, um pesquisador francês da época. Ainda segundo o autor, aplicações práticas desta luz ocorreram somente na década de 1950, por meio da primeira célula fotovoltaica já criada. Segundo Santos, Sousa e Dalfior (2015, p. 02), a partir deste avanço, este sistema de captação e utilização da luz solar foi utilizado apenas por programas espaciais, tanto pelo seu alto custo, quanto pela indisponibilidade de recursos para um uso popular generalizado. Nesta conjuntura:

A partir de 1970, ocorreram avanços tecnológicos que diminuíram custos e possibilitaram a aplicação em alguns projetos. Mesmo ainda com custo ainda elevado, em 2012 no Brasil, ocorreu um marco na utilização deste sistema de geração de energia, tornando a aplicação mais viável. Isto se deu devido à publicação da Resolução Normativa 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), publicada em abril de 2012, que estabeleceu regras gerais para criação de um sistema de compensação de energia intitulado mundialmente como net metering, ou seja, este sistema estabelece que o mini e micro geradores de energia possa injetar o excedente produzido na rede da concessionária, adquirindo créditos para uso em contas futuras no prazo máximo de 36 meses. Enfim, neste sistema você repassa o excedente da sua produção e ganha créditos para usá-los no futuro. Assim através deste modelo, é possível minimizar o impacto sobre o custo da energia elétrica ou até extingui-la (SOUSA, et. al. 2015, p. 05).

Em síntese, o mercado de produção de energia solar fotovoltaica no Brasil representa um cenário novo, mas promissor. Consistindo em um sistema no qual o consumidor poderá gerar a própria energia e também, repassar a quantidade excedente de créditos (valores gerados além do estipulado previamente na instalação de painéis fotovoltaicos em uma residência), a geração deste tipo de energia renovável coloca o indivíduo enquanto protagonista de sua própria produção, bem como contribuinte para a amenização de impactos ambientais. A energia solar fotovoltaica, portanto, contribui positivamente para diferentes

dimensões das atividades humanas a nível pessoal e social, sendo também um importante fator para a diminuição dos impactos destas atividades para o meio ambiente e para o planeta como um todo.

MERCADO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

O Brasil é um país privilegiado no que se refere às condições para geração de energia limpa e renovável, como a proveniente da luz do sol. Em contrapartida, "... a principal fonte de geração de energia vem das usinas hidrelétricas, visto que o país possui uma ótima disponibilidade hídrica" (ALVES, 2019, p. 18). Logo, um cenário onde a energia solar está em constante crescimento, porém ainda não ocupa o primeiro lugar na escala de produção nacional pode ser observado. Em números, "... a oferta total de energia, em 2018, foi de 636,4 TWh, em que 66,6% desse total de oferta energética refere-se à hidráulica, que representa 423,9 TWh" (ALVES, 2019, p. 19). De acordo com as considerações de Monteiro e Zini (2019, p.15):

A instalação de usinas fotovoltaicas apresenta-se como uma tecnologia que possui grande potencial de implantação no território brasileiro. Especialmente, para garantir a continuidade do suprimento energético, através de uma matriz energética ao qual representa compromisso com desenvolvimento e a sustentabilidade ambiental, pensando na qualidade de vida e demanda de matérias primas para as próximas gerações.

Segundo os autores, os impactos positivos da geração de energia solar fotovoltaica contribuirão para a sustentabilidade ambiental e para sociedade tanto em uma escala de tempo mais próxima à atual, quanto em um cenário futuro, pois corrobora para que a demanda por energia seja suprida a curto, médio e longo prazo. Conforme os apontamentos da International Energy Agency (IEA), a energia solar fotovoltaica tem o potencial de representar, até 2060, ou seja, em longo prazo, um terço da produção global de energia elétrica (IEA, 2011). Logo:

[...] a energia fotovoltaica tem o potencial para ser a maior fonte de eletricidade no mundo em longo prazo, devido à abundância e à distribuição do recurso solar no planeta, à constante redução dos custos da tecnologia (histórico e projeção) e às melhorias em eficiência de materiais e conversão. Isso sem mencionar a tendência global em direção às fontes de energia limpas e sustentáveis e as mudanças climáticas (SEBRAE, 2017, p. 43).

O Brasil encontra-se inserido neste contexto global como um território cujas possibilidades para geração deste tipo de energia são vastas. De acordo com os

dados do Atlas Brasileira de Energia Solar do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPEs):

O Brasil apresenta um excelente recurso solar, que varia entre 1.500 e 2.350 kWh/m²/ano. É um recurso bem distribuído ao redor do país, superior ao verificado em países como a Alemanha (900 a 1.250 kWh/m²/ano), a França (900 a 1.650 kWh/m²/ano) e até mesmo a Espanha (1.200 a 1.850 kWh/m²/ano). Os estados com maiores índices de radiação solar no Brasil são Bahia, Piauí, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Tocantins, Goiás, Minas Gerais e São Paulo (PEREIRA, 2006 apud SEBRAE, 2017, p. 43).

Por apresentar condições favoráveis o ano todo, o Brasil possui “... grandes potenciais de aproveitamento de energia solar e em locais mais afastados dos centros urbanos podem utilizar essa energia para o próprio desenvolvimento da região” (ALVES, 2019, p. 20). Em outras palavras, “o potencial técnico da energia fotovoltaica no Brasil é enorme, maior que a somatória do potencial técnico de todas as outras fontes de energia do país” (SEBRAE, 2017, p. 45).

LEGISLAÇÃO

No contexto nacional, existe um considerável potencial para geração de energia a partir da luz solar. Em comparação com outros países, o Brasil se destaca tanto pelo seu clima ensolarado, quanto pelas potencialidades acerca da geração de energias limpas, como a fotovoltaica.

Nos últimos anos, houve um considerável crescimento na oferta e demanda de diferentes serviços envolvendo a instalação de placas fotovoltaicas. Este fenômeno se dá graças aos benefícios decorrentes da utilização de formas de energia mais limpas, que além de promoverem ganhos exponenciais relacionados ao orçamento, também oportunizam menos impactos ao meio ambiente, justamente por não o degradar, visto que as placas ocupam espaços adaptados, dentro dos padrões das residências de seus usuários.

A energia solar residencial já é uma realidade para usuários que desejam produzir energia limpa e renovável por meio de painéis solares, sendo capaz de suprir todo o consumo de eletricidade do imóvel, gerando economia de até 95% na conta de luz e pagando-se o investimento em até 7 anos, mesmo não gerando energia à noite e em casos de quedas de energia na rede elétrica, quando o sistema não utiliza baterias como forma de armazenamento (PORTAL SOLAR, 2021, n.p.).

Nesta perspectiva, de acordo com a justificativa do Projeto de Lei N° 2015, de 2021, da autoria de Kátia Abreu, enaltece que:

O Brasil possui um grande potencial para gerar eletricidade a partir do sol. Só para se ter uma ideia, no local menos ensolarado no Brasil é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, que é um dos líderes no uso da energia fotovoltaica (FV, 2021, p. 3).

Ao relacionar a geração de energia através de painéis fotovoltaicos com a produção de energia limpa e renovável, fica evidente a existência de ganhos para o quesito ecologia e sustentabilidade, temáticas que sustentem diferentes debates no cenário globalizado. De acordo com Vaz (2020, p. 11): “a energia solar é considerada uma fonte de energia renovável, pois se renova se forma cíclica dentro da escala de tempo humana”. Sobre esta perspectiva, também é válido ressaltar que:

[...] é necessário o desenvolvimento de políticas, programas governamentais, estudos econômicos e sociais, de maneira que se tenha um maior aproveitamento consciente das fontes renováveis. Além disso, segundo INPE (2017), é de suma importância inovar e desenvolver tecnologias, de maneira que se utilize e convertesse os recursos energéticos naturais disponíveis, a fim de que haja desenvolvimento e, conseqüentemente, redução em impactos socioambientais. Deste modo, o marco regulatório importante para o desenvolvimento de fontes renováveis no Brasil iniciou-se com a Resolução Normativa 482/2012. A partir do mês de dezembro do ano de 2012, os sistemas de geração que utilizam fontes renováveis, a exemplo do solar, eólica, hídrica e biomassa puderam injetar energia em paralelismo com a rede elétrica das concessionárias de distribuição elétrica do país (ALVES, 2019, p. 15).

O potencial brasileiro em geração de energia solar denota a necessidade de um respaldo legal, ou seja, projetos de lei que assegurem os direitos e políticas envolvendo o seu consumo e produção. Logo, “... a realização das políticas deve dar-se dentro dos parâmetros da legalidade e da constitucionalidade, o que implica que passem a ser reconhecidos pelo direito – e gerar efeitos jurídicos – os atos e também as omissões que constituem cada política pública” (BUCCI, 202, p. 255).

Sobre esta conjuntura, a Agência Senado (2021, np) evidencia que:

Ao propor a modificação da Lei 4.380, de 1964, que regula o SFH, Kátia Abreu lembra as vantagens dos painéis fotovoltaicos como forma de proteger o meio ambiente e diminuir o uso de fontes poluentes. Ela destaca o imenso potencial do Brasil para geração de eletricidade a partir do sol: no

exemplo que apresentou na justificação de seu projeto, a senadora lembra que “no local menos ensolarado no Brasil é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, que é um dos líderes no uso da energia fotovoltaica”. Ela também chamou atenção para os efeitos da falta de chuvas sobre o custo da energia numa matriz predominantemente hidrelétrica.

De acordo com os dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, a Aneel, entre os anos de 2012 até 2020, mais de 386 mil sistemas fotovoltaicos de microgeração (até 75 kW) ou de minigeração (entre 75 kW e 5 MW) de energia foram instalados no país, com um investimento de R\$ 23,1 bilhões. A organização bateu meta de expansão da matriz elétrica em 2021, em um período anterior ao previsto de aproximadamente três meses (ANEEL, 2021).

De acordo com Vaz (2020, p. 12), “... a energia solar fotovoltaica cresce cada vez mais no Brasil; segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), essa modalidade de geração de energia elétrica cresceu, nos últimos 7 anos, em média 151% ao ano”. Segundo o autor:

Quando se trata de economia que pode modificar o cenário do país, esta deve sempre estar ligada a uma legislação, e na questão de energia elétrica não é diferente, pois a Constituição Federal de 1988 prevê que a energia é um bem exclusivo da União e somente a ela compete legislar sobre tal assunto, conforme expresso no artigo 22, inciso IV da CF (SILVA et al., 2016 apud VAZ, 2020, p. 12).

Em suma, é plausível afirmar que a legislação brasileira que trata da geração de energia solar está voltada a assegurar os direitos dos usuários, no que tange ao acesso e garantia de serviços voltados à instalação e utilização de equipamentos e mecanismos para produção deste tipo de energia.

LINHAS DE CRÉDITO

No cenário nacional, é possível observar uma considerável e crescente procura por sistemas de produção de energia solar fotovoltaica, tanto pelos benefícios à economia em médio e longo prazo, quanto pela redução de impactos ambientais a partir da geração e consumo de uma energia limpa e renovável. Segundo o Portal Canal Solar (2020, n.p.):

A grande procura por sistemas de energia solar fez a demanda por financiamentos crescer rapidamente. Um sistema fotovoltaico é visto como um investimento com rápido retorno e longo horizonte de lucratividade. A

expectativa de vida dos módulos solares é de 25 anos e os fabricantes de inversores oferecem garantias que variam entre 5 e 12 anos.

A garantia de vida útil dos módulos está ligada à sua atividade plena, ou seja, à sua capacidade de atingir 100% de produção de energia, porém, “... os módulos solares têm vida útil superior a 25 anos. Isso principalmente por serem constituído de componentes de alta qualidade” (OPUS SOLAR, 2020, n.p). Somando tal durabilidade à garantia oferecida por diferentes fabricantes, o financiamento de energia solar fotovoltaica torna-se cada vez mais atrativos para novos possíveis consumidores. Nesta perspectiva:

Para avaliar a atratividade da energia fotovoltaica, é fundamental conhecer o custo dos equipamentos, de instalação e manutenção. Para isso, é necessário analisar previamente a carga desejada do sistema FV, ou seja, quanta energia será produzida por ele. Inicialmente, o intuito era dimensionar sistemas FVs para suprir parcial, total e excessivamente a demanda de energia elétrica média residencial. (DANTAS E POMPERMAYER 2018, p.7).

Hoje no Brasil existem diferentes linhas de crédito disponíveis para a implementação de painéis fotovoltaicos oriundas de serviços de bancos privados ou públicos. Um sistema solar fotovoltaico, atualmente, é considerado um investimento, no qual o indivíduo passa de consumidor para gestor da própria energia e assim, ocupa um papel de protagonista da própria produção e consumo.

Em relação ao financiamento e principais investimentos para instalação e aquisição dos painéis fotovoltaicos, é possível destacar o *payback*, que segundo Colaferro (2019, n.p.), “[...] é o prazo de amortização do sistema fotovoltaico, ou seja, o tempo total de retorno do investimento em energia solar”. Em suma, consiste no tempo de retorno que engloba desde o investimento inicial até quando os valores acumulados estão pareados com o valor deste investimento. Nesta perspectiva, o autor enaltece ainda que:

A forma de pagamento que maximiza o retorno sobre o investimento (TIR) e diminui ao máximo o Payback (tempo para retorno) de um sistema solar fotovoltaico é o formato “à vista” ou parcelamento sem juros, pois economiza-se nos custos dos juros do financiamento (COLAFERRO, 2019, n.p).

Nesta perspectiva, o autor elenca também as oito melhores linhas de financiamento de energia solar fotovoltaica disponíveis no mercado brasileiro, cada

uma, atendendo e oferecendo serviços em regiões distintas. São elas: FNE Sol, Linha de Financiamento Santander, BB Financiamento PJ – Renováveis, Financiamento para Energia Solar – Sicredi, Financiamento de Energia Solar – Banco da Amazônia, Agro Pronaf Banco do Brasil, FCO Banco do Brasil e Financiamento Solar Losango (COLAFERRO, 2019, n.p). Nestas perspectivas de financiamento, uma das estratégias mais utilizadas, é a possibilidade de fazer com que o valor a ser pago na parcela seja igualado ao valor que paga pela conta de energia, sendo assim evitando o acúmulo de dois custos, ou seja, do valor da parcela somado à conta de energia elétrica convencional.

Dentre as linhas de financiamento elencadas pela Solsist Soluções em Energia (p. 137), estão:

Tabela 1: Fontes de financiamento pessoa física

	Santander	Banco do Brasil	Caixa	Bradesco
Nome da linha	CDC Eficiência Energética de Equipamentos	BB Crédito Material de Construção	Construcard Caixa	Leasing Ambiental
Limites	Conforme análise do crédito	De R\$ 70,00 a R\$ 50.000,00	Entre R\$ 1000,00 a R\$ 180.000,00	Com 30% entrada limitada até R\$ 500.000,00
Quem pode solicitar	Correntista e não correntista	Correntista do Banco do Brasil	Correntistas da Caixa Econômica Federal maiores de 18 anos ou emancipados	Correntista e não correntista com abertura de conta necessária
Taxa de juros	De 1,5% a 1,8% a.m.	De 1,61% a 2,10% a.m.	De 1,50% a 1,75% a.m.	De 1,50% a 2% a.m
Prazo para pagamento	Até 60 meses	Até 60 meses	Até 240 meses	Até 60 meses

Fonte: SOLSIST Soluções em Energia, 2016.

BNDES	Banco do Nordeste	Banco do Brasil	Caixa	DESENVOLVE SP

Nome da linha	Financiamento de empreendimentos (FINEM)	Programa de Financiamento à Sustentabilidade Ambiental (FNE Verde)	BB Crédito Empresa (Outras: ver ProGer).	ProduCard.	Economia Verde
Limites	Mínimo de R\$ 20MM. Demais valores consultar a linha do BNDES Automático.	Conforme o porte da empresa e a tipologia do município instalado.	Até 100% do valor do equipamento.	Até R\$ 100.000,00.	Conforme análise de crédito até 90% do equipamento.
Quem para solicitar	Sociedades com sede e administração no país, de controle nacional ou estrangeiro e pessoas jurídicas de direitos público.	Produtores e empresas rurais, industriais, agroindustriais, comerciais e de prestação de serviços, cooperativas e associações legalmente construídas no Nordeste do país.	Empresas com faturamento bruto anual até R\$ 90MM.	Empresas com faturamento anual de R\$ 15MM.	Pequenas e médias empresas.
Taxa de juros	De 5% ao ano, mais remuneração básica do BNDES de 0,9 ao ano.	Entre 3,53% e 4,12% ao ano, podendo incidir bônus de adimplência de 3% a 3,5% ao ano.	A partir de 1,44% a.m.	1% a.m.	A partir de 0,5 a.m. + TJLP.
Prazo para pagamento	20 anos	Até 12 anos incluídos até 4 anos de carência. Demais prazos e condições sob consulta.	Até 60 meses incluindo 3 meses de carência.	36 meses.	Até 120 meses incluindo a carência de 24 meses.

Tabela 2: Fontes de financiamento pessoa jurídica

Fonte: SOLSIST Soluções em Energia, 2016.

Como é possível perceber, as formas de financiamento variam consideravelmente entre pessoa física e pessoa jurídica. É possível perceber a permanência do Banco do Brasil e da Caixa em ambas as formas de financiamento, o que aponta uma grande atividade e procura destes bancos para serviços ligados à instalação e produção energia solar fotovoltaica no país feitas por pequenos grupos familiares e até mesmos, instituições privadas maiores e até mesmos, consolidadas no mercado brasileiro, o que demonstra uma procura exponencial pelos serviços destes diferentes bancos, bem como pela utilização de energias renováveis que promovam economia e retornos financeiros em médio e longo prazo.

METODOLOGIA

O percurso metodológico que culminou na elaboração deste trabalho divide-se, concisamente, em duas etapas distintas, sendo a primeira pautada no método monográfico de pesquisa bibliográfica, de caráter qualitativo, alicerçado na análise, interpretação e utilização de diferentes abordagens e estudos contemporâneos oriundos de obras de autores, mídias e instituições de importante relevância no cenário da geração de energia fotovoltaica e da engenharia civil como um todo. Mediante este método, discussões foram fomentadas e subsidiadas, de modo que literaturas e estudos foram congruentemente utilizados para explicar e respaldar discussões, análises e observações sobre o objeto de estudo. Para Andrade (2010, p. 25): “a pesquisa bibliográfica é habilidade fundamental nos cursos de graduação, uma vez que constitui o primeiro passo para todas as atividades acadêmicas”. Ainda nesta perspectiva, é interessante destacar o modo como este tipo de pesquisa é elaborada a partir de:

[...] material já publicado, constituído principalmente de: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, boletins, monografias, dissertações, teses, material cartográfico, internet, com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa. Na pesquisa bibliográfica, é importante que o pesquisador verifique a veracidade dos dados obtidos, observando as

possíveis incoerências ou contradições que as obras possam apresentar (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 54).

Para a realização desta dimensão de pesquisa utilizada no presente trabalho, foram utilizadas diferentes obras literárias, cujo conteúdo é relevante para as abordagens desenvolvidas ao longo das discussões e debates sobre a energia fotovoltaica no Brasil e suas subjetividades. Por ser necessário utilizar fontes atuais e variadas que possibilitassem análises e investigações abrangentes sobre o objetivo de estudo, o processo de averiguação teórica considerou diferentes mídias. Por esta razão, o acesso a portais para busca de informações relevantes também foi uma importante ação para fomentação dos debates neste trabalho. Mediante este processo, além de informações atuais, foi possível realizar uma triagem de dados reais e contextualizados sobre os serviços envolvendo financiamento e instalação de painéis solares fotovoltaicos, bem como acerca da realidade da geração, produção e consumo de energia solar fotovoltaica no Brasil, considerando os desafios e possibilidades possíveis de serem observadas neste contexto.

O segundo método utilizado consistiu em um estudo de caso, de caráter quantitativo. Segundo Knechtel (2014, p. 100), esse tipo de pesquisa foi a base do pensamento científico até a metade do século XX e é caracterizado pela passividade e neutralidade do pesquisador diante da investigação da realidade. De acordo com o autor, a pesquisa quantitativa estuda casos específicos, valoriza descrições bem detalhadas e tem ênfase nas qualidades dos processos “com destaque para a forma como a experiência social é criada e adquire significado” (KNECHTEL, 2014, p. 101-102). Como o mercado cresceu muito no Brasil, foi feito um levantamento para mostrar as condições que o país possui em relação a esse tipo de energia, apoiando-se também nas legislações vigentes. Inicialmente foi realizado um estudo para determinar a quantidade de kWh de uma residência, tomando como base 1 ano de consumo. Em seguida, é realizado um cálculo de dimensionamento para identificar quantas placas fotovoltaicas seriam necessárias para atender a demanda da residência X. Com base no quantitativo de placas necessárias, acontece a análise juntamente ao banco Y, buscando identificar as linhas de créditos disponíveis para realizar um investimento, mostrando então fluxo de caixa, economia gerada após a instalação e o retorno em 4 anos.

Tratando especificamente da residência escolhida como campo e objeto para o estudo de caso, é correto afirmar que uma coleta de dados minuciosa foi realizada, tendo como foco a coleta de informações pertinentes sobre todo o processo de financiamento e instalação das placas solares fotovoltaicas. Vários pontos foram considerados: as especificidades da residência / grupo familiar que optou pelos serviços e pelo financiamento, a realidade do imóvel, o consumo (mensal e anual), as expectativas do cliente em relação aos serviços e à produção da energia solar, os desafios para que todas as etapas fossem cumpridas de forma efetiva e satisfatória e, logicamente, os valores e dados quantitativos relacionados à cada um dos pontos citados acima, que envolvem prazos, valores, quantidade de equipamentos e benefícios ao longo do tempo. Nesta perspectiva, o estudo de caso nesta residência possibilitou a observação do percurso de financiamento e instalação de placas solares fotovoltaicas. Através de análises, investigações e triagens de dados, foi possível constatar o modo como cada etapa ocorreu, o que possibilitou o alinhamento da teoria e a prática, propiciando assim, constatações importantes sobre o objeto de estudo e temática abordada durante o presente trabalho.

Para a etapa de cálculos, foi utilizada a seguinte fórmula: $493 \times (0,450 \times 0,8 \times 5,25 \times 30)$, na qual o 493 corresponde à potência média de consumo da unidade, ou seja, 493 kW. O 0,450 equivale à potência da placa em kW. O 0,8 por sua vez, indica a eficiência da placa, segundo o próprio fabricante, ou seja, 80% de sua eficiência total. 5,25 indica a média de radiação solar no local da instalação segundo a Cresesb. O número 30 equivale a média de dias mensal. Para o cálculo, o valor da média anual é dividido pela potência da placa que deverá ser instalada. Em relação ao presente estudo de caso, a placa consiste na Jinko 450 W. Mediante estes dados calculados, é possível definir o número de placas para atender a demanda da residência. O valor final corresponde à 8,69; entretanto, este valor precisa ser reajustado para 9 devido a não possibilidade de números fracionados serem utilizados, ou seja, o número de placas necessárias para a geração dos 493 kW é igual a 9. É interessante salientar ainda que, multiplicando a quantidade de placas pela potência de uma placa isolada, é possível obter a quantidade de kW/pico. Desse modo: $9 \times 0,450 = 4,05$ kW/pico. Abaixo, é possível observar os meses com maior incidência de insolação segundo a Cresesb.

Em relação ao *payback* simples, é possível afirmar que este “... é uma ferramenta de análise de investimentos onde se verifica o tempo necessário para a recuperação do capital investido em um projeto” (COLPOS, MEDEIROS E WEISE, 2016, p. 5). O cálculo utilizado é prático,

payback simples =

investimento inicial ÷ ganhos no período (ou fluxo de caixa médio)

No caso apresentado no referido estudo de caso, o investimento inicial é de R\$ 20.920,05 e o ganho no período mensal é de R\$ 509,49. Com a efetuação do cálculo acima, obtêm-se o valor do *payback*, que é de 41 meses para o retorno financeiro.

De modo geral, visando mostrar as fundamentações da energia fotovoltaica, qual a sua importância, seus benefícios e seu avanço no decorrer dos anos, as etapas do percurso metodológico contribuíram significativamente para elaboração de discussões congruentes sobre o foco e objeto deste estudo. Em suma, ambas consistiram em fases da pesquisa foram de suma importância para a etapa de resultados e discussões, na qual as informações e discussões poderão ser tratadas de forma congruente com os estudos utilizados e com a realidade observada no cenário globalizado e contemporâneo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a etapa de resultados e discussões, foi solicitado o acompanhamento de um processo de instalação de placas fotovoltaicas na residência da família X, localizada na Rua José da Cunha Rêgo, 221, Centro de Guarabira, Paraíba. Um dos integrantes da família explicou que a iniciativa partiu da necessidade de redução de gastos com energia, porém, que também foi influenciado pelo próprio cenário, visto que a produção de energias renováveis está em alta e implica em benefícios que transcendem a questão financeira. Logo, o cliente A explicou que seu interesse está voltado tanto ao investimento em médio e longo prazo, quanto à redução de impactos ao meio ambiente através do consumo e produção de energia limpa e renovável.

Nesta perspectiva, o processo de instalação das placas para produção de energia solar fotovoltaica dependeu de algumas etapas bem definidas, bem como, precisa seguir algumas exigências ligadas à localização das placas. Segundo Marques, Krauter e Lima (2009, p. 160):

Nenhum objeto (casas, prédios) deve sombrear nenhuma parte dos módulos fotovoltaicos em nenhum momento do ano. Os módulos fotovoltaicos devem ser montados em uma posição que permita segurança, controlando o acesso para a inspeção e limpeza.

Em relação ao dimensionamento das placas, é necessário, primeiramente, averiguar o consumo médio em doze meses (anual) da conta de energia do consumidor, para que assim, uma estimativa de consumo seja feita. Devido à incidência de sol em determinados períodos do ano, o estudo da média anual contribui muito para a percepção dos meses nos quais a geração de energia será maior (o que poderá gerar créditos para o consumidor) ou menor (o que poderá evidenciar maiores cuidados no consumo). Mediante o cálculo de dimensionamento das placas expressado como $493\text{kW} \times (0,450\text{kW} \times 0,8 \times 5,25 \times 30)$, obteve-se o resultado, que corresponde à 8,69 placas. Como este resultado não corresponde à um número inteiro, que é uma necessidade para a obtenção de um número exato, arredondou-se para 9 placas no final.

Em suma, o consumo médio anual contribui para a uma estimativa de média mensal, que por sua vez, colabora para a estimativa do número de placas necessárias em uma residência. Em relação à residência que serviu de base para o estudo de caso do presente trabalho, é possível afirmar um consumo mensal médio de 523 kW. A depender da quantidade de energia gerada, será necessário, porém, pagar à empresa de energia (que no caso da residência abordada no estudo, é um sistema monofásico), 30 kW. Dessa forma, foi determinado que as placas precisariam gerar no mínimo 493 kW. Foi determinado o uso de um inversor de 4 kW/pico em decorrência da potência da placa, dentro da faixa admissível. É interessante salientar que o próprio fabricante recomenda e permite o uso de uma sobretensão de até 30% da potência do inversor. Neste projeto, foi utilizada um inversor Growatt de 4 kW/pico.

Tabela 3 - Irradiação solar diária média mensal (kWh/m². dia)

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal (kWh/m². dia)													
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÊ DIA	DE LT A
Plano	0° N	5,5	5,6	5,7	5,2	4,5	4,1	4,2	5,0	5,4	5,7	5,9	5,7	5,	1,
Horizontal		1	4	0	2	9	8	6	1	2	0	1	5	24	72
Ângulo igual a latitude	7° N	5,2	5,5	5,6	5,3	4,8	4,4	4,4	5,1	5,4	5,6	5,6	5,4	5,	1,
		8	1	9	5	1	3	8	9	7	0	8	7	25	26
Maior média anual	4°N	5,3	5,5	5,7	5,3	4,7	4,3	4,3	5,1	5,4	5,6	5,7	5,6	5,	1,
		9	7	0	0	2	3	9	2	6	5	8	0	25	46
Maior mínimo mensal	20°N	4,7	5,1	5,5	5,4	5,0	4,7	4,7	5,3	5,4	5,2	5,1	4,8	5,	,7
		4	1	2	5	8	5	7	7	1	7	2	5	12	8

Fonte: CRECESB, 2018.

Para a residência cujo financiamento e instalação das placas solares fotovoltaicas serviram de base para o estudo de caso deste trabalho, foi realizada uma simulação de crédito em uma instituição bancária específica, já definida e escolhida pelo cliente após uma análise de outros bancos e financiamentos, sendo ele Banco BV financeira, com carência de trinta dias. Nele, o cliente poderia escolher entre diferentes opções de parcelamento, envolvendo desde 12 parcelas fixas de R\$ 2.009,92, até 84 parcelas de R\$ 568,00.

Tabela 4 – Planos de financiamento sugeridos pelo BV com carência de 30 dias.

Total de parcelas	Valor
12	R\$ 2.009,92
24	R\$1.146,24
36	R\$858,06
48	R\$716,02
60	R\$633,87
72	R\$588,25
84	R\$ 568,00.

Fonte: Meu Financiamento Solar, 2021.

Abaixo é possível analisar o *payback*, tendo em vista em quanto tempo começa a ter o retorno financeiro:

Tabela 5 – *Payback* – Tempo de retorno financeiro

ECONOMIA MENSAL		R\$509,49
ECONOMIA ANUAL		R\$6.113,88
PERÍODO (ANO)	FLUXO	SALDO
0	-R\$20.920,05	-R\$20.920,05
1	R\$ 6.113,88	-R\$14.806,17
2	R\$ 6.113,88	-R\$8.692,29
3	R\$ 6.113,88	-R\$2.578,41
4	R\$ 6.113,88	R\$3.535,4
PAYBACK	3,4 ANOS	41 MESES

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Em suma, para o orçamento do projeto foi solicitado à empresa B um valor de R\$ R\$ 20,920,05. Neste valor, estão inclusos o inversor, as placas, cabos, conectores, suportes, trilhos, mão de obra, encargos, despesas da empresa do projeto e demais serviços indispensáveis para a instalação da energia solar fotovoltaica na residência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No cenário contemporâneo, cada vez mais se discute sobre a produção e consumo conscientes de energia. Em decorrência de debates envolvendo a responsabilidade ambiental da humanidade, bem como das necessidades econômicas dos indivíduos no cenário nacional com crescentes aumentos nas contas de luz, surgiram demandas envolvendo a utilização da energia solar fotovoltaica em prol da economia no consumo de energia em grupos familiares, instituições e residências e a redução de impactos ambientais referentes à produção de energias não renováveis.

Diante desta complexa perspectiva, o presente trabalho buscou debater e analisar o mercado e a produção nacional de energia solar fotovoltaica, bem como as linhas de financiamento disponíveis no cenário brasileiro, através de análises e observações alicerçadas no método monográfico de pesquisa bibliográfica cujo cunho é qualitativo (no tangente às abordagens subsidiadas por diferentes obras e

estudos de autores relevantes para o âmbito estudado) e de um estudo de caso de caráter qualitativo, que utilizou uma demanda específica de uma residência para efetuar o tratamento de diferentes informações relacionadas à instalação e utilização de painéis solares fotovoltaicos para consumo familiar.

Durante todo o percurso de elaboração e desenvolvimento da pesquisa, foi possível perceber o quão crescente é o mercado e a produção de energia solar fotovoltaica no Brasil, bem como o quão abrangentes são as necessidades dos sujeitos e as justificativas da procura pela produção e consumo de energias renováveis, que possibilitem tanto a redução de gastos e melhorias na economia, quanto à diminuição de impactos ambientais.

Em síntese, o presente estudo consiste em um compilado de informações relevantes para a temática estudada, bem como em uma abordagem congruente com a realidade observada nacionalmente em relação à geração de energia solar fotovoltaica. Discutiu, veementemente, diferentes aspectos relacionados desde ao financiamento de placas, sua instalação e utilização, até os benefícios observáveis para a vida e economia dos sujeitos. Contribuiu, portanto, para novos debates e estudos sobre a conjuntura abordada, bem como consiste em um instrumento para agregar valorização à produção e à demanda por serviços envolvendo a produção de energias limpas e renováveis, que possibilitem um consumo mais consciente e benefícios para a vida financeira dos consumidores à médio e longo prazo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA SENADO. **Financiamento imobiliário poderá incentivar geração de energia solar.** Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2021/08/02/financiamento-imobiliario-podera-incentivar-geracao-de-energia-solar>> Acesso em 07 de outubro de 2021.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **ENERGIA SOLAR: ESTUDO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID E OFF-GRID.** Universidade Federal de Ouro Preto Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas Departamento de Engenharia Elétrica. Minas Gerais, 2019. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRRAFIA_EnergiaSolarEstudo.pdf> Acesso em 04 de outubro de 2021.

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico:** elaboração de trabalhos na graduação. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

ANEEL, **ANEEL bate meta de expansão da matriz elétrica em 2021, três meses antes do previsto.** Outubro de 2021. Disponível em: < <https://bit.ly/3ilB05i>> Acesso em 07 de outubro de 2021.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** 3 ed, Brasília: ANEEL, 2008.

BANCO BV. **Meu financiamento solar** – Uma solução Banco BV. 2021. Disponível em: < <https://meufinanciamentosolar.com.br/>> Acesso em 10 de novembro de 2021.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: fundamentos e aplicações.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001103.pdf>> Acesso em 22 de setembro de 2021.

BUCCI, Maria Paula Dallari. **O conceito de política pública em direito.** In: BUCCI, Maria Paula Dallari (org.). Políticas públicas: reflexões sobre o conceito jurídico. São Paulo: Saraiva, 2006.

COLAFERRO, José Renato Q. **Financiamento de Energia Solar: 8 Linhas para Você Obter o Melhor Retorno Financeiro com o Seu Sistema.** Blue Sol Energia Solar. 2019. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/financiamento-de-energia-solar/>>; Acesso em: 05 de outubro de 2021.

COLPOS, Iliane; MEDEIROS Flaviani Souto Bolzan; WEISE, Andreas Dittmar. **Análise de retorno do investimento:** um estudo aplicado em uma microempresa. RACI, Getúlio Vargas, v.10, n.21, Jan./Jul. 2016. ISSN 1809-6212. Disponível em: < https://www.getulio.ideal.com.br/wp-content/files_mf/9d2655b4222965326380fd915dbad6e1327_1.pdf> Acesso em 10 de dezembro de 2021.

CRECESB. Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. 2018. Disponível em: < <http://cresesb.cepel.br/>>. Acesso em 10 de novembro de 2021.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico.** IPEA. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: < http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD_2388.pdf>. Acesso em 02 de novembro de 2021.

FREITAS & DATHEIN. **Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: métodos e benefícios ambientais.** Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/0859_1146_01.pdf> Acesso em 02 de novembro de 2021.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Renewable energy technologies: solar energy perspective.** Paris: IEA, 2011. Disponível em: < <http://www.iea.org/publications/freepublications/>>. Acesso em: 05 de outubro de 2021.

KNECHTEL, Maria do Rosário. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba: Intersaberes, 2014.

MONTEIRO, Fernanda dos Santos; ZINI, Henrique Carvalho. Geração de energia a partir de células fotovoltaicas: estudo de viabilidade de implantação de uma usina de microgeração fotovoltaica. TCC. Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anapólis, GO, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/8703/1/Fernanda%20e%20Henrique.pdf>>. Acesso em 20 de outubro de 2021.

OPUS SOLAR. **Energia gerada por painéis solares**: Conheça alguns mitos e verdades. 2020. Disponível em: <<https://opussolar.com.br/energia-gerada-por-paineis-solares-conheca-alguns-mitos-e-verdades/>>. Acesso em 02 de novembro de 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 201

PORTAL SOLAR S.A (Portal Solar). **Energia Solar Residencial**. 2021. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-residencial.html>>. Acesso em 02 de novembro de 2021.

SANTOS, Alberto Almeida; SOUZA, Carlos Alberto de; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. **ENERGIA SOLAR**: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG.XVIII SEGeT, 2015. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/862456.pdf>> Acesso em 22 de setembro de 2021.

MARQUES, Rubéria Caminha; KRAUTER, Stefan C. W; LIMA, Lutero C. de. **Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro**. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 30, n. 2, p. 153-162, dez. 2009. Disponível em: <<https://periodicos.unifor.br/tec/article/viewFile/1049/4494>>. Acesso em 02 de novembro de 2021.

MOLINA JUNIOR, Walter F.. **Recursos Energéticos e ambiente** [livro eletrônico] / Walter F. Molina Jr., Thiago Libório Romanelli. Curitiba: InterSaberes, 2015.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Brasília-DF, 2017.

SENADO FEDERAL. PROJETO DE LEI Nº 2015, de 2021. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=8975968&ts=1633113027075&disposition=inline>> Acesso em 05 de outubro de 2021.

SOLSIST. Curso de Projetista de Sistemas Fotovoltaicos. João Pessoa, PB. 2016. Disponível em: <<https://www.dropbox.com/s/v80pc6lk98m05pk/Curso%20Projetista%20FV%20-%202016%20-%20JAMPA.pdf?dl=0>> Acesso em 10 de novembro de 2021.

VAZ, Arthur Henrique Souza. **O direito e a energia fotovoltaica**. PUC, Goiás, 2020. Disponível em: <
<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1442/1/TCC%20II%20-%20C01%2C%20ARTHUR%20VAZ-artigo%20-%202021.1-.pdf>> Acesso em 06 de outubro de 2021.

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE ARGAMASSA COLANTE COM ADIÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE CIMENTO EM SUA COMPOSIÇÃO PARA O ASSENTAMENTO DE PLACAS CERÂMICASIgor Evangelista Mamede¹Keny Rodrigues Batista²**RESUMO**

Os revestimentos cerâmicos estão sendo cada dia mais utilizados na construção civil, ao mesmo tempo, vem se tornando objeto de preocupação para as construtoras, pois, os casos de deslocamentos vem aumentando diariamente. Resultado disso, assentamento por mão de obra não qualificada e/ou materiais que não estão de acordo com a NBR 14081:2012, assim, o descolamento das placas cerâmicas gera custos elevados no reparo, além disso, as chances de atingir pessoas que estejam passando no momento do deslocamento são grandes. Com a NBR 14081-4:2012, podemos determinar valores de resistência de aderência à tração, além de observar as maneiras como ocorreram os arrancamentos e as rupturas das argamassas colantes com o substrato. Para isso, podemos analisar o desempenho da resistência de aderência à tração de argamassas colantes industrializadas sem modificação nas suas composições, e após, adicionando nas suas composições porções dos cimentos CP II-F 32 e CP V-ARI. Ao fim de todos os ensaios, obteve-se redução da resistência final de aderência à tração após a adição de cimento nas composições das argamassas colantes do tipo I e III, entretanto, na argamassa do tipo II, a adição do cimento CP-II F 32 resultou em um aumento considerável em sua resistência final de aderência a tração.

Palavras-chaves: Argamassa colante; Revestimento cerâmico; Aderência; Arrancamento.

ABSTRACT

Ceramic tile is being used more and more in civil construction, at the same time, it has become an object of concern for construction companies, as the cases of displacement is increasing daily. As a result, laying by unqualified labor and/or materials that are not in accordance with NBR 14081:2012, thus, the detachment of ceramic plates generates high repair costs, in addition, the chances of reaching people passing by at the time of deplacing they are large. With NBR 14081-4:2012, we can determine tensile bond strength values, in addition to observing the ways in which the sticking mortars were pulled out and ruptured with the substrate. For this, we can analyze the performance of the tensile bond strength of industrialized adhesive mortars without modification in their compositions, and then, adding portions of CP II-F 32 and CP V-ARI cements in their compositions. At the end of all tests, a reduction in the final tensile bond strength was obtained after the addition of cement in the compositions of type I and III adhesive mortars, however, in type II, mortar the addition of CP-II F 32 cement resulted in a considerable increase in its ultimate tensile grip strength.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil. E-mail: igormamede79@gmail.com

² Professora Orientadora, Graduada em Tecnologia de Construção de Edifícios (CEFET-PB), Especialização em Engenharia de Instalações Prediais (FESP). Docente do Curso Superior em Engenharia Civil da disciplina de Administração e Planejamento de Obras. E-mail: kenya.batista@iesp.edu.br.

Keywords: Gluemortar; Ceramic coating; Adhesion; Start up.

INTRODUÇÃO

De acordo com a ASPACER (2016) em publicação do G1SP, diversas indústrias nacionais e internacionais, fabricantes de argamassas colantes industrializadas e cimentos, despertaram interesse na comercialização de seus produtos no comércio brasileiro, isso, porque o Brasil é um dos maiores fabricantes e consumidores de revestimentos cerâmicos.

Segundo Silva (2003), o Brasil possui um consumo médio de 5 kg/m² de argamassa colante para assentamento de cerâmica para revestimento, sendo que a produção da argamassa em 2001 foi em torno 2.100.000 toneladas, gerando um faturamento de R\$ 460.000 milhões.

Com a elevada produção e consumo de revestimento cerâmico no país, o número de casos de deslocamento cerâmico também sofreu um aumento considerável nos últimos anos. De acordo com dados levantados pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC (2019), foram contabilizadas mais de 2,6 milhões de m² de cerâmicas deslocadas em 17 estados do território brasileiro, afetando mais de 49 empresas. Diante disso, é possível concluir que se trata de um problema setorial e não de empresas isoladas do mercado da construção civil.

As normas desenvolvidas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, próprias para o setor da construção civil, determinam procedimentos a serem seguidos no campo de trabalho, na fabricação das argamassas e outras orientações ligadas a produção desse tipo de material. As normas que regem a análise da qualidade de fabricação e aplicação das argamassas colantes são: NBR 9479:2006, NBR 12041:2012, NBR 13276:2005, NBR 13277:2005, NBR 13278:2005, NBR 13279:2005, NBR 13280:2005, NBR 13528:2010, NBR 13818:1997, NBR 14081-2:2015, NBR 14081-3:2012, NBR 14081-4:2012, NBR 14081-5:2012, NBR 14086:2004, NBR 15258:2005, NBR 15259:2005 e NBR 15261:2005. Sendo que o estudo em questão foi realizado com base na norma NBR 14081-4:2012 - Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração.

Segundo Gonçalves Júnior e Barros (2012), a camada de fixação, cujo material usualmente empregado na construção civil brasileira é a argamassa

colante, exerce papel importante no sistema de revestimento cerâmico, visto que deve suportar as movimentações oriundas da base, de modo a garantir a aderência entre a placa cerâmica e o substrato.

De acordo com Medeiros (1999), o descolamento de placas cerâmicas ocorre principalmente nos andares mais altos de edifícios, onde há maior movimentação estrutural devido as ações do vento. As causas dessas patologias podem estar ligadas ao assentamento incorreto, quantidade insuficiente de argamassa, na falta de juntas de dilatação ou ultrapassou os limites de tempo em aberto das argamassas colantes utilizadas no assentamento.

O presente trabalho tem por objetivo analisar o desempenho da resistência de aderência à tração de argamassas colantes industrializadas dos tipos AC-I, AC-II e AC-III, adicionando nas suas composições os cimentos CP II-F 32 e CPV-ARI.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS

Conforme Silva (2006), com a atualização da NBR 13281:2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos, suas classificações são determinadas através de métodos de avaliação de resistência a tração na flexão e compressão, densidade no estado endurecido e fresco, coeficiente de capilaridade, retenção de água e ainda a resistência de aderência à tração.

Argamassa preparada em obra

De acordo com a ABNT (2013), a NBR 13529 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia, as argamassas preparadas na obra podem ser simples ou mistas, onde os materiais constituintes são medidos em volume ou massa.

Segundo Sernaglia (2015), deve-se levar em consideração alguns fatores, como por exemplo: exposição do material na armazenagem a sol e umidade; tipo de acabamento a ser utilizado; métodos de produção e utilização. Além do mais, fazer ensaios para certificar que o traço utilizado atende aos esforços de utilização é de suma importância.

Argamassa industrializada

Ainda segundo a ABNT (2013), na NBR 13529, as argamassas industrializadas são fabricadas em instalações próprias, onde a dosagem dos materiais é controlada, e são compostos por aglomerantes de origem mineral, agregados miúdos e, ocasionalmente, por aditivos e adições em estado seco e homogêneo, onde o consumidor final necessita apenas verificar a quantidade de água necessária que o fabricante indica na embalagem e realizar a mistura.

Argamassa estabilizada

Matos (2013), relata que em meados de 1970 foi criada as argamassas estabilizadas, onde são dosadas e fabricadas nas centrais, e transportadas por caminhão betoneira, chegando nas obras prontas para uso, podendo aguardar por até três dias sua utilização sem alterações em suas características. Isso, devido a adição de aditivos estabilizadores de hidratação.

PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO CERÂMICO

Junior (2004), expõe que as propriedades físico-mecânicas das argamassas podem ser classificadas em adesiva e aglomerante. Adesiva porque proporciona a argamassa aderir-se ao substrato onde foi aplicada, e aglomerante porque executa a ligação do agregado com o aglomerante utilizado na mistura, fazendo com que ocorra a solidificação.

Propriedades no estado fresco

De acordo com Souza (2013), certificar das propriedades das argamassas no estado fresco é muito importante, pois, quando bem avaliado temos bons resultados, tanto na aplicação quanto no acabamento. Além disso, após sua aplicação no substrato, a argamassa deve-se manter fixa e permitir o espalhamento.

Propriedades no estado endurecido

Sernaglia (2015), relata que no estado endurecido a principal propriedade da argamassa é ter aderência. Essa adesão deve suportar as tensões normais e tangenciais, mas, isso só acontece com o substrato bem limpo momentos antes de sua aplicação.

Ainda segundo Sernaglia (2015), a durabilidade também é um fator importante, pois, a argamassa deve resistir os ataques dos agentes agressivos do ambiente onde foi aplicada, mantendo suas características inalteradas com o passar dos anos.

ADERÊNCIA DAS ARGAMASSAS AO SUBSTRATO

De acordo com Andrade (2019), além do fator econômico para o país, é de suma importância a análise da qualidade com que as argamassas colantes estão sendo comercializadas. Pois, é necessário a empregabilidade de estudos voltados para o desempenho das argamassas para revestimentos, visto que, contém diversos aspectos a serem analisadas, dentre eles, a aderência ao substrato.

Araújo (1995), descreve que a avaliação da forma com que a argamassa aderiu ao substrato deve ser bem feita, pois, serve para diversas finalidades, como testes com diversos traços até diagnósticos de patologias.

A durabilidade e a viabilidade do revestimento cerâmico como solução na construção civil dependem da fixação das peças cerâmicas. No entanto, não se deve esquecer que as condições ambientais, a especificação da cerâmica, a mão-de-obra de aplicação, as solicitações variáveis de uso e a qualidade do rejuntamento influem também na vida útil do revestimento cerâmico (THURLER; FERREIRA, 1995).

Em conformidade com Santos (2008), existem diversos fatores que influenciam na aderência das argamassas com o substrato, dentre eles temos: vento, temperatura, método de execução e o material do substrato.

Ruduit (2009), conta que quando as argamassas são aplicadas em locais com muitos poros, tem-se grande perda de água e alta aderência, e quando são aplicadas em superfícies mais lisas, com poucos poros, tem uma pequena perda de água e a aderência é menor, em relação a situação anterior.

Maciel, Barros e Sabbatini (1998) descrevem aderência como a propriedade do revestimento de manter-se fixo ao substrato, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento. Esta propriedade que manterá os revestimentos cerâmicos aderidos no local a eles designados, permitindo com isso o ganho de durabilidade para o local assentado.

A resistência de aderência entre as diferentes camadas de um sistema de revestimento é umas das propriedades mais importantes do conjunto, quanto à

qualidade e durabilidade (THURLER; FERREIRA, 1995). Tendo em vista os mecanismos de ligação, pode-se concluir que quanto melhor for o contato entre a argamassa colante e o substrato, maior será a aderência obtida.

O mecanismo de aderência de uma argamassa pode ser dividido em duas etapas diferentes, mas que estão intrinsecamente e inseparavelmente relacionadas, sendo estas a adesão inicial e a aderência (MORENO JUNIOR e SELMO, 2007). A adesão inicial se dá no momento em que a argamassa é aplicada e a aderência propriamente dita é a que se desenvolve ao longo do processo de hidratação dos aglomerantes da argamassa (STOLZ, 2011).

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Em concordância com Costa (2013), são inúmeros fatores que geram manifestações patológicas em revestimento cerâmico, onde os principais podem ser: armazenamento mal executado, uso de equipamentos e materiais inadequados e mão de obra sem qualificação. Mas isso ocorre com mais frequência em obras que não tem fiscalização, e se tem, não está sendo realizada da forma correta.

Segundo Moura (2007), as principais causas das manifestações patológicas são o inadequado tratamento superficial do substrato, a qualidade dos tipos de materiais empregados, a forma de execução e as condições de cura impróprias, além da falta de detalhes construtivos. O que resulta em um número elevado de fissuras, falta de aderência, retração e manchas de umidade.

Segundo Silva (2003), o descolamento da placa cerâmica é, sem dúvida, a manifestação patológica mais importante que o revestimento cerâmico pode apresentar, preocupando muito mais pela segurança dos usuários, do que pelo aspecto estético comprometido.

Descolamentos são presenciados nas mais diversas situações de uso da combinação de argamassa colante e substratos, principalmente em situações onde estes materiais ficam sujeitos às intempéries, como no caso de aplicações externas, ou locais com umidades excessivas, como é o caso de piscinas e banheiros (BAUER, 2005).

Apesar do desenvolvimento da indústria de cerâmica e dos procedimentos de colagem das peças, os problemas relacionados com o deslocamento de revestimento são ainda hoje uma manifestação patológica grave e frequente,

registrada tanto nos primeiros anos de utilização, e também, após longos períodos (SÁ, 2005).

O estudo sobre as manifestações patológicas em placas cerâmicas, assim como procedimentos para evitá-las e tratá-las, ainda é um assunto pouco abordado por pesquisadores brasileiros, o que torna a discussão e o estudo do tema imprescindível.

METODOLOGIA

A análise proposta para este estudo segue as orientações da NBR 14081-4:2012. Consiste na mistura de argamassa colante, que são do tipo AC-I, AC-II e AC-III, comercializado em embalagens de 20 kg o AC-II e AC-III, enquanto o AC-I em embalagens de 15 kg, com um tipo de cimento, sendo eles, CP II-F 32 e CP V-ARI. Para cada pacote de argamassa colante foi adicionado 1 kg de cimento.

As amostras foram preparadas e identificadas de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Identificação das misturas.

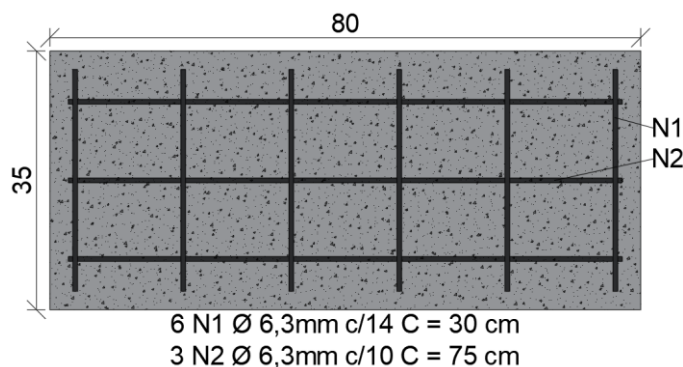
Argamassas colante	Tipo de cimento adicionado	Identificação
AC-I AC-II AC-III	Sem adição	AC-I
		AC-II
		AC-III
	CP II-F 32	AC-I + CP II-F 32
		AC-II + CP II-F 32
		AC-III + CP II-F 32
	CP V-ARI	AC-I + CP V-ARI
		AC-II + CP V-ARI
		AC-III + CP V-ARI

Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Analisando o Quadro 1, pode-se observar que foram obtidas 9 amostras para executar o experimento. Primeiramente foi necessário confeccionar 9 placas de concreto armado com traço 1:2:3:0,5 (cimento, areia, brita e água, respectivamente), com espessura de 4 cm e armadura de 6,3 mm de diâmetro, conforme mostra a

Figura 1 (unidades em cm), para serem usadas como base de aplicação para cada amostra.

Figura 1 - Modelo e detalhamento de confecção das placas de concreto armado.

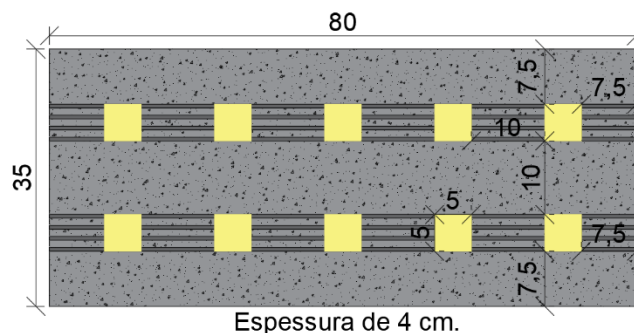


Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Após a produção das placas e decorrido o período de cura do concreto, utilizou-se pedaços de placas cerâmicas que foram cortadas em quadrados com 5 cm de lado, onde foi utilizado o total de 90 peças, visto que em cada placa são necessárias 10 unidades. Posteriormente, iniciou-se o preparo das argamassas colantes com seus respectivos acréscimos de aglomerantes, seguindo o modo de preparo que o fabricante indica em cada embalagem.

Cada mistura ensaiada foi aplicada em uma única placa de concreto armado, na qual as peças cerâmicas foram assentadas sobre 4 cordões da mistura, como mostra a Figuras 2 (unidades em cm).

Figura 2 - Modelo e detalhamento do assentamento das placas cerâmicas nas placas de concreto armado.



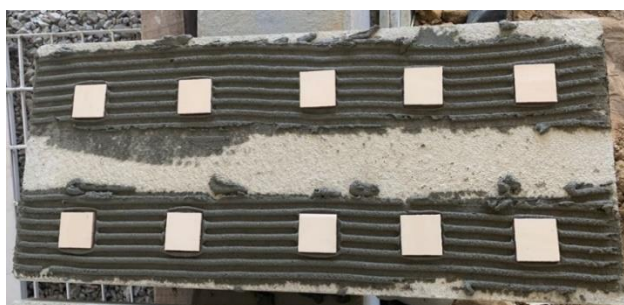
Fonte: Arquivo Próprio (2021).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ASSENTAMENTO DAS PLACAS CERÂMICAS NAS PLACAS DE CONCRETO

A Figura 3 apresenta as placas de cerâmicas fixadas na placa de concreto armado. Esse procedimento foi realizado para todas as misturas.

Figura 3 - Assentamento das placas cerâmicas nas placas de concreto armado.



Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Após os 28 dias de cura das argamassas colantes, conforme orienta a NBR 14081:2012, foi possível mensurar a capacidade de aderência ao substrato medindo o valor da tração em kg (quilograma) necessário para destacar a placa cerâmica do local em que foi aplicada. Para isso, utilizou-se um dinamômetro de tração, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Dinamômetro de tração.



Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Antes de utilizar o dinamômetro de tração, procedeu-se com a limpeza e colagem das peças que serão acopladas na haste de tração do equipamento após

24 horas de secagem, nas placas cerâmicas com resina epóxi (Figura 5). Esse processo de limpeza e colagem foi realizado em todas as amostras.

Figura 5 - Limpeza das placas cerâmicas e colagem das peças de alumínio.



Fonte: Arquivo Próprio (2021).

ENSAIO DE TRAÇÃO

Após decorrido o período de secagem da resina epóxi, foi preparado o equipamento para iniciar o ensaio (Figura 6).

Figura 6 - Dinamômetro de tração acoplado na peça de alumínio.

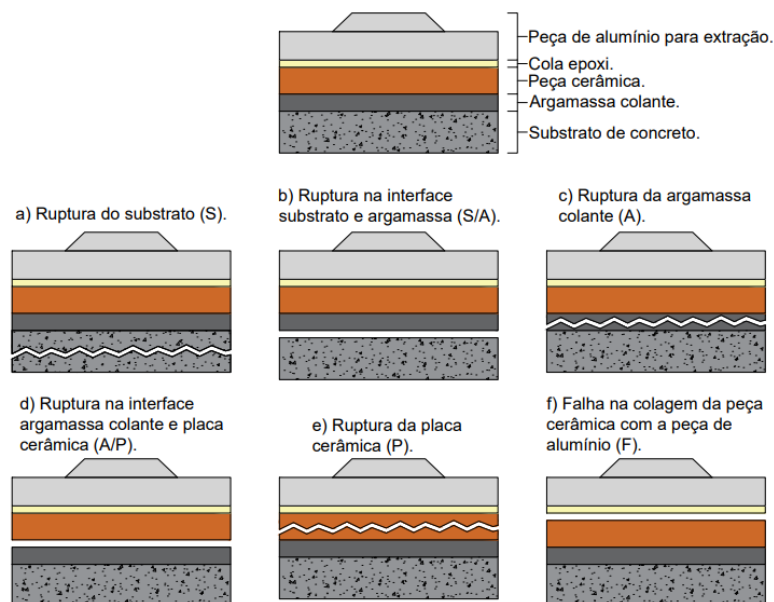


Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Com o dinamômetro de tração pronto para uso, foi aplicado uma carga de tração constante em todas as placas cerâmicas, sendo 1 volta no volante a cada 3 segundos.

Após o arrancamento das placas cerâmicas, analisamos a forma que a ruptura aconteceu, que pode ocorrer de diversas formas, como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Tipos de rupturas.



Fonte: Adaptado de Carvalho (2017).

Após aplicada a carga de tração em todas as placas cerâmicas, quantificamos os valores médios dos arrancamentos em kg e em MPa (Mega Pascal), Quadros 2 e 3, respectivamente, além disso, a forma como ocorreu a ruptura em cada placa, como mostra o Quadro 4.

Quadro 2 - Média dos valores de tração obtidos no ensaio em kg.

Média dos valores de tração obtidos no ensaio em kg			
	Sem adição	CP II-F 32	CP V-ARI
AC-I	196,80	160,70	138,20
AC-II	170,70	220,30	196,50
AC-III	279,44	235,40	245,81

Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Para obter o valor da tração em MPa necessário para destacar as placas cerâmicas das placas de concreto, foi preciso fazer o seguinte cálculo:

$\sigma = \frac{F}{A}$, onde σ é o valor da tração em Pa, F é a força necessária para arrancar a placa cerâmica em Newton (N) e A é a área da placa cerâmica.

Exemplo: para destacar uma placa cerâmica medindo 0,05 x 0,05 (medidas em metro), foi necessária uma força de 180 kg. Qual é o valor de tração nesse arrancamento em MPa?

$F = m \cdot g$, onde m é a massa e g é a aceleração gravitacional.

$$F = (180 \text{ kg}) \cdot (9,8 \text{ m/s}^2) = 1764 \text{ N}$$

$$A = (0,05 \text{ m}) \cdot (0,05 \text{ m}) = 0,0025 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1764}{0,0025} = 705600 \text{ Pa} = 0,7056 \text{ MPa} \text{ (M significa Mega, que vale } 10^6 \text{)}$$

Esse processo foi realizado para todas as placas cerâmicas.

Quadro 3 - Média dos valores de tração obtidos no ensaio em MPa.

Média dos valores de tração obtidos no ensaio em MPa			
	Sem adição	CP II-F 32	CP V-ARI
AC-I	0,772	0,631	0,542
AC-II	0,670	0,864	0,771
AC-III	1,097	0,924	0,965

Fonte: Arquivo Próprio (2021).

A NBR 14081:2012, indica como valor mínimo de resistência a tração 0,3 MPa. De acordo com o Quadro 3, a menor resistência a tração obtida dentre todos os ensaios foi de 0,542 MPa, com isso, mesmo com a redução da resistência ainda poderíamos utilizar as argamassas colantes com essas condições, pois, a resistência a tração permanece acima do mínimo exigido por norma.

Figura 8 – Rompimento entre substrato e argamassa colante.



Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Figura 9 – Placa de concreto armado após todos os arrancamentos.



Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Quadro 4 – Quantidade dos tipos de rupturas que ocorreram no ensaio.

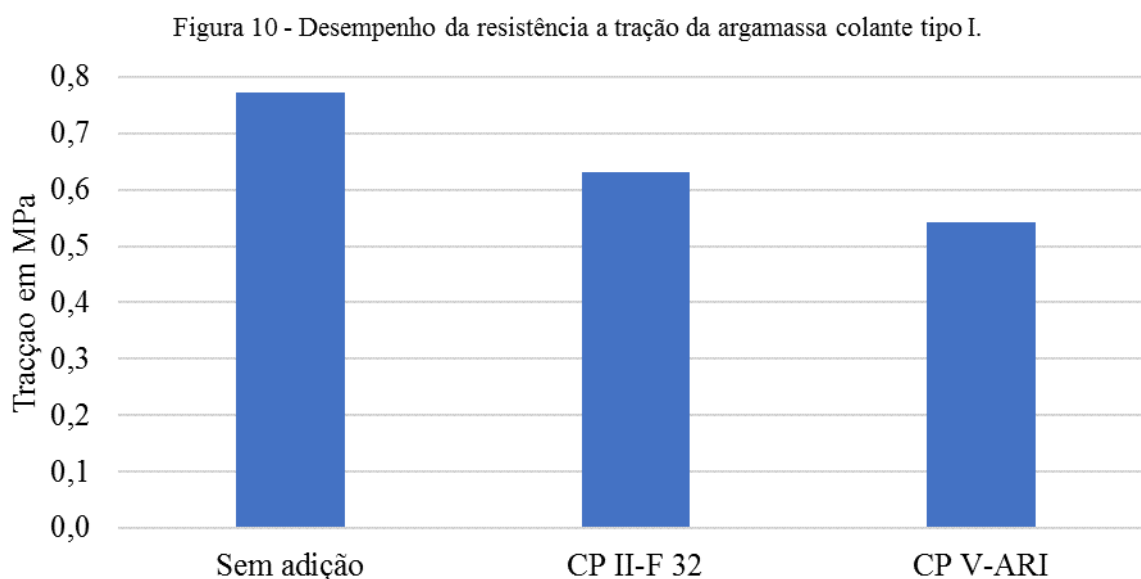
Quantidade dos tipos de rupturas que ocorreram em cada placa de concreto		
	Ruptura na interface substrato e argamassa	Ruptura da argamassa colante
AC-I	9	1
AC-I + CP II-F 32	6	4

AC-I + CP V-ARI	10	
AC-II	10	
AC-II + CP II-F 32	9	1
AC-II + CP V-ARI	10	
AC-III	10	
AC-III + CP II-F 32	10	
AC-III + CP V-ARI	10	

Fonte: Arquivo Próprio (2021).

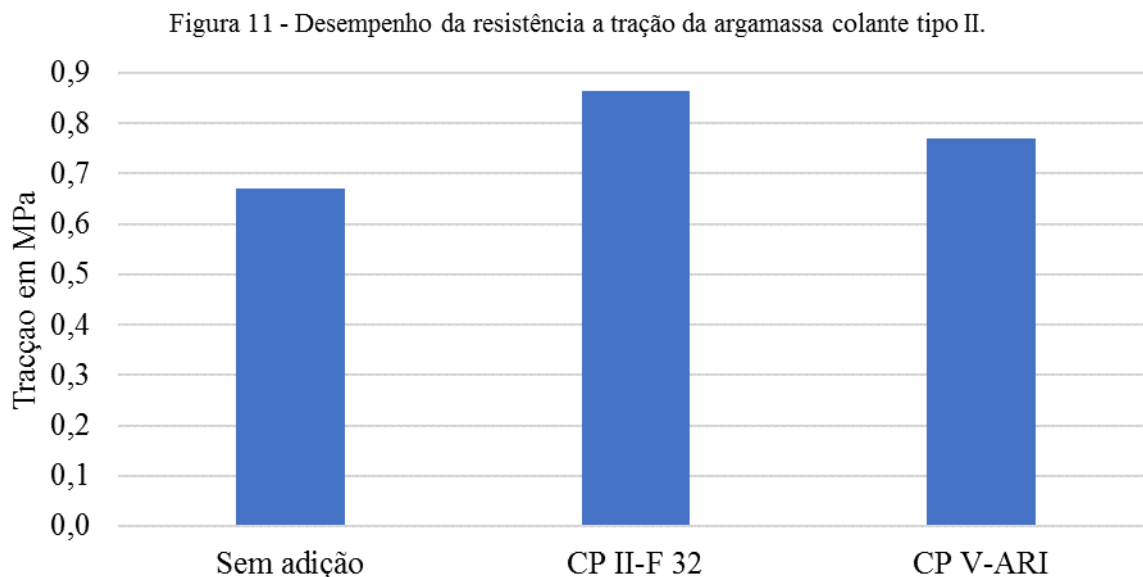
De acordo com o Quadro 4, 93,3% das rupturas foram entre a interface do substrato com a argamassa colante, confirmando os resultados apresentados no Quadro 3, em que a de resistência a tração das amostras ensaiadas evidenciaram capacidade de aderência superior ao mínimo prescrito em norma. Pois, caso o percentual de ruptura entre a interface do substrato com a argamassa colante ficasse muito baixo, teríamos resultados conflitantes ao comparar com os resultados do Quadro 3.

Através do Quadro 3, foram elaborados 3 gráficos, como mostra as Figuras 10, 11 e 12, que proporciona maior clareza quanto ao resultado final de aderência em cada situação.



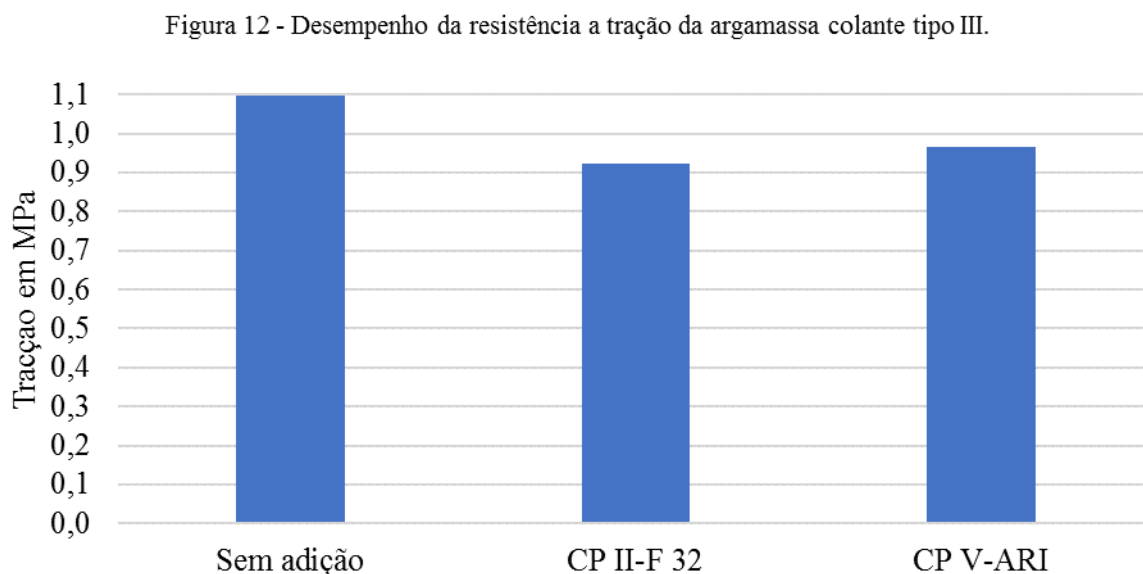
Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Analisando a Figura 10, pode-se perceber que a adição de cimento na argamassa colante tipo I provocou uma redução na resistência de aproximadamente 18,26% quando se adicionou o cimento do tipo CP II-F-32, e cerca de 29,79% quando se adicionou CP V-ARI.



Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Observando a Figura 11, pode-se perceber que a adição de cimento na argamassa colante tipo II provocou um aumento na resistência de aproximadamente 28,96% quando se adicionou o cimento do tipo CP II-F-32, e cerca de 15,07% quando se adicionou CP V-ARI.



Fonte: Arquivo Próprio (2021).

Examinando a Figura 12, pode-se perceber que a adição de cimento na argamassa colante tipo III provocou uma redução na resistência de aproximadamente 15,77% quando se adicionou o cimento do tipo CP II-F-32, e cerca de 12,03% quando se adicionou CP V-ARI.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ter conhecimento das argamassas colantes que serão utilizadas é de suma importância, pois, com o conhecimento adequado podemos aplicá-las da melhor forma sem prejuízos financeiros, estéticos e de segurança.

Portanto, através dos ensaios realizados podemos observar que obtivemos comportamentos diferentes entre os tipos de argamassas colantes quando acrescidas de cimento. Para a argamassa colante do tipo I, não é interessante adicionar cimento em sua composição, pois, o valor médio de tração obtido na mistura sem adição de cimento apresentou um valor mais alto que os outros que tiveram a adição de cimento. Percebe-se também que quanto maior for a resistência do cimento, maior é a redução de sua resistência final à tração.

Para a argamassa colante do tipo II, obtive-se uma alternância no valor das resistências à tração, porque ao ensaiar com a mistura sem adição de cimento tivemos uma média de 170,70 kg necessário para destacar a placa cerâmica, enquanto que para destacar com as misturas com adição dos cimentos do tipo CP-II F 32 e CPV-ARI, os resultados foram, respectivamente, os valores de 220,30 kg e 196,50 kg. Com isso, observa-se que para aumentar a resistência à tração da argamassa do tipo II, só teremos benefícios se adicionar o CP-II F 32.

No caso da argamassa colante do tipo III, o cenário foi semelhante ao da argamassa colante do tipo I, pois, também se obteve redução da resistência a tração ao adicionar os tipos de cimentos em sua composição.

A forma como as peças romperam foi bem definida, já que, cerca de 93,3% foram rompimentos entre a interface do substrato e a argamassa colante, e os 6,7% restantes, foram de rompimentos na argamassa colante. Com isso, percebemos que as argamassas colantes cumpriram seu papel, pois, além do baixo percentual de rompimento na argamassa colante, nenhuma delas ficou com resistência à tração final menor do que a norma NBR 14081:2012 indica, que é de 0,3 MPa, pelo

contrário, a menor resistência final obtida dentre todos os ensaios foi de 0,542 MPa, dispondo cerca de 80,66% a mais do que a norma prescreve.

Importante salientar que as adições não são apontadas nas normas. O estudo foi motivado em observações que ocorrem em obras onde não há acompanhamento técnico, com maior ocorrência no interior do estado, geralmente justificadas com o objetivo de obter maior resistência a tração com menor custo.

Este estudo deve ser considerado de fase inicial, sendo necessário que outros experimentos sejam realizados de forma a se avaliar de maneira mais abrangente a temática. O estudo realizou-se com a aplicação de argamassa colante num substrato de concreto, realizar a aplicação das peças cerâmicas sobre os revestimentos (chapisco e emboço) para observar o comportamento com essa condição poderá contribuir para o comparativo dos resultados.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13818**: Placas cerâmicas para revestimento – Especificações e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14081-4**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ANDRADE, P. C. **Avaliação do desempenho de argamassas colantes em parede de concreto não lavada de acordo com a NBR 13754:1996 e a NBR 14081-3:2012**. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

ARAÚJO, A. B. C. **Contribuição ao estudo das propriedades de argamassas com saibro da região de Maceió (AL) para revestimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

ASPACER. Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento. Revestido de brasilidade. **G1SP**, São Paulo, 17 out. 2016. Especial publicitário. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/especial-publicitario/aspacer/ceramica-de-revestimento/noticia/2016/10/revestido-de-brasilidade.html>. Acesso em: 15 ago. 2021.

BAUER, E. **Revestimentos de argamassa - características e peculiaridades**. 1. ed. BRASÍLIA: LEM-UnB - SINDUSCON/DF. 2005.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Entrevista: **Deslocamento cerâmico - Construção civil defende rápida resolução**. Agência CBIC, 2019. Disponível em: <https://cbic.org.br/entrevista-deslocamento-ceramico-construcao-civildefende-rapida-resolucao/>. Acesso em: 30 junho 2021.

CARVALHO, H. A. **Análise da aderência de diferentes argamassas colantes sobre a membrana de poliuréia**. Trabalho de conclusão Curso (Engenharia Civil). Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2017.

COSTA, P. A. **Patologias do processo executivo de revestimentos de fachada de edifícios**. 81f. Monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

GONÇALVES JÚNIOR, M. A.; BARROS, M. M. S. B. **Estudo da influência de polímeros em argamassa colante**. Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo – Resumos do 14º Simpósio de Iniciação Científica e Tecnológica, BT/34. São Paulo, 2012. 5 p.

JUNIOR, J. M. D. A. **Contribuição ao estudo das propriedades físico-mecânicas das argamassas de revestimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

MACIEL, Luciana Leone. BARROS, Mércia M. S. Bottura. SABBATINI, Fernando Henrique. **Recomendações para Execução de Revestimentos de Argamassa para paredes de vedação internas e externa e tetos**. São Paulo, 1998.

MATOS, P. R. **Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto**. 74f. Monografia – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MEDEIROS, J. S; SABBATINI. F. H. Tecnologia de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, BT/PCC/246, 28 p. 1999.

MORENO JUNIOR, R; SELMO, S. M. de S. **Aderência de argamassas de reparo de estruturas de concreto**. Boletim técnico da escola politécnica da Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 2007.

MOURA, C. B. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: influência das condições de temperatura e ventilação a cura do chapisco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

RUDUIT, F. R. **Contribuição ao estudo da aderência de revestimentos de argamassa e chapisco em substrato de concreto**. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SÁ, A. M. V. D. O. **Durabilidade de Cimentos Cola em Revestimentos Cerâmicos Aderentes a Fachadas**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto – Portugal. 2005.

SANTOS, H. B. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. 50 f. Dissertação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SERNAGLIA, R. G. **Discussão sobre a necessidade de chapisco para aplicação de revestimento interno de argamassa sobre alvenaria de bloco de concreto e cerâmico**. 57f. Monografia (Pós-graduação em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SILVA, C. O. **Análise crítica dos requisitos e critérios de qualidade da argamassa colante**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

SILVA, F. G. S. **Proposta de metodologias experimentais auxiliares à especificação e controle das propriedades físico-mecânicas dos revestimentos em argamassa**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SOUZA, C. H. B. D. **Desenvolvimento de argamassas de revestimento com adição do resíduo do polimento de porcelanato**. 65f. Monografia – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2013.

STOLZ, C. M. **Influência da interação entre parâmetros reológicos de argamassas e a área potencial de contato de substratos na aderência de argamassas de revestimento**. Dissertação de mestrado. Universidade federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre, 2001.

THURLER, C. L; FERREIRA, V. A. **A evolução da resistência de aderência de algumas argamassas colantes nacionais**. I simpósio de tecnologia de argamassas. Goiânia. 1995.

**ANÁLISE DO PLANEJAMENTO EM CANTEIRO DE OBRAS: ESTUDO DE CASO
EM OBRAS VERTICAIS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA - PB**Valeska Palloma Martins Jales Nunes¹Isabelly Camila Diniz de Oliveira Farias²Keny Rodrigues Batista³**RESUMO**

A construção civil é um mercado em constante crescimento e que traz em seu cerne uma alta competitividade entre as empresas construtoras. Fazendo surgir, assim, a necessidade de criação e utilização de novas ferramentas para se alcançar um maior destaque no mercado. A elaboração do canteiro de obras possui um papel primordial para as construções, trazendo eficiência nas operações, como redução de custos, aumento da qualidade e cumprimento de prazos em menor tempo possível. Portanto, um planejamento de *layout* apropriado e uma correta organização do canteiro trará benefícios em todos os processos construtivos. Este trabalho tem como finalidade analisar como o planejamento do *layout* de canteiro de obras contribui para a produtividade das construções, identificando possíveis fatores que afetam o funcionamento do *layout* utilizado, propondo-se melhorias através de um novo *layout*. Foram realizadas visitas à três canteiros de obras em diferentes fases de execução na cidade de João Pessoa – PB. Através da observação e análise do *layout* dos canteiros chegou-se à conclusão de que as empresas construtoras estudadas não se preocuparam com o planejamento, a logística e a organização dos respectivos canteiros, o que se torna um fator preocupante quando se deseja obter uma melhor qualidade nos processos construtivos, diminuição de desperdícios, aumento de lucros e um destaque em meio a concorrência. Como resultado disto foi possível elaborar um novo *layout* atendendo à todas as necessidades e normativas para os canteiros.

Palavras-chaves: Construção Civil; Planejamento; Canteiro de obras; *Layout*.

ABSTRACT

Civil construction is a market in constant growth and at its heart is highly competitive among construction companies. Thus, giving rise to the need to create and use new tools to achieve greater prominence in the market. The construction of the construction site plays a key role in the constructions, bringing efficiency to operations, such as reducing costs, increasing quality and meeting deadlines in the shortest possible time. Therefore, proper layout planning and correct organization of the jobsite will bring benefits in all construction processes. This work aims to analyze

¹ Graduanda do Curso de Engenharia Civil. E-mail: 20201075011@iesp.edu.br

² Professora Orientadora, graduada em Matemática pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado em Matemática pela Universidade Federal da Paraíba, Docente do Curso Superior em Engenharia Civil das disciplinas de Cálculo Numérico, Cálculo Diferencial e Integral I e II. E-mail: isabelly.farias@iesp.edu.br.

³ Professora coorientadora, graduada em Tecnologia de Construção de Edifícios pelo Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, especialização em Engenharia de Instalações Prediais pela Faculdade de Ensino Superior da Paraíba, Docente do Curso Superior em Engenharia Civil da disciplina de Administração e Planejamento de Obras. E-mail: kenya.batista@iesp.edu.br.

how the planning of the construction site layout contributes to the productivity of constructions, identifying possible factors that affect the operation of the layout used, proposing improvements through a new layout. Visits were made to three construction sites at different stages of execution in the city of João Pessoa – PB. Through observation and analysis of the layout of the construction sites, it was concluded that the construction companies studied were not concerned with the planning, logistics and organization of the respective construction sites, which becomes a worrying factor when one wants to obtain better quality in construction processes, waste reduction, increased profits and a standout among the competition. As a result of this, it was possible to develop a new layout meeting all the needs and regulations for the construction sites.

Keywords: Civil Construction; Planning; Construction site; Layout.

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é umas das atividades que mais promovem o desenvolvimento econômico do Brasil. Com a alta competitividade entre as empresas construtoras, é indispensável a criação de novas ferramentas e métodos que proporcione cada vez mais crescimento e produtividade para se alcançar um maior destaque.

Uma das atividades iniciais desenvolvidas na construção civil, quando se refere à execução de obra, seja a mesma residencial, comercial ou industrial, é exatamente a implantação do canteiro de obras, necessário para dar suporte à execução da obra, sendo fundamental um planejamento que facilite a determinação prévia dos locais onde serão armazenados todos os equipamentos e materiais necessários para serem utilizados ou consumidos nos respectivos processos produtivos, bem como a preocupação do acesso a esses equipamentos e materiais e sua locomoção durante os processos construtivos (ARAÚJO, 2015).

Como uma das principais ferramentas de planejamento e organização logística, o projeto do canteiro de obras influencia diversos pontos, como o tempo de locomoção dos trabalhadores e o custo de manuseio de materiais e equipamentos, portanto, interfere nos processos construtivos e na produtividade geral dos serviços e da obra. Ainda que as empresas tenham ciência desses problemas, existe pouca preocupação com a elaboração do projeto (FRANCO, 1992).

Melo (2010) afirma em suas pesquisas que o planejamento do canteiro de obras tem sido negligenciado. As decisões a serem tomadas em relação ao

planejamento dos canteiros, ocorrem à medida que os problemas surgem durante a execução, que resulta na não conformidade em relação ao cumprimento de requisitos de segurança e organização, mesmo reconhecendo as vantagens operacionais e econômicas de um planejamento eficaz.

De acordo com Costa (2016) a construção civil é um setor pouco industrializado com alto desperdício de materiais e alta ineficiência. Ao preparar o *layout* dos canteiros de obras, se pode observar que seus conceitos são muito carentes de normas e fundamentos teóricos, o que traz muitos problemas e dificuldades, e eventualmente interfere no processo produtivo. Muitos defeitos encontrados no canteiro de obras têm origem em fases anteriores do empreendimento, como a inadequação do projeto ao processo construtivo.

O canteiro de obras é parte essencial para a realização de um empreendimento, por isso é necessário um estudo minucioso da organização e do planejamento do *layout* adequado para que todas as fases da obra e seus processos construtivos sejam atendidas de forma lógica e eficaz. Portanto, a correta organização do canteiro de obras, incluindo as informações disponíveis, a logística, o cumprimento das normas regulamentadoras e um *layout* eficaz da obra, terão um impacto positivo em todos os processos (COSTA *et al.*, 2018).

Mediante ao exposto o presente trabalho tem como objetivo analisar como o planejamento e a logística do *layout* de canteiro de obras contribui para a produtividade da construção, identificando possíveis fatores que afetam o funcionamento do *layout* utilizado e propondo soluções de melhorias para os problemas encontrados, através de estudo de casos realizados em obras verticais na cidade de João Pessoa, PB.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

CANTEIRO DE OBRAS

O canteiro de obras é a área destinada aos serviços de apoio indispensáveis para se realizar uma construção, com o objetivo de facilitar e melhorar o trabalho. De acordo com Salgado (2014),

O canteiro de obras, por mais simples que seja, é o local da obra onde serão executados todos os trabalhos intermediários e preparativos para a obra, além de ser o local destinado aos depósitos de materiais e muitas das vezes onde serão construídas as instalações operacionais (escritórios,

almoxarifados etc.) e as instalações de convivência (refeitórios, área de lazer) (SALGADO, 2014, p.13).

De acordo com Illingworth (1993, *apud* Alves, 2012), pode-se classificar o canteiro de obras em três diferentes tipos:

- **Restritos:** A construção ocupa por completo o terreno ou uma grande porcentagem dele. Suas entradas não proporcionam uma boa mobilidade. É muito comum este tipo de canteiro de obras em áreas de centros urbanos, expansões ou reformas, e há poucas condições de disposição de materiais próximos aos terrenos e áreas de trabalho.
- **Ampos:** A construção ocupa uma parcela menor do terreno disponível. As viabilidades para a elaboração do canteiro são superiores do que do tipo restrito. Geralmente, este tipo de canteiro aparece em empreendimentos de médio e grande, localizados em áreas distantes de área urbana, como fábricas, indústrias, barragens etc.
- **Longos e estreitos:** Serão restritos em apenas uma das dimensões e podem ser acessados em alguns pontos do canteiro de obras. Exemplos de tais locais de construção incluem canteiro de obras de saneamento, obras de ferrovias, rodovias etc.

A partir da determinação do tipo de canteiro de obra, será possível então analisar qual o *layout* adequado a ser utilizado.

NOÇÕES BÁSICAS SOBRE *LAYOUT*

A utilização dos espaços de trabalho iniciou-se de forma intuitiva, mas com o desenvolvimento de novos sistemas produtivos a partir da segunda metade do século XX, e com novas exigências de respostas rápidas do mercado globalizado nas últimas décadas, maior atenção passou a ser dada a distribuição e o arranjo destas áreas e o *layout* assumiu um papel de fundamental importância no processo produtivo (NEUMANN; SCALICE, 2015).

Frankenfeld (1990) afirma que o *layout* é a disposição física de homens, equipamentos, áreas de trabalho e de estocagem e, em um modo geral, a disposição racional dos diversos serviços de uma empresa.

O estudo do *layout* se faz necessário, pois visa obter o melhor uso dos espaços disponíveis para organizar a equipe, matérias, e equipamentos, criando condições favoráveis para um processo eficiente que diminua o tempo de deslocamento e distâncias.

Na concepção de Valadares (2004) o estudo detalhado do *layout* apresenta vantagens, que visam um ambiente de trabalho apropriado e resultam em:

- Menores riscos para a saúde e segurança do funcionário.
- Maior satisfação e ânimo por parte do funcionário (melhor compreensão do papel que desempenha).
- Melhor aparência na área de trabalho.
- Maior produção em menor tempo.
- Redução dos manuseios e espaços percorridos.
- Economia de espaço e tempos menores e produção.
- Supervisão facilitada com menores danos ao material e suas qualidades.
- Ajustamento a mudanças com maior facilidade

Em todas as diferentes aplicações do conceito de *layout* existe um número considerável de diferentes restrições a ter em conta para determinar a melhor solução a adaptar. No entanto, o conceito de *layout* converge em todas essas aplicações no que respeita ao seu objetivo final, ou seja, criar a melhor disposição dos constituintes, humanos e materiais, para que o processo específico se desenvolva ao mais baixo custo, obtendo a maior segurança, eficiência e rentabilidade (CALAIS, 2012).

Muther (1978) descreve os três tipos mais usuais de *layout* como:

- **Layout por produto ou linear:** este tipo é normalmente utilizado quando tem de ser concebido um único produto ou produtos semelhantes, onde são produzidos em grande quantidade, tendo processos simples durante o seu feito, máquinas são dispostas ao longo da sequência de produção. Podem ser exemplos este tipo as linhas de montagem de automóvel.

- **Layout por processo ou funcional:** neste tipo é empregado quando se tem uma grande variedade nos serviços e uma sequência de operações bem alteradas, tendo ainda o uso de equipamentos de difícil locomoção, onde são exigidos fornecimentos e construções exclusivas. Fabricação de roupas é um bom exemplo deste tipo.
- **Layout posicional ou fixo:** este modelo emprega-se quando a construção do produto permanece estática e os insumos e mão de obra vem até o mesmo, neste tipo há uma movimentação maior dos operários dentro do espaço organizacional. A construção civil é um exemplo deste modelo.

Um fator chave para se determinar o *layout* de um empreendimento de construção é a precedência tecnológica, pois os materiais são armazenados conforme a sua data de chegada na obra, sendo este um fator especialmente importante quando o espaço é limitado. Assim, ao estabelecer a duração das atividades, a programação define uma base para o *layout* das instalações da construção (SCHROEDER, 1993). Uma forma de organização das atividades é a utilização do cronograma que é uma ferramenta usada para planejar, controlar e gerenciar projetos. Esta função orienta o tempo ideal estimado para realização de cada tarefa, evita atrasos e facilita a execução das atividades com a consistência necessária.

PLANEJAMENTO DE CANTEIRO DE OBRAS E LAYOUT

O canteiro de obras é um local que transforma todo o projeto em realidade, e eventualmente será afetado por todas as atividades relacionadas ao empreendimento. Por isso, seu processo deve ser interativo, durante o qual cada modificação do projeto da obra em fase de construção acabará por gerar uma solução melhor para ela devido ao fato de sempre estarem em constante estudo. No entanto, apesar do reconhecimento dessa complexidade em cada modificação, é necessária a adoção de um roteiro de planejamento do canteiro de acordo com o cronograma da obra que visa simplificar e organizar as decisões sobre os canteiros de obras.

Frankenfeld (1990, p.13) em seu estudo sobre produtividade definiu o planejamento de canteiro de obras como:

O planejamento do *layout* e da logística das suas instalações provisórias, instalações de segurança e sistema de movimentação e armazenamento de materiais. O planejamento do *layout* envolve a definição do arranjo físico de trabalhadores, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e de estocagem.

O planejamento do canteiro de obras é uma ferramenta importante para o gerenciamento da obra, pois afeta o tempo que um trabalhador leva para se deslocar e os materiais e, conseqüentemente, a realização das atividades e a produtividade total da obra. Neste contexto o canteiro de obras tem por objetivo propiciar a infraestrutura necessária para a execução do projeto de edificação, por meio dos recursos disponíveis. O canteiro é a base que pode tornar a execução mais eficiente e eficaz, em função do projeto e da forma de gerenciar, além da sua organização e do seu arranjo físico, que sofrem mudanças constantes (SILVA, 2007 *apud* SILVA, 2009).

Quando se trata do canteiro de obras também devemos pensar na ergonomia e segurança dos trabalhadores, um fator importante pois trata-se de um cuidado que deve ser indispensável para se evitar as doenças ocupacionais, visando a aprimoração da produtividade de cada trabalhador no canteiro de obras e melhorando assim, a sua qualidade de vida.

Tommelein (1992 *apud* Saurin e Formoso, 2006) dividiu os diversos objetivos que um planejamento adequado de canteiro deve obter em duas categorias principais:

- **Alto nível:** Proporcionar ao canteiro operações eficientes e seguras, mantendo a alta motivação dos trabalhadores. Com relação à motivação dos trabalhadores é necessário ressaltar a importância de oferecer condições adequadas para o local de trabalho, no que se refere a segurança e ergonomia.
- **Baixo nível:** O principal foco é a redução de distâncias de transporte, tempos de movimentação de materiais e pessoas, redução de manuseamento de materiais evitando a obstrução ao deslocamento de equipamentos e materiais.

Antes da inicialização de um adequado planejamento de canteiro de obras é necessário se fazer alguns questionamentos, Valadares (2004) através de pesquisas propôs os seguintes:

- a) O que será produzido?
- b) Quanto de cada item deverá ser produzido?
- c) Como serão produzidos os itens?
- d) Quais os serviços de apoio à produção que serão necessários?
- e) Quando e onde os itens serão produzidos?

Após respondido os questionamentos é necessário saber o tipo de execução da obra, em seguida, definir as operações e centros de vivência e produção de maneira adequada e interligada ao método de produção.

Para Souza e Franco (1997) o canteiro sofre mudanças durante todo o processo construtivo, diferenciando equipamentos, materiais, mão de obra e serviços que deve comportar. Por isso, é interessante observar as etapas principais para se fazer as subdivisões. Com isso Pinheiro (2012) enfatiza que é necessário que o planejamento do canteiro obedeça às três etapas da obra que são:

- **Fase inicial:** fase da movimentação de terra, execução das fundações e do subsolo;
- **Fase intermediária:** fase que possui uma longa demanda de produção: instalações, estrutura, alvenaria e cobertura;
- **Fase final:** fase de acabamentos, revestimentos e finalização da obra.

É de grande importância que o estudo do planejamento seja feito com antecedência ao início das operações voltadas a execução dos serviços no canteiro, prevendo possíveis problemas e analisando soluções para que todo o processo seja otimizado (VALADARES, 2004).

Assim, antes de se iniciar a construção do canteiro, é necessário a realização do projeto de canteiro de obras que considere todos os aspectos legais e requisitos específicos de cada obra e região, a fim de considerar e atender todas as

necessidades da obra. Portanto, diferentes procedimentos são adotados dependendo do porte e as características organizacionais da empresa construtora (BRAGA, 2016).

De acordo com Elias *et al* (1998) os princípios essenciais para se elaborar um projeto de canteiro e *layout* são:

- **Economia do movimento:** Diminuir os deslocamentos dos operários no transporte de materiais, equipamentos e máquinas;
- **Fluxo progressivo:** Direcionar a movimentação de produção sempre no sentido do produto acabado;
- **Flexibilidade:** Proporcionar ao conjunto produtivo opções e facilidades de mudanças posteriores a implantação do projeto de *layout*;
- **Integração:** Integrar as células produtivas no sentido do inter-relacionamento, tornando-se parte do mesmo organismo;
- **Uso do espaço cúbico:** Conhecer as necessidades de espaço nos vários planos e usar, caso necessário, superposições de planos de trabalho;
- **Satisfação e segurança:** Motivar os operários e melhorar as condições de higiene, ergonomia e segurança do trabalho.

Valadares (2004) estudando metodologias para processos de canteiros de obras, estabeleceu algumas etapas para o projeto de canteiro, podendo ser:

1. Instalações fixas: locais para centrais de preparação ou de transformação de materiais.
2. Instalações móveis: veículos, guindastes e outros equipamentos móveis.
3. Reconhecimento de infraestrutura: vias de acesso de circulação etc.
4. Logística: área de vivência, escritório, depósitos etc.
5. Utilidades: abastecimento de água, energia elétrica etc.
6. Determinar o projeto com detalhes para a execução.
7. Determinar as equipes de construção e estruturação de jornada.
8. Estabelecer o gerenciamento e controle de obras.

De acordo com Silva (2009) para cada tipo de execução utilizada se existe uma técnica, conseqüentemente o processo específico executado afeta diretamente

o canteiro a ser planejado. O valor financeiro de cada alternativa deve ser minuciosamente examinado e selecionado.

Para a elaboração do projeto de canteiro e *layout* é necessário conhecer os elementos que fazem parte de um canteiro de obras. Alguns elementos podem não ser necessários, conforme o tipo de obra, outros podem ser adicionados em circunstâncias específicas, Alves (2012) afirma que estes elementos são classificados de acordo com seu uso, que são eles:

- a) **Áreas operacionais:** são locais em que se desenvolvem as atividades de produção. Temos como exemplo a central de armação, central de formas, central de argamassas, central de pré-moldados etc.
- b) **Áreas de apoio a produção:** são áreas de suporte a produção, fornecem materiais necessários e suprimento para cada etapa da obra. Como exemplos se pode citar o almoxarifado, estoque de areia, estoque de brita, estoque de cimento e outros locais que disponibiliza armazenamento de materiais.
- c) **Área de apoio técnico/administrativo:** são locais onde acontece a gestão e controle da obra de forma geral. Como exemplo se tem o escritório do engenheiro, técnico e mestre de obras, escritório administrativo, guarita etc.

Um grupo de elementos bastante importante no canteiro de obras é a área de vivência, onde é definida pela NBR 12284 como “aquelas destinadas a suprir as necessidades básicas humanas de alimentação, higiene pessoal, descanso, lazer, convivência e ambulatoriais, devendo ficar fisicamente separadas das áreas operacionais” (ABNT, 1991). Ainda afirma que as áreas de vivência possuem critérios mínimos para a permanência de trabalhadores dentro do canteiro, devendo conter:

- **Alojamento:** Local destinado para moradia de trabalhadores que dormem na obra.
- **Vestiário:** Local para a troca de roupa e guarda de pertences dos trabalhadores não alojados.

- **Instalações sanitárias:** Locais destinados ao asseio corporal e/ou atendimento das necessidades fisiológicas, ficando proibida sua utilização para outros fins.
- **Cozinha:** Local destinado a preparo de alimentos, só sendo obrigatório quando há a necessidade de se preparar refeições na obra.
- **Refeitório:** local destinado para a refeição, não depende da quantidade de trabalhadores na obra.
- **Lavanderia:** Local próprio destinado a lavar, secar e passar roupas de uso pessoal. Sua instalação é obrigatória quando possuir trabalhadores alojados.
- **Ambulatório:** Local destinado para atendimento de emergências e consultas, quando se houver 50 trabalhadores ou mais na obra.
- **Área de lazer:** Local destinado para recreação, equipamentos para jogos de salão, sala de leitura, etc.

De acordo com Costa (2016) o *layout* do canteiro de obras é a base do arranjo físico de cada fase da edificação, que vai do início ao fim da obra. Isso torna essencial para a realização de projetos completos e eficientes, uma vez que apoiará a construção para atingir operações ideais, o que influencia diretamente o produto final.

Existem várias ferramentas para a elaboração de projeto de canteiro descrita pelas literaturas. Ferreira e Franco (1998), propõe a utilização do sistema SLP (*Systematic Layout Planning*) que foi criada e desenvolvida por MUTHER (1978), esse sistema pode ser definido como um diagrama de fluxo de processos que se correlaciona com espaços disponíveis e requisitos de proximidade ou afastamento de serviços e seções.

Inicialmente esse sistema foi criado para a indústria da manufatura, mas ao longo do tempo seus princípios passaram a ser aplicados nos projetos de canteiro de obras, contribuindo no planejamento e desenvolvimento do arranjo físico dos canteiros. Muther (1978) explica que esse sistema possui quatro etapas: Localização, Arranjo físico geral, Arranjo físico detalhado e Implantação.

Como cada projeto contém um evento novo e único, não existe uma solução rápida e fácil para preparar o *layout* do canteiro de obras, mas por meio de pesquisas e análises de experiências anteriores, os estudiosos propuseram critérios

básicos de canteiros de obras padrão. A adequação das condições e características do terreno e da obra continua a ser fatores decisivos para o correto planejamento e andamento das instalações do canteiro (SILVA, 2009).

METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho foi a bibliográfica e estudo de caso, com a finalidade de se obter conhecimento sobre o canteiro de obras e atingir os objetivos descritos inicialmente neste trabalho. Portanto, a pesquisa é de caráter exploratório.

Pesquisa exploratória é quando a pesquisa se encontra na fase preliminar, tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto que vamos investigar, possibilitando sua definição e seu delineamento, isto é, facilitar a delimitação do tema da pesquisa; orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto. Assume, em geral, as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso (PRODANOV e FREITAS, 2013, p. 51-52).

Além de seguir os princípios da pesquisa exploratória, o trabalho realizado também se enquadra como pesquisa qualitativa, pois foi feita uma análise subjetiva, não necessitando de qualquer análise numérica ou estatística. Tendo como materiais analíticos: artigos científicos, revistas, livros, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

O estudo de caso foi realizado em três canteiros de obras em diferentes fases de execução na cidade de João Pessoa - PB. Foram feitas análises do *layout* dos canteiros de obras relacionando os mesmos com programas, normas técnicas e ferramentas para a elaboração dos canteiros visando identificar possíveis problemas na utilização do *layout* atual para se propor soluções de novos arranjos físicos para um melhor aproveitamento do espaço e execução da edificação.

Para se realizar o estudo de caso foram feitas visitas nas obras, obtendo informações e dados necessários para se fazer a análise do *layout* do canteiro utilizado nos empreendimentos em estudo, tendo como foco principal a locação das áreas operacionais e de vivência e a distribuição dos equipamentos e materiais que são utilizados na fase em que cada obra estava sendo executada.

Nas visitas aos canteiros de obras foram elaborados croquis apenas das observações feitas nos canteiros, pois os empreendimentos não possuíam uma

planta de *layout*. Também foram feitos registros fotográficos de cada situação encontrada para posterior análise e apresentação dos resultados, uma ferramenta importante para que problemas e detalhes não passem despercebidos durante a visita.

A partir da análise dos *layouts* das obras referidas no presente trabalho em paralelo comparativo com os programas, normas e ferramentas, foi possível identificar quando necessárias melhorias no *layout* relacionadas à disposição dos equipamentos, materiais, áreas de vivência e operacionais, se propondo um novo *layout* para o canteiro de obras, buscando o melhoramento da eficiência, produtividade e a qualidade deste.

RESULTADO E DISCUSSÃO

As visitas foram realizadas em três obras de construtoras distintas e foram separadas em Obra A, Obra B e Obra C esboçando o *layout* das mesmas. O estudo apresenta os aspectos relacionados com as instalações de áreas operacionais e de vivência, armazenamento de equipamentos e materiais e sistema de movimentação.

Os novos arranjos físicos estabelecidos se basearam no conhecimento das normas NR 18 e da ABNT NBR 12.284:1991 utilizando também as referências bibliográficas estudadas para esta pesquisa, levando em consideração todos os aspectos em que cada obra se encontrava.

Obra A

A primeira obra visitada denominada Obra A, era localizada no bairro de Muçumagro na cidade de João Pessoa – PB. Esta obra consiste em uma construção vertical com 4 pavimentos residenciais e uma área a ser construída de aproximadamente 1.928 m². No momento da visita a obra se encontrava na fase inicial, onde a locação do canteiro havia sido feita há pouco tempo e a construção do empreendimento estava finalizando a sua fundação e iniciando a alvenaria de elevação do pavimento térreo.

Nessa fase inicial havia 11 funcionários no canteiro e não havia alojamento, pois eles moravam próximo a obra. O canteiro de obra dispunha de um sanitário masculino, um sanitário feminino, um refeitório que comportava todos os funcionários, um vestiário e um escritório para o engenheiro e o mestre de obra.

As Figuras 1 e 2, apresentam a vista frontal de entrada do canteiro de obras e a vista superior indicando a projeção da construção, os materiais e os locais operacionais da obra.

Figura 1 – Entrada do canteiro de obras

A



Fonte: Próprio Autor (2021)

Figura 2 – Vista superior do canteiro de obras



Fonte: Acervo da construtora (2021)

As Figuras 3 e 4, mostram com mais detalhes onde é posicionado e como é a organização do local do armazenamento no depósito de cimento, betoneira, areia e blocos cerâmicos que ficam ao lado da edificação e a central de armação e ferragens ao lado da entrada do canteiro de obras.

Figura 3 – Local da betoneira, depósito de cimento e bloco cerâmico



Fonte: Próprio Autor (2021)

Figura 4 – Central de armação e container para armazenamento de equipamentos e materiais



Fonte: Próprio Autor (2021)

A Figura 5 representa a área de vivência existente no canteiro contendo o sanitário feminino e masculino ao lado do refeitório, seguido do vestiário e escritório. Ainda podemos perceber algumas sobras de materiais de obras passadas que estão espalhadas de forma aleatória sem ter um local de armazenamento apropriado.

Figura 5 – Área de vivência e administração



Fonte: Próprio Autor (2021)

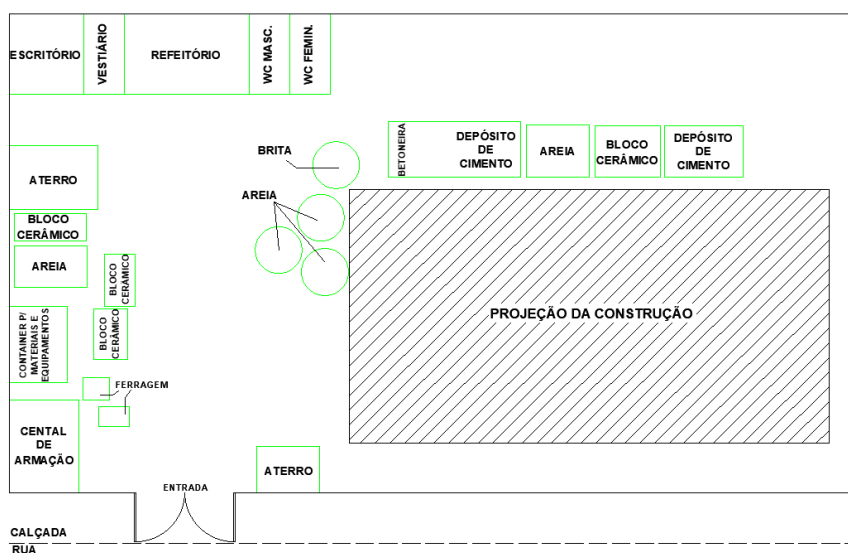
A Figura 6, a seguir, apresenta a forma do *layout* que se apresentava no momento da visita.

Na Figura 6, foi observada má utilização do espaço para um bom funcionamento do fluxo de funcionários, equipamentos e materiais, como também utilizou vários locais para armazenar o mesmo tipo de material. A área de vivência

não estava de acordo com a NBR 12.284, visto que as instalações sanitárias não devem ser ligadas diretamente nem estar adjacentes aos locais destinados as refeições.

A área destinada para central de armação ficava localizada no início do canteiro e as ferragens ficavam junto ao chão sem nenhuma proteção ocupando vários espaços não estando de acordo com a NR 18 (BRASIL, 1995). Os materiais eram dispostos no canteiro sem nenhum planejamento ou logística, dificultando a entrada de caminhões e descarregamento dos demais materiais.

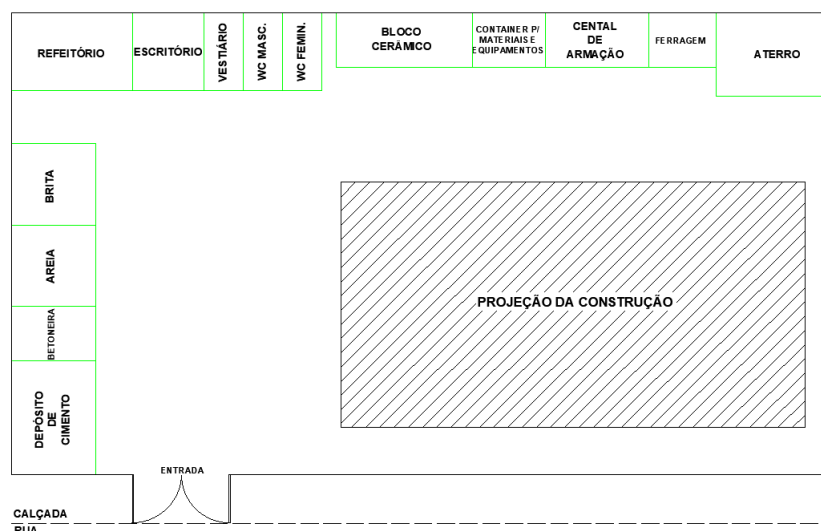
Figura 6 – Layout utilizado atualmente pela obra A



Fonte: Próprio Autor (2021)

Organizando o canteiro da Obra A e atendendo as exigências da norma sobre área de vivência, locação dos equipamentos e materiais utilizados na obra, para se obter uma melhora no fluxo, produtividade na hora do descarregamento de materiais e uma diminuição de tempo e custo para a construção, uma provável solução para o melhoramento está representada na Figura 7 a seguir:

Figura 7 – *Layout* proposto para a obra A



Fonte: Próprio Autor (2021)

O novo *layout* para a Obra A foi proposto para adequar os materiais mais próximos às suas frentes de trabalho, proporcionando agilidade no processo construtivo e um melhor fluxo. O armazenamento de cimento, brita e areia ficaram próximos à betoneira e à entrada da construção para facilitar no descarregamento dos caminhões, a central de armação, a ferragem e o container foram locados para os fundos do terreno, proporcionando um espaço mais utilizável no empreendimento para um melhor recebimento de materiais e fluxo de trabalhadores e equipamentos. O aterro foi posicionado nos fundos onde será utilizado no decorrer da construção.

Na área de vivência foi feita uma reorganização para que o refeitório não ficasse próximo aos sanitários nem próximo ao vestiário, o adequando de acordo com as normas NR 18 e a ABNT NBR 12.284. Como o canteiro de obras havia sido implantado há pouco tempo uma parte do novo *layout* seria implementado segundo a construtora.

Obra B

A Obra B, localizada no bairro do Bessa na cidade de João Pessoa – PB consiste em uma construção vertical com 3 pavimentos residenciais e uma área a ser construída de aproximadamente 502 m². A obra estava na fase intermediária sendo feita a execução da alvenaria de elevação do primeiro andar.

A construção apresentava 9 funcionários que não necessitavam de alojamento. Dispunha de um sanitário, um bebedouro, não possuía vestiário e nem refeitório.

As Figuras 8 e 9, da calçada da frente do terreno, e da calçada do outro lado da rua, respectivamente, apresentam os materiais espalhados na rua.

Figura 8 – Frente do canteiro de obras B



Fonte: Próprio Autor (2021)

Figura 9 – Materiais de construção na calçada em frente a obra



Fonte: Próprio Autor (2021)

A Figura 10 mostra o local da betoneira, logo na entrada da obra, posicionada do lado esquerdo de forma estratégica para ficar próximo ao guincho onde será utilizado de forma constante na construção não dificultando o fluxo de circulação, e a Figura 11 o depósito de cimento junto com outros materiais que serão utilizados na construção, dificultando o fluxo de circulação do cimento por se tratar de um material de bastante uso.

Figura 10 – Local da betoneira



Fonte: Próprio Autor (2021)

Figura 11 – Depósito de materiais



Fonte: Próprio Autor (2021)

A Figura 12 mostra o local de armazenagem dos materiais de hidráulica onde dificulta o fluxo de funcionários e materiais neste local, a Figura 13 o local de armazenagem das ferragens e escoras, não apresentando nenhuma proteção não estando de acordo com a NR 18.

Figura 12 – Materiais de hidráulica



Fonte: Próprio Autor (2021)

Figura 13 – Ferragens e escoras



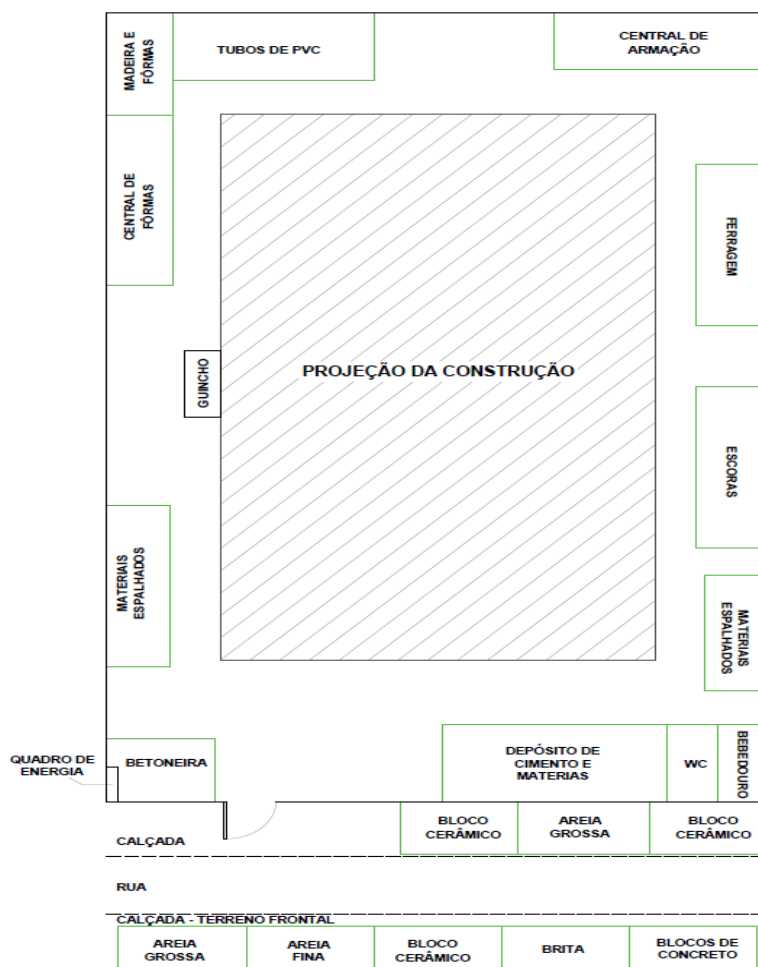
Fonte: Próprio Autor (2021)

A Figura 14 a seguir, representa a forma como era o *layout* utilizado pela construtora.

O *layout* utilizado pela construtora mostrado na Figura 14 apresentou os materiais de construção instalados na calçada do canteiro e no terreno da frente devido ser de posse da construtora, porém estavam de forma incorreta devido ao fato de ocupar a calçada que pelo Código de Postura da Prefeitura Municipal de João Pessoa - PB não é permitido (JOÃO PESSOA, 1995). Verificou-se a falta de

um refeitório e um vestiário que por norma é obrigatório independentemente do número de funcionários (ABNT, 1991). Houve desprezo quanto à organização das áreas operacionais, equipamentos e materiais que eram distribuídas de forma incorreta, não havendo nenhum planejamento e uma logística o que dificultava o fluxo da obra.

Figura 14 – *Layout* utilizado atualmente pela obra B



Fonte: Próprio Autor (2021)

Reorganizando os equipamentos e materiais, atribuindo instalações que por norma deveriam estar locadas e utilizando o terreno da frente de forma útil, uma proposta de solução para o canteiro da Obra B encontra-se na Figura 15.

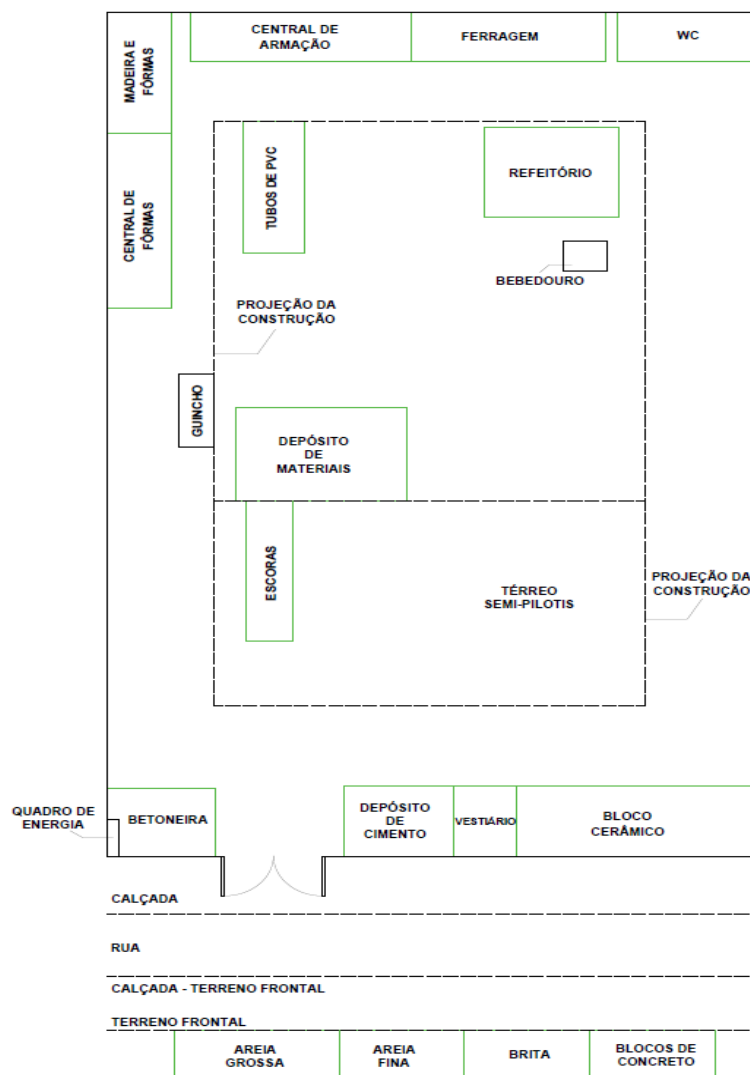
O *layout* proposto elimina o uso da calçada como instalação de materiais e locar uma parte dentro do canteiro e outra parte no terreno da frente pertencente à construtora como as areias, brita e os blocos de concreto, melhorando o descarregamento dos materiais. Os blocos cerâmicos foram locados mais próximos

da construção e foi criado um depósito exclusivamente para o armazenamento de cimento próximo à betoneira.

Para as áreas de vivência foi instalado um vestiário no início do canteiro de obras que não se possuía antes, foi criado um refeitório utilizando parte do pavimento térreo onde se pôde acomodar todos os funcionários e no mesmo local foi instalado um bebedouro.

Como a edificação possuía um térreo semi-pilotis, foi possível organizar alguns materiais neste local e reorganizar a central de armação, ferragem, central de fôrmas e madeira nos fundos do terreno por serem de fácil manuseio, assim, melhorando o fluxo em todo o canteiro.

Figura 15 – Layout proposto para a obra B



Fonte: Próprio Autor (2021)

Obra C

O canteiro da Obra C localizado no bairro do Bessa na cidade de João Pessoa – PB, possui uma área a ser construída de aproximadamente 532 m² e consiste em uma construção vertical com 3 pavimentos residenciais. No período da visita a obra estava na fase final, sendo executada a finalização do revestimento da fachada, pisos e acabamento da obra.

A construção dispunha de 13 funcionários, não possuindo alojamento nem refeitório no canteiro, pois tinham um outro local que os funcionários se deslocavam para as refeições e posteriormente se alojarem. O canteiro de obra possui um sanitário, um local para o bebedouro junto do depósito de cimento e um cômodo no andar térreo utilizado como vestiário possuindo armários individuais.

A Figura 16 tem a vista da entrada do canteiro da Obra C, mostrando a finalização das fachadas e a entrada da obra.

Figura 16 – Frente do canteiro de obras C



Fonte: Próprio Autor (2021)

A Figura 17 mostra a parte interna com as áreas operacionais do canteiro de obras. E a Figura 18, o local do depósito de cimento ao lado da betoneira para facilitar o serviço e a organização dos equipamentos e materiais utilizados no decorrer da construção.

Figura 17 – Área operacional do canteiro C



Fonte: Próprio Autor (2021)

Figura 18 – Local de armazenamento



Fonte: Próprio Autor (2021)

Percebe-se na Figura 19 como as sobras de materiais e os andaimes que ainda irão ser utilizados foram armazenados de forma incorreta nos fundos da construção, já outros materiais são armazenados em um cômodo no pavimento térreo ilustrado na Figura 20.

Figura 19 – Andaimes e sobras de materiais



Fonte: Próprio Autor (2021)

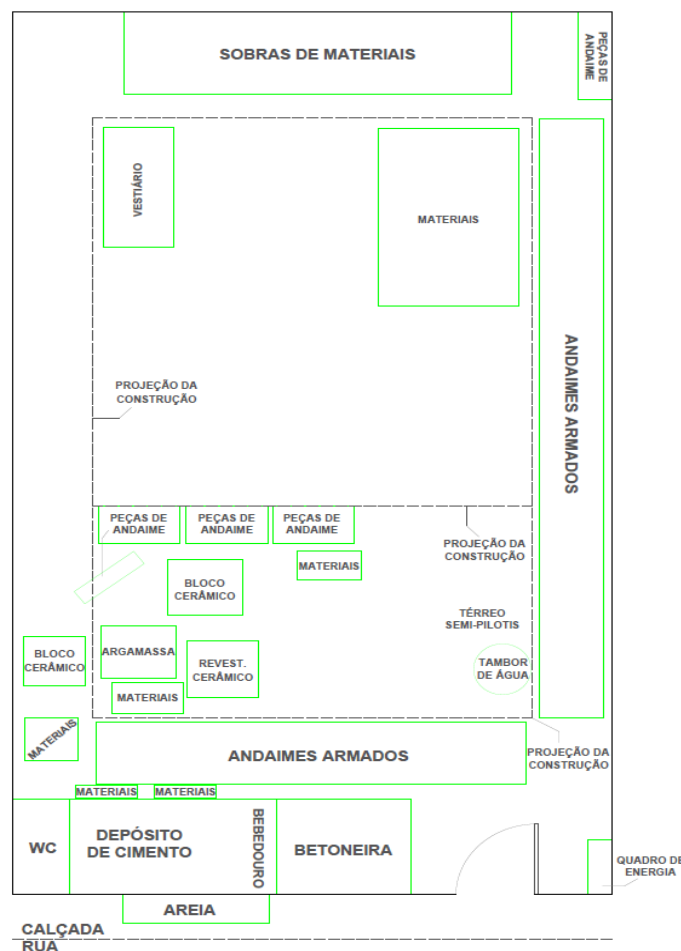
Figura 20 – Armazenamento de materiais



Fonte: Próprio Autor (2021)

O *layout* atual do canteiro da Obra C está esboçado na Figura 21 a seguir.

Figura 21 – *Layout* utilizado atualmente pela obra C

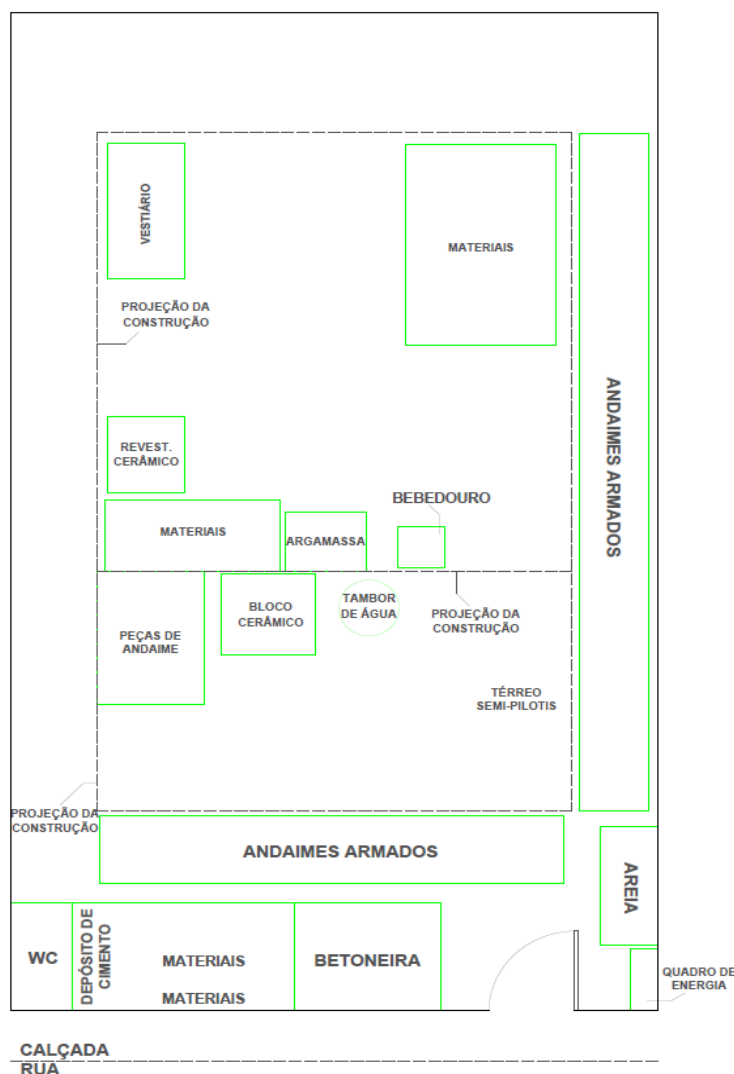


Fonte: Próprio Autor (2021)

Analizando o layout utilizado pelo canteiro de obra, percebeu-se a falta de planejamento e a organização dos equipamentos e materiais nessa fase final da construção. O local onde se armazenava a areia estava de forma incorreta, pois de acordo com o Código de Postura, da Prefeitura Municipal de João Pessoa-PB (JOÃO PESSOA, 1995) é proibido utilizar a calçada para armazenamento de materiais de construção. Foram utilizados vários locais para armazenar um mesmo tipo de equipamento e material tomando-se muito espaço no canteiro. Como o térreo era semi-pilotis alguns materiais foram armazenados na parte de fora do térreo, apresentando uma má organização que impediam o fluxo dos funcionários e equipamentos.

Para uma melhor organização dos equipamentos e materiais que serão utilizados nessa fase de finalização no canteiro de obras, uma nova proposta de *layout* foi esboçada na Figura 22.

Figura 22 – Layout proposto para a obra C



Fonte: Próprio Autor (2021)

O novo layout apresentado na Figura 22 procurou armazenar todo o material dentro do terreno da construção e uma melhor organização do mesmo. A areia que antes era armazenada na calçada, agora foi colocada dentro do terreno, pois seu uso nessa fase final era mínimo, alguns materiais que eram armazenados na parte de fora do térreo como a argamassa e o revestimento cerâmico foram organizados em um cômodo dentro do térreo criando-se também um espaço para outros materiais. Os equipamentos e materiais mais utilizados foram organizados em suas frentes de trabalhos.

O depósito de cimento que antes também servia como local para o bebedouro agora só é utilizado para armazenar o cimento e outros materiais que eram espalhados pelo canteiro e o bebedouro foi instalado em um cômodo no térreo.

Todos os novos locais foram pensados para um melhor aproveitamento de espaço, fluxo e produtividade para a finalização da edificação.

A partir das análises feitas no estudo de caso nos canteiros de obras foi possível se constatar a falta de planejamento, logística e organização no *layout* de cada canteiro de obra. O seu layout atual apresentou ineficiência no fluxo de materiais, equipamentos e funcionários não se adequando ao que estava presente na bibliografia e nas normas NR-18 e ABNT NBR 12.284, dificultando a execução das operações.

No trabalho do autor Costa (2016) que teve como título *Avaliação do layout* de canteiro de obras, foi utilizado como metodologia o estudo de caso e para análise foi aplicado uma lista de verificação com base nas normas, elaboração dos croquis e registro fotográfico em três obras em andamento. A partir da aplicação destas ferramentas ele obteve como resultados várias irregularidades no layout utilizado em cada obra, fluxos ineficientes, descumprimento com a segurança dos trabalhadores e verificou que as obras estudadas não estavam de acordo com as normas, sugerindo melhorias a partir de um novo *layout*.

Fazendo-se uma análise comparativa entre os dois trabalhos, percebe-se que a falta de planejamento na elaboração de um layout de canteiro de obras antes do início do empreendimento pode gerar prejuízos no andamento da construção, então é necessário se fazer todo um estudo do que estará presente no canteiro de obras e assim elaborar o projeto de canteiro para que o empreendimento cumpra os prazos e não tenham desperdícios futuros desnecessários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O canteiro de obras é parte indispensável da execução da obra, pois é caracterizada por um conjunto de áreas operacionais e de vivências, locais de armazenamento de equipamentos e materiais e instalações provisórias ligados ao processo construtivo. Por isso, o canteiro de obras é uma parte importante da construção, sendo necessário estudá-lo e planejá-lo para que sua logística possa atender com eficácia as várias etapas da obra, considerando os fluxos de mão de obra, materiais, equipamentos e processos de trabalho.

A elaboração desta pesquisa, com três obras em fases distintas, desde o início da obra até a fase final de acabamento, veio para confirmar que os canteiros de obras e ambientes de trabalho precisam ser planejados e administrados de acordo com cada etapa da obra, ou seja, cada fase tem uma necessidade específica, que precisa de um canteiro adequado para melhorar a qualidade e a organização das edificações, assim como a segurança, ergonomia e satisfação profissional dos trabalhadores da construção civil.

Foi constatado através das análises feitas nos *layouts* utilizados pelas construtoras, que houve a falta de planejamento e logística quanto a organização do canteiro para atender as fases em que as obras se encontravam e com isso não atendendo as normas vigentes para uma correta construção.

Como analisado os canteiros de obras possuíam um *layout* que dificultava o fluxo de materiais e equipamentos, alguns armazenamentos eram distantes do local de onde se era utilizado para execução das etapas construtivas, acarretando grande deslocamento destes materiais de um local para o outro, que pode acarretar em fadiga desnecessária e aumentar o risco de acidente de trabalho. Os materiais por muitas vezes eram armazenados de forma incorreta sem nenhuma proteção contra intempéries ou em locais indevidos como nas calçadas que pelo código de posturas da cidade de João Pessoa fica proibido a utilização da calçada para armazenamentos de materiais de construção.

Outro fator importante são as áreas de vivência dos trabalhadores que em alguns canteiros não possuíam alguns itens que por norma são obrigatórios, como o refeitório que independentemente do número de funcionários deve-se ter e vestiário para funcionários não alojados. Os locais das áreas de vivências estavam de forma desorganizadas próximas à locais indevidos ou junto dos armazenamentos de materiais e equipamentos dificultando a organização do canteiro.

Os *layouts* propostos para os canteiros de obras foram pensados para um melhor aproveitamento de espaço físico, fluxo de trabalhadores e equipamentos em suas frentes de trabalho, no melhor desempenho do recebimento de materiais armazenando-os dentro do canteiro de forma correta e que atendessem as normas regulamentadoras. Os *layouts* propostos para as Obras A e B foram implementados parcialmente pela construtora, pois ainda se estava na fase inicial e intermediária da construção, já o *layout* proposto para a Obra C não foi implementado tendo em vista

que já estava em fase final da construção e a construtora optou por não implementar.

Apesar da alta demanda de construções na cidade de João Pessoa acarretando a alta competitividade se existe pouca preocupação por parte das construtoras com a elaboração e o planejamento de projetos de canteiro de obra. Um canteiro de obras bem planejado e organizado certamente pode trazer melhorias importantes ao processo produtivo, como também minimizar distância para a movimentação de trabalhadores, ergonomia, segurança e materiais resultando na diminuição de tempos improdutivos, aumentando a qualidade dos serviços executados, assim como a redução da perda de materiais e melhoramento do fluxo de pessoas e materiais.

Uma maneira possível de se resolver estes problemas seria em que antes da concepção do empreendimento fosse planejado e elaborado o *layout* do canteiro de obras para que este seja utilizado de forma lógica e eficaz junto ao gerenciamento de obras, possibilitando uma correta execução da construção e ganhos futuros para os profissionais e para as empresas do ramo da construção civil.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12284:** Áreas de Vivência em Canteiro de Obras. Rio de Janeiro, 1991.

ALVES, André Luis Lins. **Organização do Canteiro de Obras:** um estudo aplicado na construção do centro de convenções de João Pessoa - pb. 2012. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

ARAÚJO, Marcos Antônio da Silva. **Estudo de um *layout* de um canteiro de obra da construção de uma edificação residencial multifamiliar com base no modelo *Systematic Layout Planning*.** Especialize, v. 1, n. 10, p. 1-18, 2015.

BRAGA, Camila dos Santos Quintanilha. **Gestão da qualidade aplicada a canteiro de obras.** 2016. 112 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ/ Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 18:** Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção. Brasília, 1995. Disponível em:

<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr18.htm#18.8._Arma%C3%A7%C3%B5es_de_a%C3%A7o>. Acesso em: 02 de outubro de 2021.

CALAIS, João Filipe Lourenço Gomes. **Layout como factor determinante na eficiência do processo produtivo da indústria**. 2012. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2012.

COSTA, Anny Caroline; GUESTA, Josyane Pinto; MORAIS, Karine da Silva; NASCIMENTO, Thayane Cardoso. **Estudo do Layout de Canteiro de Obras: a importância de uma organização adequada**. In: CONGRESSO NACIONAL DE CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 3., 2018, João Pessoa. Anais. [S. L.]: Conaced, 2018.

COSTA, Willy Cardoso da. **Avaliação do layout de canteiros de obras**. 2016. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

ELIAS, Sergio José Barbosa; LEITE, Madalena Osório; SILVA, Regis Rafael Tavares da; LOPES, Luís Carlos Aguiar. **Planejamento do layout de canteiro de obras: Aplicação do SLP (Systematic Layout Planning)**. Fortaleza, UFC, 1998.

FERREIRA, Emerson de Andrade Marques; FRANCO, Luiz Sérgio. **Proposta de uma metodologia para o projeto do canteiro de obras**. In Congresso Latino Americano: Tecnologia e Gestão na produção de Edifícios, Soluções para o Terceiro Milênio. São Paulo, 1998.

FRANCO, Luiz Sérgio. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. 1992. 319 f. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FRANKENFELD, Norman. **Produtividade**. Rio de Janeiro: CNI, 1990.

JOÃO PESSOA. **Lei Complementar nº 07, de agosto de 1995. Código de Posturas**. Prefeitura Municipal de João Pessoa, João Pessoa-PB. Disponível em: <<https://www.joaopessoa.pb.gov.br/servico/codigo-de-posturas-do-municipio-de-joao-pessoa/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

MELO, Maury. **Gerenciamento de projetos para a construção civil**. Rio de Janeiro: Editora Brasport, 2010.

MUTHER, Richard. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blucher, 1978. 216 p.

NEUMANN, Clóvis; SCALICE, Régis Kovacs. **Projeto de fábrica e layout**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

PINHEIRO, Alex William Rumachella. **Planejamento de canteiros de obras: estudo de caso no município de Campo Mourão – PR**. 2012. 89 f. Trabalho de Conclusão

de Curso (Trabalho de conclusão de curso) – Graduação em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernane Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª ed. Universidade Feevale. Novo Hamburgo – Rio Grande do Sul, 2013.

SALGADO, Júlio César Pereira. **Técnicas e práticas construtivas**: da Implantação ao acabamento. São Paulo: Érica, 2014. 168 p.

SAURIN, Tarcisio Abreu.; FORMOSO, Carlos Torres. **Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos**. Recomendações técnicas Habitare vol. 3. Porto Alegre, 2006.

SCHROEDER, Roger G.. **Operations management**: decision making in the operations function. 4. ed. New York: Mc Graw-Hill, 1993. 848 p.

SILVA, Fernanda Duarte Lopes da. **Recomendações para o planejamento dos canteiros de obras dos empreendimentos do subsetor edificações da construção civil**. 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

SOUZA, UbiraciEspinelli Lemes de; FRANCO, Luiz Sérgio. **Definição do layout do canteiro de obras**. USP. São Paulo: 1997.

VALADARES, Claudio Francisco Correa. **Metodologia para processos de implantação de canteiros de obra em edifícios residenciais**: um estudo de caso na cidade de Campos dos Goytacazes. 2004. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004

SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO: ESTUDO DE CASOAnny Karoline Tavares da Silva¹
Hágnon Correia de Amorim²**RESUMO**

A grande necessidade de solucionar o déficit habitacional, a construção civil necessita aprimorar seus processos construtivos, para realizar elevadas quantidades de obras, com custo baixo, em menor tempo, principalmente no programa Minha casa minha vida. Nesse processo, a construção civil introduziu o método paredes de concreto moldadas *in loco*. Este método, promete grande produtividade, com menor custo e em alta escala. Paredes de concreto possuem função estrutural, são moldadas *in loco*, utilizando formas, preenchidas de concreto, suas instalações são embutidas na própria parede, construindo de maneira a se gerar a menor quantidade de resíduos. Este trabalho acadêmico consiste em um estudo de todas as etapas construtivas em paredes de concreto, demonstrando o método de forma prática e gradativamente para a execução.

Palavras-chaves: Paredes de concreto; Produtividade; Função estrutural.

ABSTRACT

The great need to solve the housing deficit, civil construction requires improving its construction processes, to carry out greater amounts of works, with low cost, and in less time, especially in the My home My life program. In this process, civil construction introduced the method of concrete walls molded *in loco*. This method promises high productivity, with lower cost and on a large scale. Concrete walls have a structural function, they are molded *in loco*, using forms, filled with concrete, their installations are embedded in the wall itself, building in such a way as to generate the least amount of waste. This academic work consists of a study of all constructive steps in concrete walls, demonstrating the method of form and practice gradually for an execution.

Keywords: Concrete walls; Productivity; Structural function.

INTRODUÇÃO

Paredes de concreto são estruturas autoportantes moldadas *in loco*, que entrega produtividade, baixo custo e uma qualidade significativa, quando se trata de diminuir o déficit habitacional (MISURELLI, H.; MASSUDA, C., 2009).

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil. E-mail: annytavares506@gmail.com

² Professor Orientador, graduado pela Universidade Federal da Paraíba. Especialista em Estruturas de Concreto e Fundações pela Universidade Cidade de São Paulo. Técnico em Edificações pela Escola técnica da Paraíba. Docente do Curso Superior em Engenharia Civil da disciplina de Projeto Integrador. hagnon_eng@hotmail.com

O sistema construtivo paredes de concreto começou a ser utilizado na década de 70, a execução do método utiliza-se formas, estruturas temporárias para moldar o concreto, o método deixou de ser utilizado devido à baixa demanda da época, tornou-se inviável (MARCO, G; BASSI, G.A., 2019).

De acordo com Sousa e Badaró (2019), o programa Minha Casa Minha Vida foi criado pelo Governo Federal na tentativa de resolver o déficit habitacional, incentivou os construtores a investir na construção habitacional de empreendimentos de baixos custos e de muitas repetições.

Com o aquecimento da construção civil e grandes exigências dos clientes da qualidade dos empreendimentos de baixo custo, a procura de aperfeiçoamento nos processos construtivos pela redução de custos em empreendimentos de grande repetitividade foi responsável pela retomada das paredes de concreto em 2009 (MELO ET AL, 2014).

Diante disto, este trabalho tem como objetivo demonstrar as etapas construtivas do método paredes de concreto, a importância da execução correta e também contribuir com estudantes e profissionais da área da construção tenham de forma simples e didática toda aplicação do método.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O método construtivo parede de concreto chegou ao Brasil por volta de 1970, devido a problemas financeiros da época e demanda de obras que se enquadravam no método durante os anos posteriores, essa tecnologia não se estabeleceu no mercado brasileiro (ARÊAS, 2013). O déficit habitacional e o crescimento do programa minha casa minha vida, o sistema construtivo ressurgiu com intensidade em 2009, presente em 36% das unidades produzidas em 2014 e 52% no auge do programa em 2015 (FARIAS, B; AZEVEDO, V; SANTOS, M., 2021).

SISTEMA PAREDE DE CONCRETO

Segundo Galvão e Auzier (2020), o sistema construtivo paredes de concreto é um método mais limpo e de rápida execução da construção civil, reduz de forma significativa a quantidade de entulhos na obra e aumenta a velocidade de sua execução. Neste método, o concreto é o único elemento responsável por sua estrutura e vedação. As paredes são moldadas no local em uma única etapa de

concretagem, nelas são embutidas as tubulações elétricas e hidráulicas e após sua desforma todas as paredes já estão com todas as aberturas de portas e janelas (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

FUNDAÇÃO

Respaldado por Santos (2013), a escolha da fundação para cada tipo de obra depende do tipo do solo, assegura estabilidade e segurança. Para o método parede de concreto, pode-se utilizar qualquer método, desde que garanta o nivelamento para servir de base para as formas, seguindo a norma 6122: 2019, figura 1 (GOÉS, B. P., 2013).

Figura 1: Fundação em radier em andamento



Fonte: Registrada pelo autor (2020).

GABARITO EM PISO

Segundo Asmus (2019), com a fundação finalizada, em seguida marcar-se todas as paredes com o auxílio de uma linha de pedreiro, locando-as e marcar em piso as espessuras das paredes. Após suas locações os gabaritos são anexados em piso com auxílio de pregos, obedecendo a marcação realizada, Figura 2.

Figura 2: Gabarito montado em piso



Fonte: Registrada pelo o autor (2021).

ARMADURA

Auzier e Caetano (2020), comenta que no processo de instalação não poderá ocorrer falhas, pois se trata de uma das etapas mais importantes do método e as paredes de concreto diferentes das estruturas em alvenaria não podem ser cortadas para possíveis reparos. Neste método construtivo, utilize-se nas paredes e lajes a armadura de telas eletro soldadas e barras de aço para os reforços da estrutura, suas armações devem resistir aos esforços de flexotorção e dominar a retração do concreto.

Para a montagem da armadura deve-se preparar a base para seu posicionamento. No piso é anexadas esperas, em sequência, posicionasse as telas, são anexados os reforços nas aberturas de portas e janelas das telas, com tamanhos passados em projetos e são amarradas com arames recozido para que não ocorra movimentação da armação, Figura 3 (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Figura 3: Montagem da armação em andamento



Fonte: Registrada pelo o autor (2021).

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS

Após a montagem das armaduras, inicia-se as instalações elétricas e hidráulicas nas paredes e lajes, as passagens das instalações são anexadas utilizando a própria armadura da parede como apoio (BORGES, 2020).

De acordo com a NBR 16055 (2012), as tubulações serão embutidas apenas se atender requisitos, como: o diâmetro da instalação não pode ser maior que 50% da largura da parede, deve-se respeitar o comprimento mínimo da armadura, o diâmetro máximo permitido de 50 mm e sua pressão interna menor que 0,3 Mpa, ao

anexar tubo metálico renui-se cuidado para que não atracar com a armação para evitar corrosão, Figura 4.

Figura 4: Passagens elétricas das paredes



Fonte: Registrada pelo autor (2020).

FORMAS

Para Marco e Bassi (2019), as formas são estruturas temporárias, utilizadas para moldar o concreto fresco, que precisam suportar as pressões de lançamento do concreto.

De acordo com Nakamura (2014), a escolha do tipo da forma é uma etapa crucial tanto para a produtividade quanto para viabilidade econômica, deve-se analisar fatores como: durabilidade, o tipo do empreendimento e quantidade de repetições. O mercado possui opções de moldes e para obter resultados satisfatórios deve-se realizar um projeto de formas bem executado.

FORMAS PLÁSTICAS

Molde feito produzido de quadros e chapas de plásticos reaproveitado, onde a estrutura molda a peça de concreto e o travamento durante a concretagem é realizado com estruturas metálicas (NEVES, 2021).

FORMAS MISTAS

Segundo Neves (2021), formas mistas são moldes de quadro metálicos e chapas de madeira compensada, esse tipo de forma possui a vantagem de adaptação a diferentes tipos de projetos, peças mais pesadas e que necessitam de troca a cada 30 utilizações, Figura 5.

Figura 5: Formas mistas



Fonte: Nakamura (2019)

FORMAS METÁLICAS

Moldes de alumínio ou aço, com alta durabilidade que assegura grande produtividade e excelente resultado final de forma prática e sustentável, uma grande vantagem desse tipo de forma é reutilização e sua desvantagem o alto custo de aquisição, Figura 6 (NEVES, 2021)

Figura 6: Formas metálicas



Fonte: Registrada pelo o autor (2021)

MONTAGEM DAS FORMAS

Segundo Goés (2013), antes da montagem dos painéis deve-se realizar a limpeza das formas e a conferência de todas etapas anteriores, recomenda-se que as instalações das formas inicie nas paredes internas, seguido nas externas, realiza-se o travamento de todas as formas e conferencia do prumo. Deve-se realizar a aplicação do desmoldante nos painéis antes da montagem, para que não se ocorra dificuldades nas desformas e em sua limpeza, após aplicação de desmoldante, os painéis devem ser montados de acordo com o projeto e travados para que não haja a movimentação dos painéis durante a concretagem, Figura 7 (PACHECO, 2012).

Figura 7: Montagem de formas em andamento



Fonte: Registrada pelo o autor (2021)

DESFORMA

A desforma e o reescoramento dos painéis só deverá iniciar após o rompimento dos corpos de prova, observando se o concreto atingiu a resistência para desforma de acordo com o projeto. Sua desforma deve ser realizada sem choques para evitar o aparecimento de fissuras (ABCP, 2016).

Pessoa (2010), sugere que após a desforma, as formas sejam armazenadas próximas a base a ser concretada, para que não ocorra desperdício de tempo e realizar a limpeza dos painéis antes de ser novamente utilizados.

ESCORAMENTO

Segundo a NBR 14931 (2014), o escoramento da estrutura deve ser planejado para suportar a ação de sua própria carga, as cargas do próprio peso e das cargas acidentais que podem ocorrer durante a concretagem, modificações no formato da estrutura ou esforços não previstos. O projeto de escoramento considera a deformação e a flambagem dos insumos utilizados e as vibrações que o escoramento será submetido.

De acordo com NBR 16055 (2012), para garantir as dimensões, o posicionamento e prumo dos moldes, antes da concretagem, deve-se realizar conferência das posições e condições estruturais do escoramento, Figura 8.

Figura 8: Estrutura escorada



Fonte: Registrada pelo o autor (2020)

CONCRETAGEM

Para Fonseca (2019), o concreto do sistema construtivo deve atingir um controle de qualidade, pois trata-se de uma das partes mais importante para obter as exigências estruturais do projeto. É indispensável a concreteira e a construtora identificarem particularidades estruturais destacadas no projeto e seguir as restrições da NBR 6118. É indiscutível que o planejamento da concretagem seja executado seguindo as especificações, em sua concretagem não ocorrer pausas, a consequência ocasiona emendas que prejudicam a qualidade da superfície (GOMES E MACHADO, 2019).

De acordo com Misurelli e Massuda (2009), os concretos mais adequados para este método construtivo é o concreto celular, com elevado teor de ar

incorporado, com agregados leves, convencional ou autoadensável. Na rastreabilidade do concreto, deve-se realizar mapeamento do lançamento do concreto, retirar corpos de provas para ensaios de resistência, Figura 9.

Figura 9: Concretagem sendo executada



Fonte: Registrada pelo o autor (2021)

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E FALHAS CONSTRUTIVAS

Segundo Marco e Bassi (2019), as paredes de concreto como qualquer outro método da construção civil, está sujeita a patologias decorrentes de falhas nas concretagens ou na execução do método.

FISSURAS

Segundo Sampaio et al (2016), fissuras são aberturas finas e esticadas na superfície das estruturas, onde na maioria dos casos são superficiais e nem sempre que a estrutura estará com sua segurança comprometida, Figura 10.

Figura 10: Fissuras de 90° a viga em balanço



Fonte: Oliveira (2019)

ELETRODUTOS ROMPIDOS OU ENTUPIDOS

Segundo Oliveira (2019), o rompimento ou entupimento dos eletrodutos acontece quando concreto localiza-se em seu interior, causado por erro dos eletricitistas montagem ou no rompimento do eletroduto, Figura 11.

Figura 11: Eletrodutos rompidos na concretagem



Fonte: Registrada pelo o autor (2021)

BICHEIRAS E ARMADURAS EXPOSTAS

As bicheiras aparecem em pequenos ou grandes tamanhos, ocasionado devido à dificuldade de adensamento, em estruturas de alto lançamento, com largura de 10 cm, devido à falta ou a má vibração do concreto ou até mesmo a falta de espaçadores, deixando as armaduras e instalações expostas. Quando essa patologia acontece deve-se fazer o preenchimento com graute ou concreto, Figura 12 (OLIVEIRA, 2019).

Figura 12: Bicheira e armadura exposta



Fonte: Registrada o autor (2020)

METODOLOGIA

A metodologia demonstrada neste trabalho tem características do método paredes de concreto. Para sua elaboração foi realizado um estudo dividido em duas etapas.

A primeira etapa através de uma pesquisa bibliográfica, utilizando artigos científicos e livros sobre o tema sistema construtivo paredes de concreto, direcionada a todas as etapas de suas construções e as manifestações patológicas frequentes do método.

A segunda etapa foi realizada durante uma pesquisa de campo, na construção de uma obra que utiliza o método paredes concreto, a obra trata-se de um residencial de oito blocos de quatro pavimento, localizada no bairro do Cristo redentor na cidade de João Pessoa. Durante o estudo de caso foram realizados registros fotográficos de todas as etapas da obra e coletados dados diários da

construção de cinco torres com intuito de comparar com a bibliografia, mostrando a teoria na prática.

O acompanhamento da pesquisa de campo iniciou-se durante o mês de outubro de 2020, na construção das fundações e concluiu-se durante a finalização do quinto bloco do residencial, finalizando no início do mês de novembro de 2021.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Através do acompanhamento pode-se observar e comparar as etapas de execução do método entre a prática e os estudos bibliográficos, devido a produtividade do sistema, foi possível construir um bloco inteiro com menos de 45 DIAS, Figura 13.

Figura 13: Torre de 4 pavimentos



Fonte: Registrada pelo autor (2021).

FUNDAÇÃO

Após o estudo de sondagem adotou-se vários tipos de fundação para a obra. Em quatro dos blocos, foi realizada a fundação rasa em radier protendido, as instalações sanitárias e as tubulações dos shafts de alimentação elétricos foram embutidas na própria fundação e após a cura total do concreto, realizado com o auxílio de um macaco hidráulico, todos os cabos de protensão distendidos para tracionar os cabos. Nos demais blocos, foi realizada a fundação profunda em estacas, realizados pelo método de hélice contínua. Após cura das escadas foi realizado vigas baldrame, interligando as duas fundações, Figuras 14, 15 e 17.

As vigas baldrame deixados nos tubos de passagens, após sua concretagem realizava-se as instalações sanitárias e adicionado aterro entre ela as vigas, compactado e em seguida pelo piso com concreto magro de 5 cm, Figura 16.

Figura 14: Radier protendido sendo executado



Fonte: Registrada pelo o autor (2020)

Figura 15: Execução das estacas hélice



Figura 16: Passagens de tubulações das vigas



Fonte: Registrada pelo autor (2020)

Figura 17: Vigas baldrames executadas



Fonte: Registrada pelo o autor (2020)

ARMAÇÃO, GABARITO E ESQUADRO

Após a marcação das paredes no piso, realiza-se as instalações das esperas e as instalações das armaduras de telas eletro soldadas, introduzidas no eixo da marcação da parede e sua amarração com arame recozido. Após toda armadura instalada, é realizado as marcações das janelas e portas, para as instalações dos reforços das aberturas, e encontro laje e parede com aço CA 50 8.0, os armadores adicionam em todas as telas espaçadores de 10 cm para garantir o cobrimento como solicitada o projeto, Figuras 18 e 19.

Figura 18: Reforços de janela



Fonte: Registrada pelo autor (2021)

Figura 19: Esquadros instalados



Fonte: Registrada pelo o autor (2021)

INSTALAÇÕES HIDROSSANITARIA E ELÉTRICAS

As instalações das tubulações e caixas de passagens de tomadas, interruptores e quadros. Os eletricitas são responsáveis por anexar os espaçadores plásticos nos eletrodutos para garantir o cobrimento solicitado no projeto. Os

encanadores anexam as armaduras pré-instalações de split e todas as passagens entre paredes, que será feita posteriormente, Figura 20.

Figura 20: Instalações elétricas



Fonte: Registrada pelo o autor (2020)

MONTAGEM DE FORMAS E ESCORAMENTO

A forma metálica foi utilizada, devido a sua durabilidade e a quantidade de repetições que traria um custo benefício a construtora. Após todas as etapas estarem concluídas e conferidas pode-se iniciar as instalações das formas *in loco*, os painéis são posicionados entre os esquadros, os painéis são travados uns nos outros com travas e depois recebem segundo travamento de vigas metálicas, travadas com agulhas para que não ocorrer movimento da estrutura durante o lançamento do concreto. Após todas formas de paredes montadas, inicia-se a montagem das formas de laje e seu escoramento, a montagem da armação negativa e positiva, Figuras 21, 22 e 23.

Figura 21: instalação das formas em execução



Fonte: Registrada pelo o autor (2021)

Figura 22: Passagens do teto



Fonte: Registrada pelo o autor (2021)

Figura 23: Escoramento e travamento



Fonte: O autor (2021)

CONCRETAGEM

Após toda estrutura conferida, inicia-se o lançamento do concreto. O concreto adotado para obra era um super fluido com slump 22 ± 3 de 30 Mpa, para que houvesse um bom adensamento do concreto. Para ser liberado, o concreto passa por slump teste, esse teste nos mostra se o slump do concreto veio como solicitado e retirava-se cinco amostras para a conferência de resistência do concreto, rompidas as 14 horas, 28 dias e 63 dias. O concreto deve ser despejado sem pausas longas para não surgirem juntas nas paredes, nas concretagens realiza-se um mapeamento do concreto, o mapeamento tem a função de identificar onde foram despejados todos os carros, caso aconteça de algum carro não atingir o fck solicitado, Figuras 24 e 25.

Figura 24: Rompimentos dos corpos de prova



Figura 25: Mapeamento do concreto



Fonte: Registradas pelo o autor (2021)

DESFORMA

Após 14 horas do lançamento do concreto, realiza-se o rompimento de duas amostras, tendo que atingir 3 Mpa para a estrutura seja liberada para a desforma. A

desforma inicia-se nos painéis das paredes, após a desformas os painéis são limpos e remanejados para próxima etapa.

PROBLEMAS DE EXECUÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLOGIAS ENCONTRADAS

Como qualquer método construtivo, o sistema paredes de concreto necessita de bastante atenção em sua execução, pois está sujeita a erros de execução, que deve-se ser evitados através de uma conferência das etapas, mas também está sujeito a eventualidade que podem resultar em manifestações patológicas.

Uma das manifestações detectadas foi o mau adensamento do concreto que resulta em bicheiras e o aparecimento das armaduras, esse problema pode ser corrigido utilizando graute ou concreto para o preenchimento dos vazios, Figura 26.

Figura 26: Bicheiras com armadura exposta



Fonte: Registrada pelo o autor (2021)

Outro problema de execução menos recorrente é o rompimento ou entupimento dos eletrodutos. Este problema decorrente da má fixação do eletroduto e luvas ou devido à pressão do concreto. Figura 27.

Figura 27: Eletroduto rompido



Fonte: Registrada pelo o autor (2021)

Um problema de execução encontrado no começo da construção, pouquíssimo recorrente é a soltura das travas ou a folga do travamento de vigas metálicas, ocasionando o derramamento do concreto ou mudança de espessura das paredes e é necessário ser refeito o aperto das travas para voltar a concretagem, Figura 28.

Figura 28: Concreto derramado com a soltura das travas



Fonte: Registrada pelo o autor (2020)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo obter resultados através da utilização do sistema construtivo paredes de concreto, mostrando a execução de todas as etapas do método. O estudo, mostrou que, de modo geral, o método é muito eficiente e possui uma produtividade alta, tornando possível construir um bloco de quatro pavimento, que contém 32 apartamentos em até 45 dias, utilizando apenas concreto como o único elemento de estrutura e de vedação.

No estudo, também foi possível observar a importância de uma execução bem feita, seguindo o passo a passo das etapas, atendendo sempre o que foi solicitado em projeto e que como qualquer outro, o sistema paredes de concreto está sujeito a manifestações patológicas, que podem ser evitadas se feita como solicita o projeto, mas que também está sujeito a eventualidades que podem gerar manifestações patológicas.

Por fim, o presente trabalho tem a intenção de contribuir com vida acadêmica e profissional de estudantes e profissionais da área da construção civil, buscando mostrar de forma clara como executar o método e incentivar novas pesquisas.

REFERÊNCIAS

ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **PAREDE DE CONCRETO: COLETÂNEA DE ATIVOS** <https://abcp.org.br/coletanea-de-ativos-em-paredes-de-concreto-2007-2008/> Acesso 05/10/2021 20:15

ARÊAS, D. M. **DESCRIÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO PARA OBRA BAIXO PADRÃO**. Rio de Janeiro, 2013. <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006241.pdf> Acesso 12/09/2021

ASMUS, B. F. **ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE PAREDES DE CONCRETO EM CONSTRUÇÕES MULTIFAMILIARES**. Florianópolis, 2019. https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/197490/TCC_Revisado_Bernardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso: 03/10/2021 10:30

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055. PAREDE DE CONCRETO MOLDDA NO LOCAL PARA A CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES – REQUISITOS E PROCEDIMENTOS**. Rio de Janeiro. Pág. 3. Acesso 08/09/2021 21:59

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931. EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO – PROCEDIMENTO**. Rio de Janeiro. Pág 12. Acesso 05/10/2021 19:49

<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/nbr-14931-2004-execucao-de-estruturas-de-concreto-procedimento>
Acesso 05/10/2021 20:00

BORGES, M. P. P. O. SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO EM EDIFICAÇÃO DE ÚTÍLOS PAVIMENTOS CONSIDERANDO AS PERSPECTIVAS INICIAIS DO EMPREENDIMENTO. Uberlândia, 2020.
<http://clyde.dr.ufu.br/handle/123456789/30932> acesso 03/10/2021 11:11

FARIAS, B; AZEVEDO, V; SANTOS, M. ENGENHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E EVOLUÇÃO. 3. Ed. Rio de Janeiro. Epitaya, 2021.
<https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/216/173> Acesso em 12/09/2021

FONSECA, A. F. T. ESTUDO DE CASO SOBRE O MÉTODO CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS “IN LOCO” EM CASAS POPULARES NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/ RN. Mossoró, 2021.
https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3528/2/AmandaFTF_MONO.pdf
acesso 05/10/2021 08:51

GALVÃO, M.R.M; AUZIER, J.S. DESCRIÇÃO DAS ESTAPAS CONSTRUTIVAS PAREDES DE CONCRETO. Goiás, 2020.
https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/423/1/TCC2_JUNIO%20MATEUS.pdf Acesso 12/09/2021 17:26

GOÉS, B. P. ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE ENTRE ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS E PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL EM HABITAÇÕES POPULARES. Rio de Janeiro, 2013.
<http://repositorio.poli.ufri.br/monografias/monopoli10008999.pdf> Acesso 08/20/2021 09:25

GOMES, M. H. A.; MACHADO, G. O. ANÁLISE DE DESEMPENHO TERMOACÚSTICO DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO. Anápolis, 2019.
http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/8646/1/TCC2%202019_1%20Gabriel%20e%20Matheus.pdf acesso 05/10/2021 09:59

MARCO, G.; bassi, g. A. ESTUDO DE CASO- MÉTODO CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO “IN LOCO”, 2019
https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_quilherme.pdf Acesso 13/11/2021 11:44

MELO, R.; TORRES, T.; COSTA, D.; FERNANDES, L. PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA EXECUÇÃO DE ESTRUTURA EM PAREDES DE CONCRETO. Bahia, 2014
https://web.archive.org/web/20180602115002id_/http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_140.pdf acesso: 07/10/2021 09:41

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. **COMO CONSTRUIR PAREDES DE CONCRETO**. Revista Técnica, ed. 147. 2009. <https://docplayer.com.br/1653308-Como-construir-paredes-de-concreto.html>
Acesso 12/09/2021 18:47

NAKAMURA, J. COMO COMPRAR FORMAS METÁLICAS PARA PAREDE DE CONCRETO? <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-comprar-formas-metalicas-para-paredes-de-concreto/19648> Acesso 05/10/2021 00:56

NEVES, A. **QUAIS SÃO AS FORMAS PARA PAREDES DE CONCRETOMAS USADAS**
<https://www.blok.com.br/blog/formas-para-paredes-de-concreto> Acesso 05/10/2021 01:59

OLIVEIRA, V. R. M. **AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS APÓS EXECUÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES EM CONCRETO EM EDIFÍCIOS DESTINADOS ÀS HABITAÇÕES POPULARES NA CIDADE DE UBERLÂNDIA**. UBERLÂNDIA, 2019
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26162/3/Avalia%C3%A7%C3%A3oPatologiasAp%C3%B3s.pdf> Acesso 08/10/2021

PACHECO, F. H. **SISTEMA PAREDE DE CONCRETO: ELABORAÇÃO DE LISTAS DE VERIFICAÇÃO PARA APIMORAR A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS**. Porto Alegre, 2012. <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/63188> acesso 07/10/2021 16:24

PESSOA, T. L.S. **MÉTODO PARA MELHORIA DO PROCESSO DE PAREDES DE CONCRETO ARMADO MOLDADAS NO LOCAL COMO USO DE GESTÃO DO CONHECIMENTO, COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO**. Porto Alegre, 2020.
<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/218090?show=full>
Acesso 05/10/2021 21:08

SANTOS, E. B. **ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE ENTRE ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS E PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL EM HABITAÇÕES POPULARES**. Campo Mourão, 2013.
http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6260/2/CM_COECI_2013_1_04.pdf
Acesso 05/10/2021 14:30

SAMPAIO, G. G. D. S., COUTINHO, G. C. NOUGUEIRA, M.D.S., & MANIER, R. J. (2016). **PATOLOGIAS EM PAREDE DE CONCRETO**
http://www.revista.universo.edu.br/index.php?journal=2TRABALHOSACADEMICOS_AOGONCALO2&page=article&op=viewFile&path%5B%5D=3735&path%5B%5D=2416 ACESSO 06/10/2021 12:27

SOUSA, A. F.; BADARÓ, W. A. **ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CAUSADAS POR FALHAS OPERACIONAIS EM PAREDE DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO**. Goiânia, 2019
https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/344/1/TCC_Wendell%20e%20Ate%20adilson acesso 07/10/2021

**ESTUDO DA CONCEPÇÃO E PROJETO DE UM GALPÃO DE COMPOSTAGEM
PARA O MUNICÍPIO DE MAMANGUAPE-PB**Emanoel de Tarso Barbosa dos Santos¹Paulo Sergio do Nascimento Junior²Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros³**RESUMO**

Com o avanço tecnológico e o crescimento populacional, atrelado ao processo de urbanização fez com que a quantidade de resíduos produzidos aumentasse. Com isso, novos métodos de descarte e reaproveitamento foram sendo criados de modo a diminuir os impactos ambientais gerados. Um dos métodos que pode ser utilizado para o tratamento dos resíduos orgânicos é o processo de compostagem. O presente trabalho teve por objetivo fazer uma pesquisa bibliográfica e exploratória de maneira a qualificar o projeto do galpão de compostagem projetado para o município de Mamanguape-PB. Com os conhecimentos obtidos através da pesquisa bibliográfica realizada, foi feita uma análise dos critérios acerca da concepção do projeto do galpão de compostagem a ser implantado na cidade selecionada. Para a criação do projeto arquitetônico do galpão considerou os dados fornecidos pelo Ministério das cidades, normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e estudos científicos de maneira a dar credibilidade ao projeto realizado e aos resultados obtidos. Sendo assim, o galpão visa atender a cidade de Mamanguape-PB, onde a mesma possui um contingente populacional de 42.303 habitantes, para atender a produção de resíduos orgânicos o galpão terá 4.800 m² e possuirá 132 leiras de compostagem.

Palavras-chaves: Compostagem. Resíduos. Impactos. Leiras de compostagem.

ABSTRACT

With technological advances and population growth, linked to the urbanization process, the amount of waste produced increased. As a result, new methods of disposal and reuse were created in order to reduce the environmental impacts generated. One of the methods that can be used to treat organic waste is the composting process. The presente work aimed to carry out a bibliographical and exploratory research in order to qualify the Project of the composting shed designed for the municipality of Mamanguape-PB. With the knowledge obtained through the bibliographical research carried out, an analysis of the criteria regarding the design of the Project for the composting shed to be implemented in the selected city was carried out. For the creation of the architectural Project of the shed, it considered the data provided by the Ministry of cities, norms of the Brazilian Association of Technical Norms –ABNT and scientific studies in order to give credibility to the Project carried out and the results obtained. Thus, the shed aims to serve the city of Mamanguape-

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil E-mail: emanoelpb@hotmail.com

² Graduando do Curso de Engenharia Civil E-mail: paulo.sergio.nj08@gmail.com

³ Professor Orientador, Graduada em Engenharia Ambiental pela UFCG, Mestrado em Engenharia Civil pela UFCG, Docente do Curso Superior em Engenharia Civil da disciplina de Saneamento Básico. E-mail: lucivaniarangel@gmail.com.

PB, where it has a population of 42.303 inhabitants, to meet the production of organic waste, the shed will have 4.800 m² and will 132 composting windrows.

Key-words: Composting. Waste. Impacts. Compost Windrows.

INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos no Brasil no ano de 2019 teve um crescimento em relação ao de 2010, tanto no que diz respeito a geração total do resíduo, bem como na geração per capita por habitantes. Com a implantação da lei do marco legal do Saneamento, sancionada em julho de 2020, os prazos para o encerramento dos lixões foram ajustados, variando conforme a existência do plano de resíduos sólidos e o número de habitantes da cidade, apesar de todas as iniciativas do governo Federal o Brasil ainda possui 2612 Lixões espalhados pelas suas diversas regiões, onde a grande maioria está concentrado na região Nordeste (ABRELPE,2020).

No ano de 2010 foram produzidas 66.695.720 toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), já no ano de 2019 esse número passou para 79.069.585 toneladas, representando um aumento de 12.373.865 toneladas de matérias, esse crescimento também pode ser notado na produção de resíduos gerados por habitante. No ano de 2010 eram produzidos 348,3 Kg/hab/ano, já em 2019 foi de 379,2 Kg/hab/ano. Progressões semelhantes ocorreram nas demais regiões e estados do país (ABRELPE,2020).

No Brasil, com o intuito de apresentar uma nova perspectiva e regulamentar a gestão dos resíduos foi criada a Lei 12.305/2010 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010).

Através da Lei nº 12.305/10 e pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos sólidos, foi proposto aos municípios a meta para a criação de um sistema de gestão integrado que possibilite um gerenciamento adequado dos resíduos sólidos. A referida lei determina que os municípios se adequem a política nacional de resíduos sólidos bem como: não gerar resíduos, reduzir, reutilizar, reciclar e fazer o tratamento do mesmo, bem como uma disposição final adequada dos rejeitos provenientes. Os municípios ficaram responsáveis por criar práticas de gestão mais adequada de forma a garantir de maneira a seguir alguns parâmetros estabelecidos nesta lei, que são: identificação

dos principais fluxos de resíduos que circulam nos municípios e seus impactos, metas de redução, reutilização, aproveitamento entre outros.

Os resíduos orgânicos são materiais compostos por resto de vegetais ou animais produzidos oriundos das atividades de processo humano, podendo ser gerados proveniente de diferentes origens (BRASIL, 2017). De acordo com dados fornecidos pela ASSEMAE (2019), o Brasil produz aproximadamente 37 milhões de toneladas de lixo orgânico por ano, entretanto apenas 1% desse material é aproveitado, o restante é descartado em aterros sanitários. Diante dessa realidade, a decomposição desse material é feita de forma inadequada, produzindo gás metano, material este prejudicial a atmosfera.

Os resíduos orgânicos representam uma fração importante do lixo gerado, contudo, não recebe o tratamento adequado. Existem algumas técnicas de destinação sustentável que auxiliaria no reaproveitamento destes materiais, que são elas: a digestão anaeróbica, o tratamento mecânico e a compostagem (ABRELPE, 2016).

Segundo a (PNRS) Lei – 12.305/2010 (art. 36º, item V), é dever do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos: “Implantar sistemas de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido”. O local onde será alocado, o pátio de compostagem, depende dos objetivos traçados pelo município, além de levar em consideração os dados científicos e de engenharia. Com isso, deve se levar em consideração os seguintes pontos: gerar um produto final sem riscos de contaminação do solo e água, adequado para manuseio e uso na agricultura e recuperação de solos, evitar excessiva produção de lixiviados das leiras de compostagem, evitar a proliferação de moscas e atratividade de outros vetores. (INÁCIO e MILLER, 2009).

A Lei 12.305/2010 incentiva a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos e exige a elaboração de planos municipais e estaduais com a inclusão proveitosa de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis (BRASIL, 2010). A compostagem consiste em um conjunto de técnicas que durante o processo são aplicadas, de modo a incentivar o processo de decomposição dos materiais orgânicos (SILVA *et al.*, 2017).

O processo de compostagem é uma técnica sustentável que auxilia no gerenciamento dos resíduos, portanto tem como finalidade o reaproveitamento dos materiais orgânicos descartados de maneira sustentável, tendo como resultado final um produto que não gera impactos ambientais ao meio ambiente (MELO e DUARTE, 2018). O método da compostagem tem o propósito de estimular com qualidade a estabilização da matéria orgânica, através dos resultados obtidos, são gerados elementos de suma importância para o solo, que posteriormente podem ser utilizados como fertilizantes e substratos com reduzida contaminação (SARTORI et al. 2012). O material resultante do processo de compostagem, pode servir como fonte de renda, pois o adubo produzido ao final desse processo pode ser vendido para lojas de jardinagem, sendo assim, sendo uma excelente fonte de renda (TRIGUEIRO, 2012).

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), lançou em 2017 um manual apresentando os critérios técnicos para a elaboração de projeto, operação e monitoramento de pátios e compostagem de pequeno porte (SILVA et al, 2017). O boletim técnico visa fomentar modelos descentralizados de gestão de resíduos sólidos orgânicos e a consequente adequação de comunidades e municípios à Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS), com a valorização da fração orgânica dos resíduos, a educação ambiental, melhorias na limpeza pública e promoção de geração de renda local, além do estímulo ao consumo de alimentos saudáveis através da agricultura urbana de base agroecológica.

Conforme o Ministério das Cidades (BRASIL, 2008), para construir o galpão que compõe a usina de triagem, deve-se dar preferência pela escolha de materiais já pré-fabricados de concreto, metal ou ainda o uso de mezanino. Em relação à dimensão do galpão, o ministério das cidades, disponibilizou uma área adequada com relação ao total de resíduos recebidos diariamente na usina. Desta forma, as áreas são as seguintes: uma tonelada por dia = área do galpão de 300 m²; duas toneladas por dia = área do galpão de 650 m²; e quatro toneladas por dia = área do galpão de 1200 m².

A Paraíba (2013) estima que a produção de resíduos sólidos em 2030 no município de Mamanguape será de 35.560 kg/dia ou 35,56 ton/dia. Sendo assim, o galpão de compostagem será projetado visando atender a demanda de resíduos de

2030. A coleta desse material é realizada por uma empresa terceirizada, que coleta o material e deposita na estação de transbordo, localizado dentro do território do município. Após esse processo o lixo é colocado em caminhões Bitrem e são levados para os aterros sanitários localizados nas cidades de Guarabira e João Pessoa. Filho (2014) faz referência no seu trabalho ao Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Mamanguape - PB, o qual realizou análise gravimétrica da disposição dos resíduos do município, caracterizando-se da seguinte forma: 42,64% de matéria orgânica (restos de comidas, restos de vegetais, entre outros, 35,39% são rejeitos (entulhos, pedras, concretos entre outros.) e, 21,97% são recicláveis (embalagens, de alumínio, vidros, papel, entre outros).

Através dos dados analisados, é notório que existe a necessidade da implantação da prática de compostagem dos resíduos orgânicos no município de Mamanguape, já que quase a metade (42,64%) de todo resíduos gerado na cidade são compostos orgânicos. Diante do exposto, o trabalho em questão tem como objetivo fazer um estudo da concepção de um galpão de compostagem na cidade de Mamanguape, onde o mesmo vai auxiliar no tratamento adequado da fração dos resíduos sólidos referentes aos componentes orgânicos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A Lei nº 12.305/10, de 2 de agosto de 2010, aborda a Política Nacional de Resíduos Sólidos, além de instituir no seu art. 1º:

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

O autor aborda na citação acima as diretrizes que regem o Política Nacional de Resíduos Sólidos, além de informar as reponsabilidades dos geradores e do governo, tanto no que diz respeito ao descarte, como também procede em relação a coleta e ao tratamento dos resíduos por parte dos governantes.

A Lei nº 12.305/10, de 02/08/2010, retrata no seu Art. 6º alguns princípios importantes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, seguindo esses conceitos os implementadores do plano podem se nortear, de maneira a seguir a lei de maneira eficiente e segura (BRASIL, 2010).

De acordo com Machado (2012) para se ter uma boa análise do que está descrito na lei 12.305/10, deve-se observar os princípios contidos no art. 6º, precisando decifrar todo o corpo da lei, sobretudo, tenho em consideração as definições do art. 3º, os objetivos do art. 7º, as disposições gerais contidas no art. 4º e os instrumentos dispostos no art. 8º, além das disposições preliminares que são abordadas no capítulo I do título III, da Lei em vigor.

Segundo Andrade (2015) a lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), visa viabilizar melhoras que auxiliem o país no enfrentamento dos problemas ambientais decorrentes do tratamento e descarte inadequado dos resíduos. Além de propor prática de hábitos sustentáveis que aumente a quantidade de materiais recicláveis e reutilizáveis. Instituído assim uma responsabilidade compartilhada entre os geradores de resíduos, dos importadores, distribuidores, comerciantes, fabricantes, o cidadão entre outros envolvidos no processo. Por fim, almejar conseguir acabar com os lixões que ainda estão em funcionamento do Brasil.

RESÍDUOS SÓLIDOS

Para se ter um melhor entendimento do que são considerados resíduos sólidos, devemos analisar juridicamente, levando em consideração o que está disposto no inciso XVI, do art. 3º, da Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, sendo assim a mesma define que:

Art. 3º. Para os efeitos desta Lei, entende-se por: [...] XVI – resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos-d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Na citação exposta acima o autor retrata o que são considerados resíduos sólidos. Além de informar que os resíduos sólidos são aqueles que se encontram em estados físicos sólidos ou gasoso, como também podem ser encontrados em outros estados físicos.

De acordo com a NBR 10004/2004 que trata da classificação dos resíduos sólidos, e aborda em seu escopo a definição deles, que de acordo com a mesma é:

Resíduos que estão nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de variação. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004).

De acordo com o exposto pelo autor na citação acima os resíduos sólidos que estão em estado sólido ou semissólido que resultem de diversas atividades. É que ainda pode acrescentar outras definições de acordo com o meio que são captados.

Classificação dos resíduos sólidos

De acordo com os critérios disposto na NBR 10004/2004, os resíduos sólidos podem ser classificados da seguinte forma:

- Resíduos Classe I – perigosas: são aqueles que apresentam periculosidade ou algumas das seguintes características: Inflamabilidade, Corrosividade, Reatividade, Toxicidade ou Patogenicidade.
- Resíduos Classe II – não perigosas: são aqueles que em sua maioria podem ser recicláveis tais como: Sucata de metais ferrosos, Resíduo de restaurante, resíduo de papel e papelão, resíduo de borracha entre outros.
- Resíduos Classe II A – não inerentes: são todos aqueles que não se enquadram nos resíduos classe I ou classe II B. Além de terem propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- Resíduos Classe II B – inerentes: é qualquer material que em contato com água destilada ou desionizada à temperatura ambiente, não tenham nenhuma solubilidade superior aos padrões de potabilidade da água.

Resíduos Orgânicos

De acordo com Marcos (2020) os resíduos orgânicos são todos aqueles materiais que vem de origem biológica, ou seja, resultante de animais, vegetais entre outras fontes. Alguns exemplos de matérias orgânicos são: legumes, restos de pães, frutas, verduras e etc.

Segundo Brasil (2007) os resíduos orgânicos são compostos por um percentual de matéria orgânica que apodrece rapidamente, estes materiais também quando se decompõe gera um odor desagradável devido a ação dos microrganismos.

As pesquisas relacionadas ao reaproveitamento dos resíduos orgânicos têm avançado, tendo como objetivo de reduzir o uso de matérias não renováveis, com isso utilizando técnicas como o uso de biodigestores e da compostagem. Esses tipos de técnicas visam utilizar a matéria orgânica para a produção de energia ou para a criação de adubo orgânico, dando assim um destino mais sustentável aos resíduos produzidos pela população (EMBRAPA, 2021).

FORMAS DE DESCARTE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Lixões

De acordo com Fogaça (2019) os lixões são vazadouros a céu aberto onde não se oferece nenhum tratamento ao material que é depositado neste local, ou seja, a destinação não segue nenhum critério sanitário que vise proteger o meio ambiente, trazendo vários problemas relacionados a contaminação do solo, do lençol freático, além de contribuir para o aparecimento de vetores.

Os lixões ainda são encontrados em diversos municípios do País, mesmo após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos que visa a adoção de técnicas mais adequadas sobre a disposição dos lixos gerados. Ainda foi observado que depois da desativação dos lixões os impactos ao meio ambiente acontecem, tais impactos podem ser notados através de estudos das águas superficiais e subterrâneas entre outros impactos que podem ser notados sem

estudos específicos. É muitos desses impactos podem ser irreversíveis (SOUSA, G.L. et al, 2019).

No Brasil, o uso de lixões para o arranjo dos resíduos orgânicos ainda é uma prática comum, mesmo depois que a política nacional de resíduos foi sancionada, este tipo de depósito do lixo ainda ocasiona diversos danos ao meio ambiente, devido aos lixões não fornecerem uma impermeabilização adequada do solo, fazendo com que o chorume produzido pelo lixo infiltre no solo, podendo chegar nas águas subterrâneas contaminando a mesma (ATHAYDE JÚNIOR et al, 2009).

Aterros sanitários

De acordo com a NBR 8419/1992, define aterro sanitário como sendo:

Aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores se for necessário (ABNT,1992, p. 62).

O autor mostra que os aterros sanitários podem ser caracterizados como uma técnica para a disposição final dos resíduos sólidos, que não prejudica a saúde pública devido a essa técnica visar diminuir os impactos ambientais gerados pelo descarte do lixo.

Segundo Portella e Ribeiro (2014) os aterros sanitários podem ser divididos em 2 tipos de acordo com seu modo de atuação, sendo eles aterros de depressões e aterros de superfície. Nos aterros de depressões, os resíduos provenientes do lixo são depositados em locais que tenham depressões, pedreiras ou em outras áreas que obtenham uma irregularidade causada pelo relevo. No que se diz respeito aos aterros de superfície, os resíduos são dispostos geralmente em áreas de planície, ou ainda em trincheiras ou rampas.

Aterro Controlado

De acordo com Fogaça (2019) são locais onde os resíduos são destinados de forma controlada e depois de alocados recém uma camada de solo por cima da sua superfície. Porém, os aterros controlados não possuem uma impermeabilização do

solo, como também não dispõem de um tratamento para o chorume gerado pelo lixo. Com isso, pode-se perceber que o aterro controlado é uma espécie de transição entre o lixão e o aterro sanitário.

De acordo com a ABNT (1985) o aterro controlado é uma técnica que pretende atenuar os impactos ambientais transformando os lixões em aterros sanitários. Neste tipo de aterro, o lixo não recebe nenhum tipo de tratamento, fazendo com que a qualidade do solo seja comprometida.

Compostagem

Segundo Monteiro et al. (2001) a compostagem é um processo que ocorre de forma natural, através da decomposição de materiais orgânicos, podendo ser de origem vegetal e animal, onde a decomposição acontece com o auxílio dos microrganismos presentes no ambiente.

O processo de compostagem orgânica é uma ação sustentável que visa trazer benefícios ao meio ambiente, por ser um processo biológico, termofílico e controlado, onde o material é biotransformado, podendo ser transformado em adubo orgânico (LOPES *et al.*, 2017). De acordo com Pires *et al.* (2017) no Brasil apenas 4 % dos resíduos orgânicos gerados são reaproveitados, uma vez que aproximadamente 60% dos resíduos gerado no país é composto de resíduos orgânicos.

A compostagem coberta é um método que possibilita a extinção de odores e líquidos, este processo é realizado em composteiras com aeração natural, ou em pilhas estáticas com aeração forçada, são maneiras de se realizar o manejo do material orgânico, esses métodos aparecem como alternativa mais rentável por ser um processo de baixo custo econômico e de menor capacitação profissional para realização do seu manejo, possibilita que esse tipo de técnica seja implementada no Brasil com mais facilidade e rapidez para seguir o que está previsto no PNRS (ASSEMAE, 2015).

Fases da compostagem

De acordo com Dutell (2020), os resíduos de compostagem passam por algumas fases até se tornarem compostos orgânicos. A primeira fase é a fase de degradação ativa, onde ocorre a decomposição da matéria orgânica das matérias de

rápida degradação, podendo durar de 10 a 15 dias. Já a segunda fase do processo de decomposição é conhecida como semi maturação/ bioestabilização, onde as bactérias e fungos trabalham ativamente no processo de decomposição, durante por volta de 2 a 4 meses. A última fase compreende a fase de maturação/ humificação, por se tratar da decomposição mais resistentes como a celulose e lignina, necessitam do auxílio de animais presentes no solo, como as minhocas.

Etapas da compostagem

Segundo Rosa (2021) as etapas da compostagem consistem em separar os resíduos de forma a aproveitá-lo da melhor forma possível, de maneira a tornar a fração orgânica descartada em material sustentável e benéfico ao meio ambiente, como também podem ser úteis a população. Essas etapas são conhecidas como processo de coleta, triagem, compostagem e descarte.

No processo de coleta são coletados os resíduos provenientes de residências, empresas ou outros meios e são levados para o processo de separação. A seguir o material chega no processo de triagem, onde se faz a separação dos materiais orgânicos que iriam ser destinados a etapa de compostagem dos demais resíduos. Já na etapa da compostagem os materiais são levados ao centro de compostagem onde serão tratados de forma adequada. Por fim, na etapa de descarte os materiais que não tem a possibilidade de serem aproveitados na compostagem eles são levados de volta ao aterro sanitário (ROSA, 2021).

GALPÕES DE COMPOSTAGEM E CATADOR

Galpão de compostagem

Os galpões ou pátios de compostagem é o local adequado onde ocorre o processo de compostagem (FEAM, 2005). De acordo com EPA (1994), os elementos essenciais para a implementação de um galpão de compostagem são as leiras de compostagem, o controle de acesso, as áreas de processamento além das demais áreas localizadas no local. Segundo Das (2011) o revestimento dos pátios de

compostagem deve ser impermeabilizado de modo a conter a ação do chorume, evitando assim que o mesmo adentre no lençol freático e conseqüentemente acabe os poluindo. A composição do tipo de pavimento base dos galpões de compostagem podem ser de concretados, de argila compactada, asfáltica ou de combinação de geomembranas, ou seja, o pavimento pode ser escolhido de acordo com a necessidade do local onde será inserido (EPA, 1994).

Catador

De acordo com Silva *et al.* (2014) a Política Nacional de Resíduos Sólidos buscar abordar a coleta seletiva como uma opção para diminuir ou acabar com os lixões existentes no Brasil, como também só destinar aos aterros sanitários a fração dos resíduos que não dar para ser reaproveitado, além disso ao aderir ao sistema da coleta seletiva os municípios podem contribuir para a geração de emprego, uma vez que necessitaram de colaboradores para fazer a separação dos resíduos. Neste caso, o catador seria a pessoa adequada pois é a pessoa que tem uma maior disponibilidade, como também o conhecimento para diferenciar o que pode ser reaproveitado, auxiliando assim no destino final correto, por fim, podem ser montadas associação ou cooperativas que fiquem responsáveis por fazer essa separação dos resíduos.

[...] O catador de resíduos recicláveis é um ator social completamente bem situado e fruto da dinâmica da sociedade moderna. É um ator social de extrema relevância, aliás, como a maioria dos trabalhadores de funções extremamente simples e pouco valorizadas, mas que são de vital importância para o funcionamento da sociedade, nos moldes em que ela está organizada (ROMANSINI, 2005).

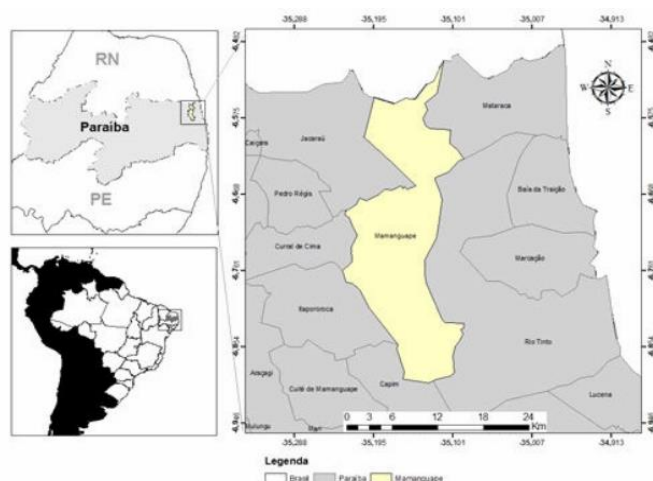
O autor deixa claro na citação acima que o catador de resíduos recicláveis tem uma grande importância social para o processo humano, pois mesmo sendo uma profissão muitas vezes pouco valorizada, traz grandes benefícios a sociedade e ao meio ambiente. Esse é o motivo pelo qual esta profissão deveria ser mais valorizada.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O município de Mamanguape está localizado no litoral norte da Paraíba (Figura 1) cerca de 55 km da Capital Paraibana.

Figura 1: Localização do Município de Mamanguape -PB.



Fonte: Filho (2014).

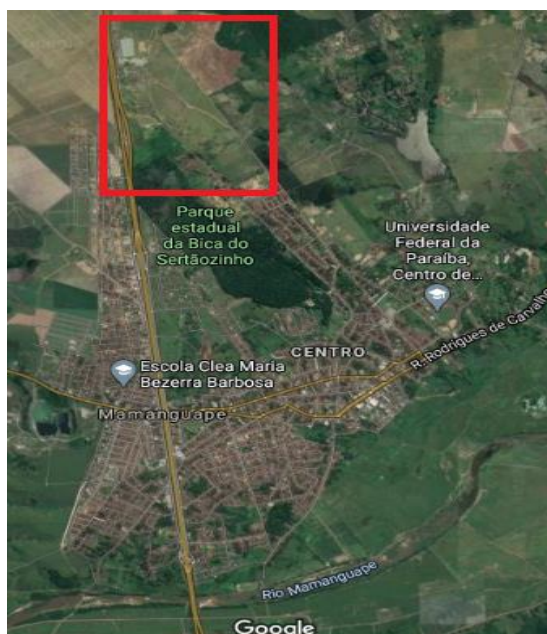
Segundo o IBGE (2010), Mamanguape possui uma área territorial de 337,434 km², e 42.303 habitantes, apresentando 8,3% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 87,6 % de domicílios urbanos em vias públicas. A mesma fonte cita uma população estimada de 45.385 habitantes para o ano de 2021.

A probabilidade de dias com precipitação em Mamanguape varia acentualmente ao longo do ano. A estação de maior precipitação dura 6,0 meses, de 12 de fevereiro a 12 de agosto, com probabilidade máxima de um dia com precipitação é de 55 % em 18 de junho. Em Mamanguape, o verão é longo, quente e de céu quase encoberto; o inverno é curto, morno, com precipitação e de céu quase sem nuvens. Durante o ano inteiro, o tempo é opressivo e de ventos fortes. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 22 °C a 21 °C e raramente é inferior a 21 °C ou superior a 33 °C.

A área escolhida (Figura 2) para a proposta de projeto da construção e instalação do galpão está localizada à 10 km do centro da cidade de Mamanguape, essa distância se faz importante para evitar que chegue a população odores e possíveis vetores que podem surgir com a operação das leiras, outro fator positivo é que a área escolhida situa-se nas imediações da estação de transbordo do

município, com isso facilitando o transporte dos resíduos orgânicos pelos catadores para a usina de compostagem.

Figura 2: Localização no mapa da área para o galpão



Fonte: Google Maps (2020)

TIPO DE PESQUISA

Segundo Zanella (2011) o estudo de caso que auxilia do aprofundamento do seu conhecimento, neste aspecto o estudo de caso é um tipo de pesquisa que foca no estudo aprofundado do assunto em questão, dando um maior detalhamento ao tema. Pois tem por objetivo um enfoque principal no tema base proposto.

De acordo Gil (2008) o estudo de caso tem sido utilizado cada vez mais pelos pesquisadores, pois pode serve de parâmetro para vários tipos de pesquisas. Pois pode abordar situações do cotidiano que não estão bem definidos. Como também descrever uma situação que precisa de algum tipo de investigação para sua comprovação. Além de explicar situações que não seja possível descrever utilizando métodos como levantamento ou experimento.

O estudo de caso pode ser realizado em período de tempo reduzido e com resultados satisfatórios através de confirmação através de outros estudos anteriormente realizados (GIL, 2008).

MÉTODO DOS CRITÉRIOS DO PROJETO EXECUTIVO PARA O GALPÃO

Descrição dos métodos utilizados

Segundo Rynk (1992) os pátios de compostagem devem ser dimensionados de modo a atender o volume de resíduos no período que compreende o processo de compostagem ativa, maturação, estocagem e etc. Para isso, deve ser levado em consideração alguns aspectos como: o período de compostagem ativa de até 90 dias, a retração volumétrica de 50% na fase da compostagem ativa, o coeficiente de encolhimento adotado para esse tipo de composto será de 20% e deve-se considerar a densidade do resíduo orgânico como sendo 1000 Kg/m³.

Para a realização da concepção do projeto do galpão foi considerado alguns critérios como a estimativa de resíduos sólidos produzidos no município em 2030, que gira em torno de 35,56 ton/dia de resíduos (PARAÍBA, 2014). Segundo Filho (2014), aproximadamente 42,64% dos resíduos produzidos na cidade de Mamanguape-PB e referente a compostos orgânicos. Ao usarmos o percentual de resíduos informado por Filho e a quantidade de resíduos estimadas para 2030 no Plano de regionalização da gestão integrada de resíduos sólidos do estado da Paraíba, obteve-se aproximadamente 14 ton/dia de resíduos orgânicos. Com esses dados em mãos poderá ser feito pré-dimensionamentos de todas as áreas que englobam o pátio de compostagem.

RESULTADO E DISCUSSÃO

DIMENSIONAMENTO DOS PÁTIOS DE COMPOSTAGEM, PÁTIO DE CURA, PÁTIO DE ESTOCAGEM

Dimensionamento do pátio de compostagem

Volume de matéria orgânica no pátio de compostagem

A quantidade de resíduo orgânicos produzidos no município de Mamanguape é de 22 ton/dia. Considerando que o pátio tenha um período de trabalho de 7 dias, deve-se calcular o volume de matéria orgânica recebida no pátio.

O volume de material orgânico recebido semanalmente no pátio é:

$$V_{\text{recebido semana}} = \text{massa resíduo}_{\text{entrada pátio}} * d_{\text{aparente do resíduo}} \quad (1)$$

$$V_{\text{recebido semana}} = 14 \frac{\text{ton}}{\text{dia}} * 7 \text{ dias} * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} * 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_{\text{recebido seman}} = 98 \text{ m}^3$$

O período de compostagem ativa dura 90 dias, sendo assim:

$$P_{ca} = \frac{\text{período da compostagem ativa}}{\text{dias de funcionamento do pátio na semana}} \quad (2)$$

$$P_{ca} = \frac{90}{7} = 12,9 \text{ semanas}$$

O volume de resíduos orgânicos no processo de compostagem é de:

$$V_{\text{resíduo orgânico na compostagem}} = V_{\text{recebido semana}} * P_{ca} \quad (3)$$

$$V_{\text{resíduo orgânico na compostagem}} = 98 * 12,9 = 1.264,20 \text{ m}^3$$

Para a composição das leiras de compostagem adota-se uma proporção de matérias-primas sendo $\frac{1}{4}$ de palha e $\frac{1}{4}$ de serragem. Sendo $V_{\text{resíduo orgânico na compostagem}} = 1.264,20 \text{ m}^3$ e seguindo as proporções anteriormente informadas, serão necessários $316,05 \text{ m}^3$ de palha e $316,05 \text{ m}^3$ de serragem que compõe a massa de serragem ao longo de 90 dias. Sendo assim, o volume total de matérias-primas é de:

$$V_{\text{total de matérias-primas}} = \text{Volume total de matérias-primas} \quad (4)$$

$$V_{\text{total de matérias-primas}} = 1.264,20\text{m}^3 + 316,05\text{m}^3 + 316,05\text{m}^3 = 1.896,30 \text{ m}^3$$

Volume das matérias-primas após o processo de mistura

Para a realização do cálculo do volume misturado deve-se levar em consideração o coeficiente de redução de 20%, devido as diferentes densidades dos matérias usados na mistura (RYNK, 1992). Então o volume de mistura é:

$$V_{\text{mistura}} = (1 - C_S) * V_{\text{total de matérias-primas}} \quad (5)$$

$$V_{\text{mistura}} = (1 - 0,2) * 1.896,30 = 1.517,04 \text{ m}^3$$

Segundo Inácio & Miller (2009), as leiras estáticas aeradas em formato retangular tem as dimensões de 2 m de base, 1,5 m de altura e 6 m de comprimento. Dados que serão usados no projeto.

$$\text{Área}_{\text{transversal}} = b * h \quad (6)$$

$$\text{Área}_{\text{transversal}} = b * h = 2 * 1,5 = 3\text{m}^2$$

$$\text{Volume}_{1 \text{ leira}} = \text{Área}_{\text{transversal}} * \text{comprimento} \quad (6.1)$$

$$\text{Volume}_{1 \text{ leira}} = \text{Área}_{\text{transversal}} * \text{comprimento} = 3\text{m}^2 * 6\text{m} = 18 \text{ m}^3$$

Número de leiras ativas

Para obter a quantidade de leiras necessárias para atender a demanda de compostos orgânicos deve-se dividir o volume após a mistura de matérias-primas e o volume de 1 leira.

$$N_{leiras} = \frac{V_{mistura}}{Volume_{1leira}} \quad (7)$$

$$N_{leiras} = \frac{V_{mistura}}{Volume_{1leira}} = \frac{1.517,04m^3}{18m^3} = 84,28 leiras \cong 84 leiras$$

Foram adotadas 84 leiras.

Espaçamento entre as leiras

O espaçamento entre as leiras adotados será de 2 m em todas as direções de forma a atender o acesso, montagem, manutenção e facilitar o manejo das leiras.

Área do pátio de compostagem

Para determinar a área do pátio de compostagem é o número de espaçamento somado a mais uma unidade, ou seja:

$$A_{pátio} = \text{Área do pátio de compostagem} \quad (8)$$

$$N_{espaçamento} = N_{leiras} + 1$$

$$A_{pátio} = N_{leira} * A_{leira} + N_{espaçamento} * W_{espaçamento}$$

$$A_{pátio} = N_{leira} * A_{leira} + (N_{leira} + 1) * A_{espaçamento}$$

$$A_{pátio} = 84 * (2 * 6) + (84 + 1) * (2 * 6 * 2) = 3.048 m^2$$

Dimensionamento do pátio de cura

Pátio de cura

A área do pátio de cura foi calculada de modo a comportar o material que é liberado do pátio de compostagem. Segundo Rynk (1992), ao final do processo de compostagem o material orgânico sofre uma redução de 50% no seu volume. Desta forma, pode-se calcular o volume do pátio de cura, referente ao período de 90 dias. O volume que entra no pátio de cura é de:

$$V_{cura(90dias)} = V_{mistura} * C_V \quad (9)$$

$$V_{cura(90 dias)} = 1.517,04 * 0,5 = 758,52 \text{ m}^3$$

O período de cura estabelecido para o pátio de compostagem localizado no município de Mamanguape será de 45 dias de acordo estudos realizados por (RYNCK, 1992).

$$V_{cura(45 dias)} = \frac{V_{cura}}{2} \quad (10)$$

$$V_{cura(45 dias)} = \frac{V_{cura}}{2} = \frac{758,52 \text{ m}^3}{2} = 379,26 \text{ m}^3$$

O formato das leiras de cura será adotado seguindo os seguintes dados, 5m de comprimento, 3 m de largura e 2 metros de altura. Portanto, o volume de 1 leira de cura será de 30 m³.

Número de leiras de cura

O número de leiras de cura é o resultado da divisão do volume máximo comportado pelo seu período de maturação. Também essa etapa deve-se determinar os espaçamentos laterais das leiras que será de 1 m, devido nessa fase não precisar fazer a mistura do composto.

$$N_{leiras cura} = \frac{V_{cura(45 dias)}}{V_{leira cura}} \quad (11)$$

$$N_{leiras cura} = \frac{V_{cura(45 dias)}}{V_{leira cura}} = \frac{379,26}{30} = 12,642 \text{ leiras de cura} = 13,00 \text{ leiras de cura}$$

Área do pátio de cura

$$A_{cura} = N_{leira cura} * A_{cura} + N_{espaçamento} * W_{espaçamento} \quad (12)$$

$$\text{Área do pátio de cura} = A_{cura}$$

$$A_{cura} = N_{leira\ cura} * A_{leira\ cura} + (N_{leira} + 1) * A_{espaçamento}$$

$$A_{cura} = 13 * (3 * 5) + (13 + 1) * (2 * 5 * 2) = 475\ m^2$$

Dimensionamento do pátio de estocagem

Volume de estocagem

O volume de estocagem é aquele que resta após o período de maturação, onde seu volume é reduzido em 20%, para obter o volume de material comportado no pátio de estocagem deve-se usar um coeficiente de retração do material de 0,2 (RYNK, 1992).

$$V_{estocagem(7dias)} = \frac{V_{cura} - (V_{cura} * C_V)}{7} \quad (13)$$

$$V_{estocagem(7dias)} = \frac{V_{cura} - (V_{cura} * C_V)}{7} = \frac{379,26 - (379,26 * 0,2)}{7} = 43,344\ m^3$$

As dimensões das leiras de estocagem serão de 3m de comprimento, 2,5m de largura e 1,5m de altura, possuindo assim um volume de 11,25m³.

Número de leiras de estocagem

$$N_{leiras\ estoque} = \frac{V_{estoque(7dias)}}{V_{leira\ estoque}} \quad (14)$$

$$N_{leiras\ estoque} = \frac{V_{estoque(7dias)}}{V_{leira\ estoque}} = \frac{43,344}{11,25} = 3,85\ leiras\ ou\ 4\ leiras$$

Área do pátio de estocagem

Para determinar a área do pátio de estocagem, será determinado 1 m de espaçamento laterais.

$$A_{estoque} = N_{leira} * A_{leira} + N_{espaçamento} * W_{espaçamento} \quad (15)$$

$$\text{Área do pátio de cura} = A_{estoque}$$

$$A_{estoque} = N_{leira} * A_{leira} + (N_{leira} + 1) * A_{espaçamento}$$

$$A_{estoque} = 4 * (2,5 * 3) + (4 + 1) * (5 * 1 * 1) = 55 \text{ m}^2$$

Dimensionamento da área de estocagem de palha e serragem

Para o dimensionamento das palhas e da serragem que serão usadas durante o processo de compostagem, foram dimensionados 2 compartimentos cobertos, para atender a demanda de 14 ton/dia de material orgânico que é a quantidade de resíduos orgânicos previsto para a cidade de Mamanguape no ano de 2030, sendo assim, este será o momento em que o local funcionará com sua capacidade máxima, portanto, esse compartimento conseguirá suprir a demanda destes matérias por até 2 dias. As dimensões dos compartimentos serão de 6,0 m de comprimento e 6,0 m de largura, tendo uma área de 36 m². O local deve possuir pavimento impermeável, além de ser coberto e possuir ralos para captar possíveis líquidos oriundos do acúmulo dessas matérias.

Síntese geral

Os resíduos orgânicos produzidos no município de Mamanguape diariamente giram em torno de 14 toneladas, sendo que esses resíduos não são destinados de forma adequada. Devido à falta de gestão desses resíduos.

Devido a cidade de Mamanguape não ter um plano de gestão e separação dos resíduos produzidos, faz que a fração sólida e orgânica do material sejam destinadas em um mesmo local, impedido assim uma separação adequada dos resíduos.

Todo o lixo produzido e coletado na cidade é levado até uma estação de transbordo onde posteriormente, uma empresa terceirizada faz o transporte destes resíduos até um aterro localizado na cidade de João Pessoa, com o auxílio de caminhões bitrens.

Através dessas informações foi criado uma concepção de projeto a ser implantado posteriormente na cidade de Mamanguape-PB.

O cálculo para o dimensionamento dos elementos dos galpões foi realizado levando em consideração os dados estimados de geração de resíduos orgânicos previstos para o ano de 2030, como constam na Tabela 1.

Tabela 2: Área, capacidade máxima e período em que o resíduo permanece em cada elemento.

Elemento	Área(m²)	Capacidade máxima	Período
Galpão ou pátio de compostagem	3.048	1.517,04 m³	90 dias
Pátio de cura	475	379,26 m³	45 dias
Pátio de estocagem	55	43,344 m³	7 dias
Estoque de palha	36	14 ton/dia	2 dias
Estoque de serragem	36	14 ton/dia	2 dias

Fonte: Autoria própria (2021)

A tabela 1 aborda o detalhamento acerca da área total de cada galpão, além de informar a capacidade máxima de trabalho de cada pátio, descrevendo ainda o período de tempo de cada local.

As dimensões das leiras que foram calculadas estão inseridas na Tabela 2.

Tabela 3: Quantidade de leiras de compostagem, de cura e de estoque e seus respectivos volumes

Tipo de leira	Quantidade(und)	Volume(m³)
Leira de compostagem	84	18
Leira de Cura	13	30
Leira de estoque	4	11,25

Fonte: Autoria própria (2021)

A tabela 2 busca identificar cada tipo de leira existente no complexo de compostagem, retratando desde dos seus tipos, como também a quantidade de leiras instaladas, além da capacidade de armazenamento de cada leira.

PROCEDIMENTOS PARA A CRIAÇÃO DA CONCEPÇÃO DO PROJETO DO GALPÃO DE COMPOSTAGEM

Para atender as exigências necessárias para a criação de um galpão de compostagem, devido ao chorume produzido, deve-se tomar algumas precauções de maneira a evitar possíveis poluições no solo ou no lençol freático.

Com a área de locação do projeto determinada, foi criado um projeto arquitetônico do galpão de compostagem que visa atender a demanda de resíduos orgânicos produzidos no município de Mamanguape. Segundo o Ministério das cidades (2010), através da secretária Nacional de Saneamento Ambiental informa que para dimensionar um galpão de compostagem devem seguir as seguintes exigências:

- Verificar a inexistência de corpos d'água (córregos, rios, lagos, etc.).
- Verificar inexistência de evidências de ocorrência de freático (lençol d'água) próximo à superfície da área.
- Verificar as condições e a existência de vias de acesso rodoviário, de modo a facilitar o acesso ao pátio de compostagem.
- Analisar se a natureza, consistência e granulometria aparentemente adequadas das camadas do subsolo próximas à superfície, são adequadas para a implementação do pátio de compostagem.
- Verificar a extensão da área de locação do pátio, além de verificar se as condições topográficas são adequadas.
- Analisar se custo da implementação e rentável.
- Verificar a inexistência de áreas de preservação ambiental na localidade.

As informações acima informadas servem de parâmetro para a criação do projeto de um galpão de compostagem, pois só seguindo todas recomendações desse e de outros parâmetros e possível criar um projeto de acordo com as normas vigentes.

PROJETO ARQUITETÔNICO DO GALPÃO DE COMPOSTAGEM

Como pode-se observar nas plantas baixas do projeto arquitetônico descritas na Tabela 3, pode-se notar o detalhamento da distribuição das leiras de maneira a

facilitar o manejo, além de detalhar o local adequado onde ocorrerá o transbordo do material coletado. Nele também estará contido a distribuição arquitetônica do escritório e demais projetos como a do pátio de compostagem, cura e estocagem.

Com a criação e implementação deste projeto o município pode se adequar aos critérios da política nacional de resíduos sólidos, dando um destino mais adequado ao lixo produzido no município, além de transformar a matéria orgânica gerada em adubo, que pode ser utilizado como fonte de renda para os catadores do município.

Tabela 4: Relação gráfica do projeto.

Descrição	Localização
Vista 3D do Galpão de compostagem, cura e triagem	Anexo A
Plantas dos Cortes do Galpão de compostagem, cura e triagem	Anexo B
Plantas das Fachadas do Galpão de compostagem, cura e triagem	Anexo C
Plantas baixas do Galpão de compostagem, cura e triagem	Anexo D

Fonte: Autoria própria (2021)

DISCURSÕES DOS RESULTADOS

Em relação a criação e dimensionamento dos galpões de compostagem, não existe no país uma normatização que auxiliem os profissionais que atuam na área de dimensionamento e detalhamento de projetos na área da compostagem. No Brasil, atualmente temos como parâmetro para estudo a ABNT (1996), que aborda apenas a compostagem de resíduos domiciliares, sendo assim, acaba não abrangendo a produção de resíduos orgânicos em grande escala. Ainda a respeito do dimensionamento dos pátios, existe uma cartilha do ministério do meio ambiente sobre unidades de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos, cartilha essa também que fornece poucos dados com parâmetro.

No que diz respeito ao estudo das literaturas relacionadas ao projeto, ainda existe uma carência muito grande, pois ainda não existem grandes investimentos em linhas de pesquisas nessa área e de profissionais capacitados na área, como também precisa de um maior incentivo e políticas públicas que incentivem estudos acerca do tratamento dos resíduos orgânicos.

O tratamento dos resíduos orgânicos realizados em pátios de compostagem podem trazer diversos benefícios socioambientais, entre os benefícios oferecidos por esse método de tratamento dos resíduos está a geração de emprego a população da região ao qual está inserido, educação ambiental da população, transformação dos resíduos orgânicos em adubo, que posteriormente pode ser usado na agricultura da região, além da diminuição da poluição/contaminação ocorrida ao se descartar o material de forma inadequada.

Por fim, o local escolhido para a implantação dos Galpões foi escolhido levando em consideração todas as questões ambientais e proximidade com a área de transbordo da região, facilitando o transporte de resíduos orgânicos para o local, para que posteriormente passe por um processo de triagem, antes de ser levados as leiras de compostagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto do galpão de compostagem traz um esboço da distribuição que ocorrerá no interior do local. Além da concepção dos projetos arquitetônicos do galpão de compostagem, pátio de cura, pátio de estocagem, pátio de estoque de palha e serragem. Como também o Pátio que comportará o administrativo, os vestiários, área de triagem. Com esses projetos apresentados, podem ser feitas análises sobre o processo de funcionamento do galpão. O projeto seguiu todos as normas e estudos acerca dos critérios técnicos pré-estabelecidos para a criação de um galpão de compostagem.

Os resíduos gerados que não passam por um processo de descarte e tratamento adequado pode gerar graves problema ambientais, tais como a contaminação do lençol freático, emissão de gases poluentes, contaminação do solo e surgimento de vetores.

Entretanto, a criação de um galpão de compostagem auxiliaria no tratamento de uma parcela dos resíduos sólidos, ou seja, os resíduos orgânicos, trazendo assim benefícios ao município, através da gestão desses resíduos.

Portanto, conclui-se que o maior objetivo do galpão de compostagem, é gerar um local que atenda as demandas da política nacional de resíduos sólidos, além de gerar emprego e renda para os catadores da região, como também contribuir com o

meio ambiente, fazendo também com que o município se adeque a política nacional de resíduos sólidos.

Sendo assim, como sugestão para o desenvolvimento aprimorado deste galpão, propõe-se uma continuação do projeto apresentado, podendo citar a elaboração de projetos elétricos, hidro sanitários, de escoamento do lixiviado e estrutural, bem como após a conclusão dos projetos citados anteriormente, deve ser feito o acompanhamento da sua execução, para se fazer uma avaliação adequada sobre as suas condições de funcionamento.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 8.419/1992: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro. 1992.

ABNT. **NBR 8.849/1985: apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro. 1985.

ABNT. **NBR 10.004/2004: Resíduos sólidos- classificação.** Rio de Janeiro. 2004.

ABRELPE. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2020.** São Paulo: Abrelpe, 2020. 52 p.

ABRELPE. **ROTEIRO:** para aproveitamento dos resíduos orgânicos. São Paulo: Abrelpe, 2016.

ANDRADE, Marília *et al.* **Lei nº 12.305/10 - Política Nacional de resíduos sólidos:** pontos abordados pela lei nº 12.305/10. Pontos abordados pela Lei nº 12.305/10. 2015. -. Disponível em: <https://mariliaandrase.jusbrasil.com.br/artigos/188318626/lei-n-12305-10-politica-nacional-de-residuos-solidos>. Acesso em: 04 out. 2021.

ASSEMAE. **Apenas 1% do lixo orgânico é reaproveitado no Brasil:** o Brasil produz quase 37 milhões de toneladas de lixo orgânico. O Brasil produz quase 37 milhões de toneladas de lixo orgânico. 2019. Disponível em: <http://www.assemae.org.br/noticias/item/4494-apenas-1-do-lixo-organico-e-reaproveitado-no-brasil>. Acesso em: 09 set. 2021.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B. et al. Efeito do antigo Lixão do Roger, João Pessoa, Brasil, na qualidade da água subterrânea local. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 142-155 2009.

BRASIL. LEI nº 12305. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília, DF: Congresso Nacional, 02 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 27 set. 2021.

BRASIL. DECRETO N° 7404, de 23 de dezembro de 2010. **Estabelece normas para a execução da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: Casa Civil, 2010.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Resíduos Sólidos: Processamento de resíduos sólidos orgânicos: Guia do Profissional**. Belo Horizonte: RECESA, 2007. Disponível em: <
https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/recesa/processamentoderesiduossolicosorganicos-nivel2.pdf> Acesso em: 23 Set. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **GESTÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS**: 2017. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos.html>. Acesso em: 07 set. 2021.

DAS, B. M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. Cengage Learning, São Paulo: SP, 610p, 2011.

DUTELL, D. G. **ESTUDO DA CONCEPÇÃO E INSTALAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM UM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE**: -. 2020. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2020. Cap. 1.

EMBRAPA (Brasil). **APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/60497610/aproveitamento-de-residuos-organicos-e-compostagem-e-tema-de-live-em-show-rural>. Acesso em: 26 set. 2021.

EPA, United States Environmental Protection Agency. **Composting of Yard Trimmings and Municipal Solid Waste**, EPA/530/R94 – 003, 151 p. 1994.

FEAM. **Operações Básicas para a Operação de Usinas de Traigem e Compostagem de Lixo.Fundação Estadual do Meio Ambiente**. Belo Horizonte: FEAM. 2005. 52p. il.

FILHO, W.G.B. Plano de Gerenciamento de resíduos sólidos do município de Mamanguape-PB: paradigmas da gestão ambiental local. **Geogr.Acadêmica**.Rio Tinto, v. 8, n. 2, p. 82-93, 28 nov. 2014. -. ISSN 1678-7226.

FOGAÇA, J. R. V. **Diferença entre lixões, aterro controlado e aterro sanitário**. 2019. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/diferenca-entre-lixao-aterro-controlado-aterro-sanitario.htm>. Acesso em: 05 out. 2021.

GIL, A. C. **Métos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008. 200 p.

GUEDES, L. N. **Análise da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Equador - RN**. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Maurício de Nassau, Campina Grande, 2018.

INÁCIO, C. T. & MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

LOPES, I. G. *et al.* COMPOSTAGEM ORGÂNICA: método eficiente para a gestão de resíduos de animais da aquicultura. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 14, n. 1, 2017.

MACHADO, P. A. L. Princípios da política nacional de resíduos sólidos. **Revista do Tribunal Regional Federal**. São Paulo, v. 24, n. 7, p.22, jul. 2012.

MAMANGUAPE. Prefeitura de Mamanguape. **História**. Disponível em: <https://www.mamanguape.pb.gov.br/historia/>. Acesso em: 25 mai. 2021.

MARCOS, A. S. N. **SAIBA O QUE SÃO RESÍDUOS ORGÂNICOS**. 2020. Disponível em: <https://www.ciclolimpo.com/blog/19-saiba-o-que-sao-residuos-organicos>. Acesso em: 23 set. 2021.

MELO, C. X.; DUARTE, S. T. **Análise da compostagem como técnica sustentável no gerenciamento dos resíduos sólidos**. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 5, n. 10, p. 691-710, 31 ago. 2018.

MONTEIRO *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos** / José Henrique Penido Monteiro (*et al.*); coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

NASCIMENTO, V. F. *et al.* Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil: **Ambiente & Água**: São José dos Campos, v. 10, n. 4, p. 890-902, 27 out. 2015.

PARAÍBA. Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. **Plano de Regionalização da gestão integrada de resíduos sólidos do estado da Paraíba**. 2014.

PIRES, I. C. G. *et al.* COMPOSTAGEM NO BRASIL SOB A PERSPECTIVA DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinho, v. 9, n. 1, p. 1-18, 2017.

PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS (Brasil). Portal Resíduos Sólidos. **RESÍDUOS ORGÂNICOS**: biodigestor, compostagem ou incinerador. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/residuos-organicos-biodigestor-compostagem-ou-incinerador/>. Acesso em: 22 set. 2021.

PORTELLA, M. O; RIBEIRO, J. C. J. Aterros Sanitários: aspectos gerais e destino final dos resíduos. **Direito Ambiental e Sociedade**, Caxias do Sul, v. 4, n. 1, p. 115-134, 2014. Quadrimestral.

ROMANSINI, S. R. M. **O catador de Resíduos Sólidos Recicláveis no Contexto da Sociedade Moderna**. Criciúma, 2005.

ROSA, Bruno. **Compostagem**: entenda o que é e o que são as utc. Entenda o que é e o que são as UTC. 2021. EMAS Jr. Disponível em:

https://emasjr.com.br/blog/2021/04/14/compostagem-entenda-o-que-e-e-o-que-sao-utc/?gclid=CjwKCAjw7--KBhAMEiwAxfpkWALz8Bk0nDL6qghiw54uIyA-BjmV8Zm3ZDmgkN1X5gAH14cerojWnRoCqhgQAvD_BwE. Acesso em: 05 out. 2021.

RYNK, R. et al. On-farm composting handbook. Ithaca, NY: Cooperative Extension, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 1992.

SARTORI, V. C. et al. **Cartilha para Agricultores**: Compostagem produção de fertilizantes a partir de resíduos orgânicos. Universidade de Caxias do Sul (UCS) 18. Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, 2012.

SILVA, B. M. et al. **CRITÉRIOS TÉCNICOS PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO, OPERAÇÃO E MONITORAMENTO DE PÁTIOS DE COMPOSTAGEM DE PEQUENO PORTE**: Florianópolis: Fapesc, 2017. 48 p.

SILVA, R. A. et al. **A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MEIO RURAL**: o estudo de um assentamento da região nordeste do Brasil. Gestão e Sociedade, Belo Horizonte, v. 8, n. 20, p. 594-613, 2014. ISSN 1980-5756. Disponível em: <https://www.gestaoesociedade.org/gestaoesociedade/article/view/1992/1089>. Acesso em: 27 set. 2021.

SOUSA, G.L. et al. LIXÃO A CÉU ABERTO: implicações para o meio ambiente e para a sociedade. **Valore**. Volta Redonda, v. 4, n. -, p. 368-376, 10 set. 2019. -. 367-376, 2019.

TORRES, D. J. **A gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Santa Rita/PB**, 2017. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

TRIGUEIRO, André. **Lixo orgânico é transformado em negócio lucrativo no Brasil**: -. -. 2012. -. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2012/07/lixo-organico-e-transformado-em-negocio-lucrativo-no-brasil.html>. Acesso em: 05 out. 2021.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de Pesquisa**. 2. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração, 2011. 134 p.

**MONITORAMENTO O PROCESSO DE EROSÃO COSTEIRA NA FALÉSIA ATIVA
DO CABO BRANCO, LITORAL SUL DE JOÃO PESSOA-PB**

Gefferson Celestino de Moraes
Laudelino de Araújo Pedrosa Filho
Williams da Silva Guimarães de Lima

RESUMO

As evidências atuais da elevação do nível do mar e com prognósticos de aceleração neste, ocasionado pelo aquecimento global, constituem uma preocupação em escala mundial. É importante quantificar o recuo da linha de costa e avaliar esse deslocamento em termos de perspectivas futuras de sua elevação. A zona costeira é um ambiente dinâmico, onde o uso e ocupação do solo por vezes desornadas, gera riscos aos equipamentos públicos ocasionados por processos erosivos. A erosão costeira nas últimas décadas é considerando um grave problema que afeta mais de 50% das linhas de praia em escala global, o que torna praticamente impossível prever intervenção para cada praia. A reação mais racional seria em não intervir nesse ambiente, aprendendo a conviver com a erosão. Todavia, que se realiza estudos, estes podem indicar quais das diversas técnicas e/ou estruturas devem ser utilizadas com diferentes materiais, podendo ser adaptadas para resolver um problema peculiar de erosão. Se faz necessário identificar os fatores considerando a escolha de uma solução mais adequada entre as inúmeras possibilidades de obras de intervenção costeira. Buscando entender toda essa dinâmica. O presente trabalho busca monitorar a área da Falésia ativa do Cabo Branco, litoral de João Pessoa-PB, conhecendo as técnicas de intervenção de obras costeira menos impactante para esse ambiente. Para a realização da pesquisa foram obtidos dados fotográficos e imagens de do Google Earth, além dos dados obtidos do projeto de iniciação científica realizada no trecho, área objeto de estudo.

Palavras-chaves: Erosão costeira; Gestão integrada da zona costeira; Monitoramento.

ABSTRACT

Evidence of sea level rise and with predictions of sea level acceleration, caused by global warming, is an important concern on a world scale. It is important to quantify the setback of the shoreline and assess this displacement in terms of future prospects for its elevation. The coastal zone is a dynamic environment, where the use and occupation of the land, sometimes undisturbed, generates risks to public equipment caused by erosion processes. Coastal erosion in recent decades is considered a serious problem that affects more than 50% of beach lines on a global scale, which makes it practically impossible to predict intervention for each beach. The most rational reaction would be not to intervene in this environment, learning to live with erosion. However, when studies are carried out, they can indicate which of the different techniques and/or structures should be used with different materials, and they can be adapted to solve a peculiar erosion problem. It is necessary to identify

the factors considering the choice of a more adequate solution among the possibilities of coastal intervention works. Seeking to understand all this dynamics The present work seeks to monitor an area of the active Falésia do Cabo Branco, coast of João Pessoa-PB, knowing the intervention techniques of coastal works that have less impact on this environment. To carry out the research, photographic data and images from Google Earth were obtained, in addition to data obtained from the scientific initiation project carried out in the stretch, the area of the object of study.

Keywords: Coastal erosion; Integrated coastal zone management; Coastal monitoring.

INTRODUÇÃO

A zona costeira é um ambiente extremamente dinâmico e com rápida mutação, gerando riscos e desastres tanto de origem antropogênicos quanto naturais. A erosão é uma das primeiras e principais respostas ao desequilíbrio do ambiente costeiro, formada pela erosão do material oriundo da parte continental e nesse caso, em virtude da ação de fenômenos que provocam deslizamento de massa, ocasionado pelo batimento das ondas que possuem um elevado poder de destruição. Santos (2016), sugere que os problemas decorrentes desse processo são agravados pela falta de planejamento do uso e ocupação do solo, além da elevação do nível do mar. O Nordeste Brasileiro tem boa parte da sua costa formada por falésias sedimentares ativas que sofrem constantemente com esse processo de erosão.

Para mitigar os riscos e o processo de erosão costeira, se faz necessário planejamento estratégico com monitoramento da área que sofre com esses tipos de fenômenos, pois variam de acordo com a dinâmica costeira local. Deve-se levar em consideração aspectos mais importantes, que direcionam os níveis de erosão, como por exemplo, direção de correntes, altura de ondas, amplitude de marés, vento, geologia da área e a morfologia costeira (NASCIMENTO, 2009). Esses processos físicos, em última análise, resultam em erosão, que por sua vez pode ser agravado por influências climáticas, nível do mar, desmatamento da área, obras de construção entre outros (ZHU, 2010).

A Engenharia Costeira é considerada uma ciência aplicada e interdisciplinar, se amparando em disciplinas, tais quais, oceanografia, geologia, geografia, biologia, química, física, matemática, economia, administração, sociologia, direito, história,

dentre tantas outras ciências, as quais se agrupam sobre os diferentes aspetos das complexas interações que ocorrem na zona costeira. Neste espaço que compreende essa dinâmica costeira, existem fenômenos, tais quais, vento, ondas, correntes, água, sedimentos e a vida (animal, vegetal, seres humanos), interagindo entre si. Aplicando seus princípios básicos, cada ramo dessas ciências acima mencionadas, procura compreender e explicar os diversos fenômenos que dominam esses processos.

Numa perspectiva associada da resolução de problemas existentes na zona costeira, considera-se que os estudos que porventura for desenvolvido deve conciliar ambas as vertentes, levando em consideração, investigação científica e projeto de engenharia. Ao conceber essa análise, sabendo que não só a resolução de um problema, mas também a da preservação e buscar dar garantias sustentável para as gerações futuras, é necessário apresentar estreita cooperação entre engenheiros e investigadores nas mais diversas formações.

Partindo desse pressuposto, levando-se em consideração a complexidade e os aspectos difusos com que estes fenômenos ocorrem na zona costeira, a gestão e o monitoramento deste espaço devem se preocupar principalmente com a gestão das vulnerabilidades e dos riscos existentes, além de estabelecer uma política e planeamento estratégico. Considera-se que uma Gestão Costeira Integrada ideal deve ser consideradas questões que envolvem os aspectos ambientais, sociais e econômicos, garantindo que as intervenções propostas que serão executadas, além de ser sustentáveis, devem fornecer um conjunto de qualidades, condições e melhorias adequadas aos residentes e usuários da área onde será realizada a intervenção.

É fundamental uma colaboração eficaz e comprometida entre as instituições com reconhecida capacidade científica específica nesta área e as entidades gestoras (público/privado), conduzidas por interlocutores competentes, de modo a que o mútuo entendimento, viabilize uma tomada de decisão fundamentada em conhecimento científico. É necessário ter consciência que a gestão costeira é um processo evolutivo e adaptativo, sendo capaz de absorver os problemas que existem atualmente, além de outras questões, como imprevistos, que ocasionalmente possam apareçam em situações futuras (CARMO, 2014).

Por fim, o apelo do povo paraibano pela preservação desse patrimônio natural, justifica, uma ação de intervenção de obras de engenharia costeira, pois a orla do município de João Pessoa, em razão de processos naturais, amplificado por ações antrópicas, enfrenta a erosão marinha. Estes fenômenos naturais atingem principalmente a Praia do Seixas, Ponta do Cabo Branco (falésia ativa) e trecho da praia do Cabo Branco defronte à Praça de Iemanjá. O objetivo presente estudo, é monitorar, além de identificar se o tipo de intervenção adotada na falésia ativa do Cabo Branco, atendeu os ritos científicos de obras de engenharia costeira específicos para este tipo de ambiente e quais os seus reflexos pós-intervenção foram observados a partir de monitoramento antes, durante e depois obra.

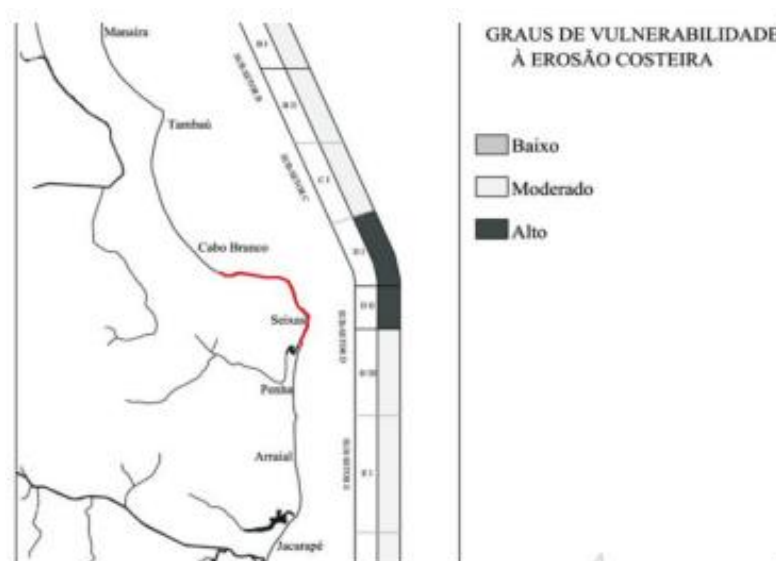
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Causas de Erosão / Medidas de Proteção

É notório que o crescente desenvolvimento de atividades humanas em ambientes costeiros, aumenta a preocupação com os riscos da erosão nessas áreas ao longo de décadas. Vale salientar que algumas mudanças nesse ambiente por vezes são consideradas de longo prazo, outras de curto prazo ou até mesmo cíclicas. Para se identificar as áreas onde a erosão atual é considerada crítica, se faz necessário apontar que a causa da erosão nem sempre é evidente, sem falar que os processos costeiros atuantes são muito complexos de se avaliar (FUNDAÇÃO APOLÔNIO SALLES DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL, 2010). Segundo essa instituição, o primeiro passo para a conjectura de medidas mitigadoras é a identificação das características da erosão e dos parâmetros oceanográficos e geológicos, tais como, clima de onda, batimetria, geomorfologia, estado da praia, presença e tipos de estruturas de engenharia.

Após identificar as fragilidades física e biótica de uma área que sofre com processos erosivos da ação marinha é que se pode adotar uma alternativa mais adequada para redução/contenção do processo de seu erosivo. O grau de vulnerabilidade a erosão costeira presente na falésia ativa do Cabo Branco, estão classificadas em três níveis e no trecho que compõe a falésia é considerado nível 3, ou seja, grau ALTO a erosão costeira (Figura 1).

Figura 1: Mapa de Vulnerabilidade à Erosão Costeira localizada no litoral sul de João Pessoa-PB.



Fonte: Modificado de Moreira Reis, *et al.* 2008.

A maior parte da erosão atual é produzida por fatores antropogênicos, como por exemplo, desvios de sedimentos em barragens, portos, supressão de extração de leito de rio, estabilização de encostas de colinas dentro outros fatores, pois estes podem causar flutuações na entrada de sedimentos do rio para costa (BIRD, 2011). Vale ressaltar que uma redução global de fluxo sedimentos para o mar induzido por barragens, apresenta um média de 1,4 bilhões de toneladas por ano de intervenções pré-humanas (SYVITSKI *et al.*, 2005). De acordo com este autor, a natureza do suprimento de sedimentos e seu orçamento como entradas para os resultados na costa precisam ser compreendidos. Não obstante, o realinhamento gerenciado pode reduzir o efeito da erosão nas estruturas antropogênicas costeiras. É um termo muito amplo e se relaciona com a mudança do uso da terra e realocação de infraestrutura existente. É o processo deliberado de alterar a inundação defesas para permitir o alagamento de uma área atualmente defendida. Gerenciando este processo ajuda a evitar resultados incertos e impressões negativas, além de ajudar a maximizar os benefícios potenciais (LEGGETT *et al.*, 2004).

De acordo com Zhu (2010), ao longo do tempo as linhas costeiras foram dramaticamente interferidas e alteradas tanto por meios naturais quanto por ações antropogênicas. Para se obter uma mudança dinâmica em um ambiente existente, deve-se criar espaço, aumentando a capacidade adaptativa natural de habitats entre marés, onde poderia envolver a remoção de pessoas, edificações, obras de

engenharia ao longo da linha de costa, dentre tantos outros fatores (MORRIS, 2012). Segundo este autor, a estrutura de uma área de alto risco erosivo se utiliza uma estratégia de longo prazo, como por exemplo, o cenário tectônico ao longo da costa do Pacífico na Colômbia deu origem a vários riscos geológicos, tais como, terremotos, tsunamis, subsidência, inundações e liquefação do solo. Em se tratando de obras para contenção da erosão marinha, de um modo geral, os objetivos básicos geralmente são direcionados à recuperação da praia, compensando o desequilíbrio do litoral provocado pela erosão natural ou devido às ações antrópicas e a criação de praias artificiais (FUNDAÇÃO APOLÔNIO SALLES DEDESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL, 2010).

Segundo Millima e Emery (1968), em um cenário de subida do nível do mar como o que persistiu na Terra nos últimos 20.000 anos, possivelmente, ocasionou o recuo das falésias costeiras diante de um processo natural e inevitável, uma vez que a razão da subida tectônica ou isostática foi mais lenta do que a subida do nível do mar. O recuo das falésias costeiras não é um processo uniforme no tempo ou no espaço, pois a erosão marinha tende a se concentrar nas pontas rochosas em direção ao mar (*headlands*), ocasionada pela refração da onda, assim como, nas rochas menos resistentes.

Komar (2009), liga o processo de concentração de energia ao aumento da erosão sobre as pontas. Segundo Suguio (2003), sugere que a energia das ondas é concentrada nas pontas, levando ao aumento da erosão nesses locais, comparado com as baías adjacentes. Segundo esse autor, as correntes de deriva que se deslocam ao longo da costa, das pontas para as baías adjacentes, são geradas como resultado dessas diferenças de concentração de energia das ondas. Isto resulta no transporte do sedimento das pontas para as baías, onde são depositados. Partindo desse pressuposto, ainda de acordo com esse autor, a refração das ondas leva a uma gradual retificação da linha de costa, devido à erosão nas pontas e sedimentação nas baías. Outros autores sugerem que outros parâmetros devem ser analisados, tais quais, a diferença de resistência do material ao longo da costa, o modelo de refração/difração, a batimetria, a presença ou ausência de recife e sua morfologia.

Observa-se que o recuo das falésias é um fenômeno bem conhecido tendo provocado o desaparecimento ou a relocação de construções e estradas. A erosão e

por consequência o recuo das falésias são retardados por intervenções do tipo muros, espigões e outros trabalhos de consolidação. A acumulação de produtos residuais (seixos) no pé da falésia, oriundos desta, desempenha igualmente um papel protetor natural. Durante o século XX, o nível do mar subiu cerca de 10 a 20 cm (1 a 2 mm por ano). Segundo dados do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), é previsto para o século XXI uma elevação média do nível do mar oscilando entre 40 e 98 cm (FUNDAÇÃO APOLÔNIO SALLES DEDESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL, 2010). Os impactos decorrentes de tal elevação não são uniformes, variando muito em função da fôrma do tipo de costa considerado.

A subida do nível do mar acelera o processo erosivo costeiro e pode permitir à costa retornar para um cenário semelhante ao do fim da última glaciação há 11.000 anos, quando a elevação do nível do mar foi rápida, impedindo o desenvolvimento das zonas úmidas. Não há dúvidas de que o nível do mar está subindo, porém a diferença desta vez é a presença de humanos, que se concentram cada vez mais na zona costeira sem muita consciência de quando ou como a areia começará a se deslocar (FUNDAÇÃO APOLÔNIO SALLES DEDESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL, 2010).

De acordo com essa instituição, sugere que as praias sofrerão modificações bem mais importantes que no passado recente, apontando inclusive o caso das praias francesas, por exemplo, pois diante de uma elevação do nível do mar de um (1) metro, pode provocar um recuo da praia que provavelmente deve atingir até cem (100) metros. Baseado nesses prognósticos, busca-se impedir tal recuo da linha de praia, desenvolvendo intervenções, sejam paralelas ou perpendiculares à praia, visando absorver a energia das ondas. Em realidade, para se manter a identidade da praia, ela deve ter alimentação permanente de sedimentos para compensar a ação imbatível do mar.

A escolha da estratégia de gestão deve ser baseada no conhecimento dos processos de erosão (magnitudes, causas), direitos de propriedade, financiamento, legislação e estética. Até agora, uma alta porcentagem de tomada de decisão na gestão da erosão costeira é fortemente condicionado por considerações econômicas, com base em um custo benefício, abordagem de análise (COOPER e MCKENNA, 2008) ou uma ação base de reação (RANGEL-BUITRAGO e ANFUSO, 2015). Contudo, agora parece haver uma mudança da guarda (BERRY *et al.*, 2013),

com o retiro gerenciado sendo uma opção preferida, mas alguns exemplos existem para contrabalançar os medos das partes interessadas (PILKEY *et al.*, 2016).

Estabilização de Falésias em Zonas Costeiras

Com a constante movimentação de massa provocada por deslizamentos em falésias viva os riscos de acidentes aumentaram, preocupando assim, as autoridades e órgãos responsáveis, a fazerem um planejamento estratégico buscando diminuir os riscos. Vários estudos estão sendo formados buscando estabelecer soluções e meios com o objetivo de conter a degradação ocasionada pela erosão. Medidas estruturais com métodos de proteção do litoral contra erosão são as mais indicadas por não possuir interferência no meio ambiente local como: Determinação da faixa não edificável para conservação da praia natural; Limitação da extração de fluidos do subsolo; Limitação da mineração nas bacias contribuintes ao transporte litorâneo; Privilegiar o desenvolvimento urbano em profundidade (normal a costa) e não concentrado na orla; Evitar edificações de gabarito alto que afetem a circulação eólica (NASCIMENTO, 2009).

As medidas estruturadas são desenvolvidas, buscando favorecer a estabilização ou a ampliação da linha de costa, defendendo-a contra a erosão. Tais tipos de obras geram uma nova condição de equilíbrio na dinâmica da costa e quando mal dimensionadas ou improvisadas, podem agravar os efeitos da erosão da área ou regiões vizinhas. A avaliação da solução de engenharia adotada deve ser avaliada considerando condições extremas da região onde será executada, assim pode ser obter um parecer sobre as vantagens e desvantagens da obra. Entre os exemplos de interferência produzidos de obras em zonas costeiras, temos: Mudanças na taxa e/ou características dos sedimentos da costa – o engordamento da praia é um tipo de obra que pode causar isso; Mudança no nível do fluxo de energia das ondas em direção a costa – pode ser causada pela utilização dos quebra-mares; Interferência no processo de transporte de sedimentos costeiros – pode ser causada pela ação dos espigões (ALFREDINI, 2005).

Segundo este autor, a solução de engenharia adotada deve ser avaliada considerando a forma de como se comporta e as condições extremas da região onde ela será inserida, pois somente assim se tem um parecer sobre as vantagens e desvantagens de determinada obra. Existem os seguintes exemplos de

interferências advindas de obras em zonas costeiras: Mudanças na taxa e/ou características dos sedimentos da costa – o engordamento da praia é um tipo de obra que pode causar isso; Mudança no nível do fluxo de energia das ondas em direção a costa – pode ser causada pela utilização dos quebra-mares; Interferência no processo de transporte de sedimentos costeiros – pode ser causada pela ação dos espigões. Nascimento (2009), em seu estudo classifica de maneira sucinta os tipos de obras que podem ser executadas em zonas costeiras a fim de mitigar os riscos e sua degradação:

- a) Quanto à natureza: Naturais: quanto à própria morfologia e geologia local funcionam como defesa da costa contra as intervenções do mar sobre ela; Artificiais: quando são necessárias medidas estruturais para defender a costa contra as ações que provocam erosão costeira.
- b) Quanto à característica do transporte litorâneo: Transporte de rumo dominante devem dispor de obras perpendiculares à costa;
Transporte insignificante ou nulo necessitam de obras paralelas à costa;
- c) Quanto à localização: Transversais conectadas à costa – espigões;
Aproximadamente paralelas e não enraizadas (conectadas) à costa – quebra-mares;
Obras longitudinais aderentes (paredões);
Alimentação artificial de areia;
Fixação de dunas, proteção de escarpas.

METODOLOGIA

Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos que nortearam a presente pesquisa, se deu a partir de levantamento bibliográfico consultados em artigos científicos, livros e manuais técnicos relacionados a temática abordada na pesquisa, buscando compreender acerca do monitoramento e resgatar quais tipos de intervenções de obras de engenharia costeira seria mais eficiente em detrimento de mitigar os processos erosivos costeiros existentes na área estudada. No trabalho de campo foram realizados levantamento topográfico entre os meses de abril de 2019 a março de 2020. Foram obtidos depoimentos verbais junto aos moradores do bairro do

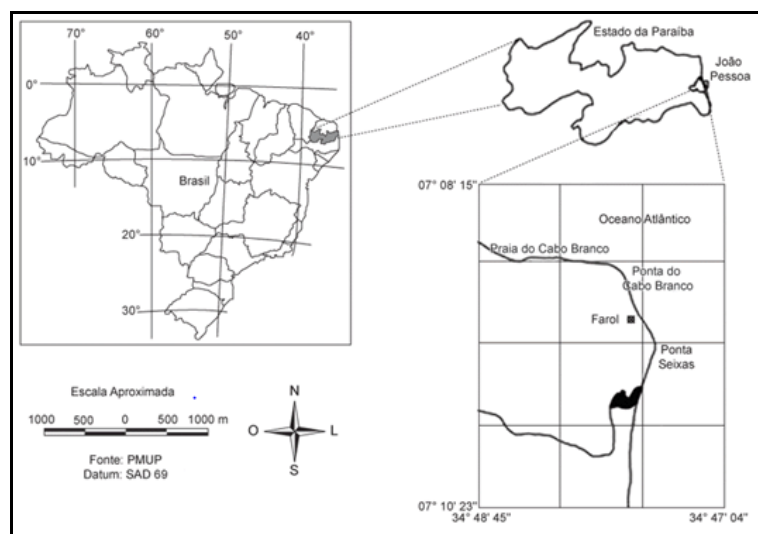
Seixas e Cabo Branco, situados no litoral sul da cidade de João Pessoa Capital do estado da Paraíba, objetivando obter mais informações, sobre o histórico de uso e ocupação do solo que pode ter influenciado na amplificação da erosão existente na área objeto de estudo.

A entrevista foi extensiva aos ambientalistas que estudam a área, bem como, registros fotográficos, além de levantamento florísticos e faunísticos de toda a área de estudo. A execução do trabalho consistiu, também, na utilização de imagens de satélite obtidas a partir do Google Earth, pois permitiu marcar e identificar as obras localizadas na área de estudo, para defesa do litoral.

Área de Estudo

O litoral paraibano está inserido na bacia sedimentar na zona da mata paraibana com extensão aproximada de 133 quilômetros, localizada entre os municípios de Mataraca, ao norte, até Pitimbu, situada na porção sul do Estado (Figura 2). Vale ressaltar, que área constitui um dos pontos turísticos economicamente e marco paisagístico mais importante da zona costeira do Estado da Paraíba, apresentando grande volume de turistas ao longo do ano. Área objeto de estudo está localizada entre as coordenadas geográficas 7° 8' 15" S e 34° 48' 45" O e 7° 10' 23" S e 34° 47' 04", zona costeira do litoral sul da cidade de João Pessoa-PB, Capital do estado da Paraíba.

Figura 2: Mapa de localização geográfica da Falésia ativa do Cabo Branco área objeto de estudo.



Fonte: Gondim, 2008.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com os estudos desenvolvidos e suas respectivas análises. Durante doze (12) meses entre março de 2019 a março de 2020, foram realizados o monitoramento da dinâmica costeira da área objeto de estudo onde obteve-se, os dados topográficos e os registros fotográficos, na oportunidade da realização do Projeto de Iniciação Científica, intitulado Estudos da Dinâmica Costeira para Redução/Contenção do Processo de Erosão da Falésia do Cabo Branco - Litoral Sul de João Pessoa–PB, promovido pela Coordenação de Pesquisa, Extensão e Responsabilidade Social – COOPERE, por intermédio do Curso de Graduação de Engenharia Civil do UNIESP Centro Universitário, podendo assim gerar um diagnóstico dos fenômenos de erosão costeira mais acentuados que ocorrer nesta porção do litoral sul do município de João Pessoa, Capital da Paraíba.

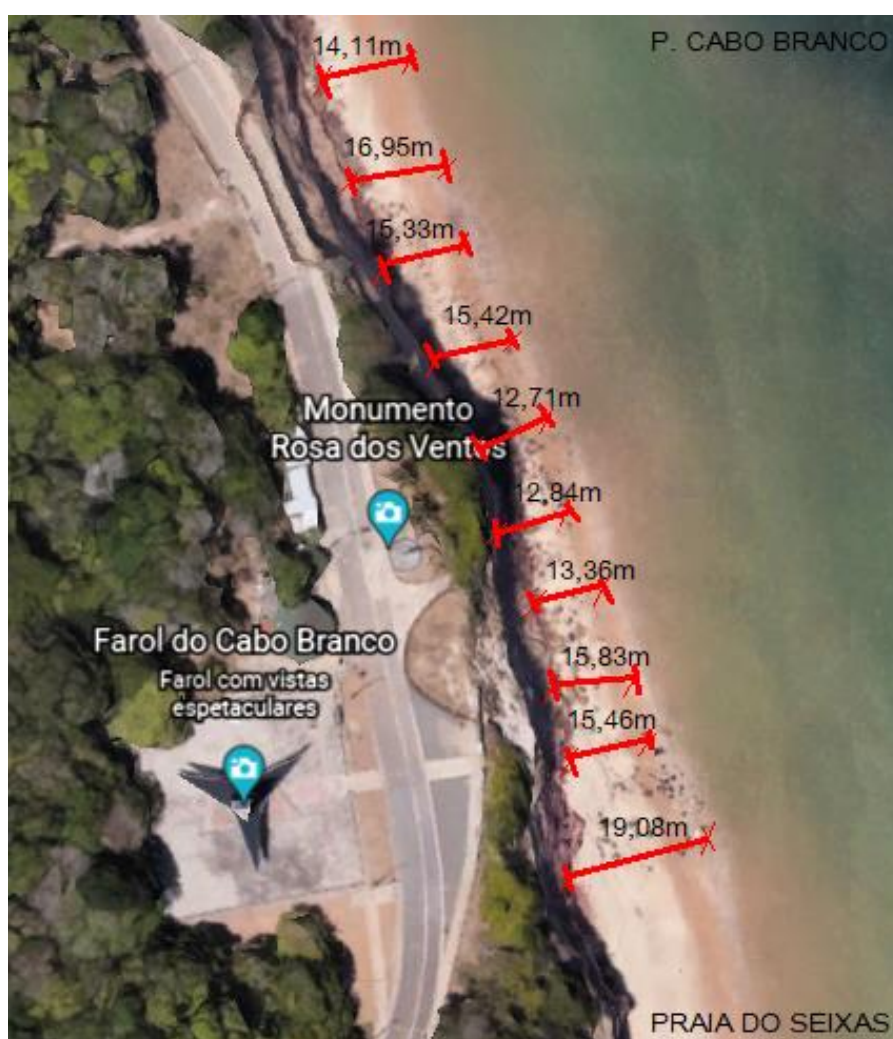
A topografia praial foi realizada na faixa de areia entre a poção sul da Falésia ativa do Cabo Branco, limite com a praia do Seixas (Extremo Oriental das Américas) e as ruínas da Praça de Iemanjá, localizada ao norte da área de estudo. Esta ação só foi possível no período de baixa mar, pois em maré de sizígia essa faixa de areia que representa 15 metros ficando submersa pela água do mar, atingindo o sopé da falésia ativa do Cabo Branco. Foram estabelecidas dez (10) estações localizadas na parte marinha entre o foral do Cabo Branco, sendo este marco inicial e, consequentemente denominada Primeira Estação, onde obteve-se medidas de faixa de areia com aproximadamente 19,08 metros.

A Segunda Estação observasse um estreitamento da faixa de areia, e obteve-se medidas de 15,46 metros de extensão, na direção de jusante, ou seja, sentido norte da Primeira Estação. A Terceira Estação, foram obtidos valores similares ao da Segunda Estação, medindo 15,83 metros. Esta situação se acentua quando foram obtidos dados da Quarta Estação, pois ocorreu uma diminuição significativa com 13,36 metros de faixa arenosa, provavelmente ocasionado pelos mesmos motivos que ocorrem na Estação anterior.

A menor extensão de faixa de areia registrada para a área de estudo foi encontrada na Quinta Estação, localizada mais ao norte com medidas de 12,84 metros, situação muito similar obtida na Sexta Estação com 12,71 metros de

extensão. Por motivos ainda não registrados pela presente pesquisa observou-se que a faixa de areia volta a se estender a partir da Sétima Estação que tem 15,42 metros e, na Oitava Estação com 15,33 metros. Por fim, a Nona Estação tem faixa de areia de 16,95 metros e a Décima Estação próximo as ruínas da Praça de Iemanjá, localizada no extremo norte da área de estudo tem uma faixa de extensão arenosa menor com 14,11 metros. Diante desses dados observa-se que a faixa de areia encontrada na área de estudo, passa a receber menos sedimentos por motivos difusos, provavelmente sendo o fator principal a baixa taxa advinda do Sul para o Norte da área de estudo, transportadas pelas correntes de deriva litorânea (Figura 3).

Figura 3: Mapa de localização das dez (10) estações onde foram obtidos os dados da topografia praial.



Fonte: Modificado do Google Earth, 2021.

Vale ressaltar que estudos similares foram realizados por Nobrega Júnior (2016), onde foram obtidos dados da topografia praial na faixa de areia da área de estudo, estabelecendo três (3) Estações, sendo a Primeira Estação, a época, a faixa de areia representava 23,1 metros, localizado na área de marina em frente ao Farol do Cabo Branco, porção Sul da área de estudo. Foram observados fragmentos do muro de arrimo que existia no topo da falésia sedimentar e foi destruído pela erosão acentuada nesta parte da área de estudo, hoje parcialmente interditada para os usuários.

A Segunda Estação localizada na porção norte do farol, do Cabo Branco, foi registrada 20 metros de faixa arenosa de praia. Na Terceira Estação obteve-se 21,9 metros de faixa arenosa praial. Este estudo aponta que ao longo dos anos a erosão marinha se acentua em direção a parte continental e com efeito, pode ser apontado pela diminuição da taxa de sedimentos sentido sul/norte do litoral paraibano aumentando assim, significativamente o processo erosivo existente na área. Vale ressaltar que a parte da biota continental tem uma importância relevante nesse processo erosivo. Se considerarmos o levantamento florístico em torno da área de estudo que caracteriza a sua composição vegetal, observa-se que de acordo com Fuhro *et. al.* (2005), o método de “caminhamento” aponta o reconhecimento dos tipos de vegetação existentes na área. Boa parte da vegetação existente no topo da Falésia ativa do Cabo Branco, vem sendo suprimida por décadas e, justamente nesses pontos, a erosão mais se acentua, associadas aos constates deslizamento de massa que ocorrem no local, deixando seu rastro ao longo na área de marina (Figura 4).

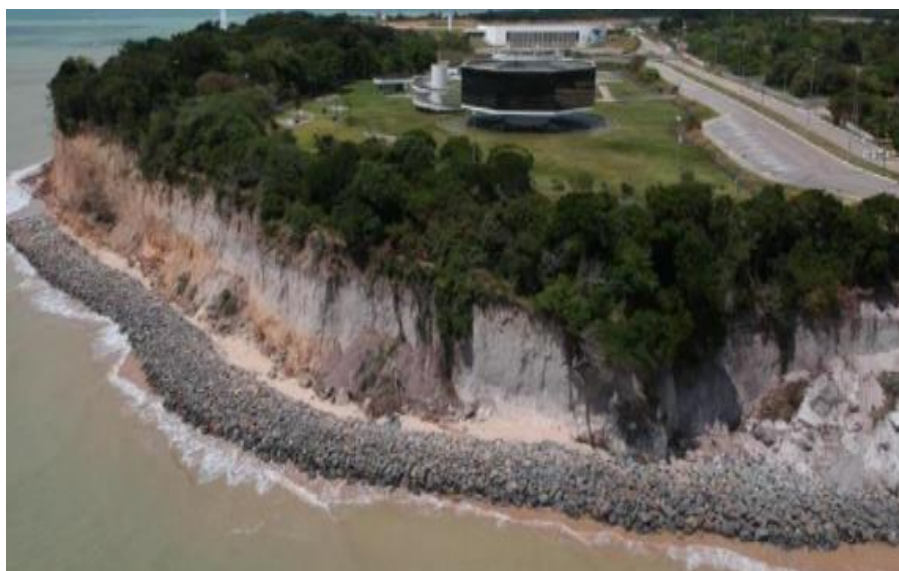
Figura 4: Visão aérea da Falésia Cabo Branco destacando a supressão vegetal e loteamento sobre o seu topo.



Fonte: Google Earth, 2021

Foi realizado no ano de 2020, um projeto de engenharia de intervenção civil, executada pela Prefeitura Municipal de João Pessoa (PMJP), Capital do estado paraibano, objetivando mitigar o acentuado processo de erosão que ocorre por décadas na área de estudo. O tipo de intervenção proposto fora depositado fragmentos de rochas cristalina (em sua maioria rochas metamórficas) oriundas do interior do Estado, acomodada sobre o seu piso sedimentar protegido por mantas geotêxtil, buscando evitar a escapada de areia (Figuras 5).

Figura 5: Deposição de fragmentos de rochas (enrocamento) introduzidas no sopé da Falésia do Cabo Branco para o combate a erosão marinha.



Fonte: Prefeitura de João Pessoa, 2020.

A avaliação da solução de engenharia adotada deve ser avaliada considerando condições extremas da região onde será executada, assim pode ser obter um parecer sobre as vantagens e desvantagens da obra. Alfredini (2005), sugere medidas estruturadas desenvolvidas, buscando favorecer a estabilização, defendendo-a contra a erosão. Tais tipos de obras geram uma nova condição de equilíbrio na dinâmica da costa e quando mal dimensionadas ou improvisadas, podem agravar os efeitos da erosão da área ou regiões vizinhas (Figura 6).

Figura 6: Obras de enrocamento de rochas cristalinas depositadas no sopé da Falésia para o combate a erosão marinha. Destaque para o farol do Cabo Branco (parte esquerda da foto) um dos pontos turísticos mais visitados.



Fonte: Portal Correio, 2021

Tendo em vista as observações apontadas em visita técnica realizada no dia 31 de julho de 2020, onde foram observadas alterações na morfologia praial da praia do Cabo Branco, Praça de Iemanjá e Falésia do Cabo Branco é oportuno esclarecer, de forma simplificada, alguns conceitos pertinentes acerca da área de estudo. Entende-se que o recuo das falésias é um fenômeno bem conhecido e que historicamente provoca o desaparecimento ou a relocação de construções e estradas. Contudo, esta erosão e o recuo destes monumentos naturais (falésia ativas), são retardados por intervenções, tais como, muros, espigões e outros trabalhos de consolidação. Vale ressaltar que a acumulação de seixos no pé das falésias de modo geral, desempenha igualmente papel protetor natural. Conceito amplamente aceito em geomorfologia costeira estabelece que as pontas rochosas em direção ao mar, geralmente concentram a energia das ondas, havendo tendência à erosão (BLOOM, 1978).

É oportuno lembrar que após a instalação das obras de intervenção civil na área de marina da área de estudo, onde foram depositadas rochas cristalinas que dentro de sua classificação genética é considerada metamórfica em sua grande maioria, ocorrem erosão localizada no calçadão na porção norte das ruínas da Praça de Iemanjá (Figuras 7 e 8). Embora essa área represente um histórico de erosão marinha ao longo de décadas, observou-se que após a instalação dessas

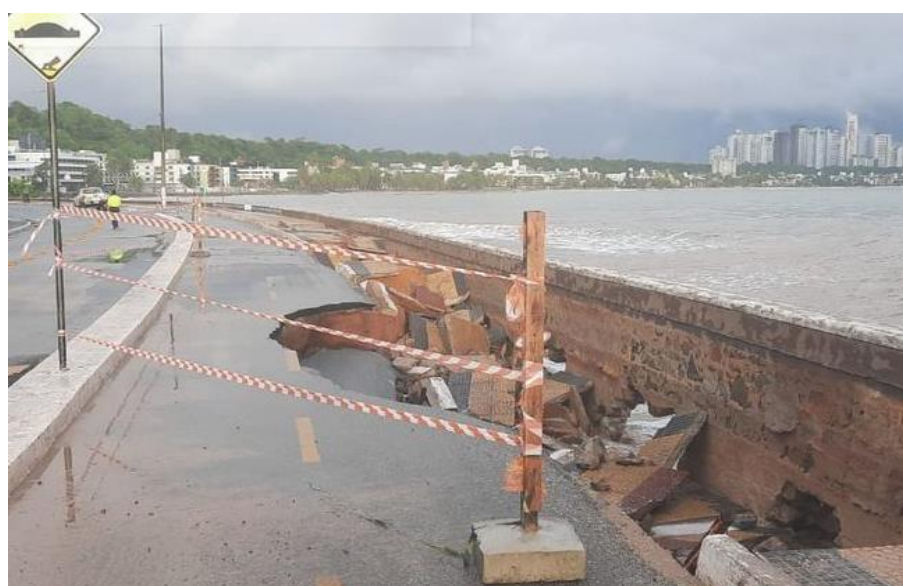
intervenções, além de ocorrer numa escala de tempo menor que as anteriores, segundo relatos dos usuários, a erosão foi mais violenta. É possível que esses fenômenos estejam relacionados após as instalações das obras, todavia, se faz necessário um estudo mais detalhado para se ter um diagnóstico mais preciso.

Figura 7: Avenida Cabo Branco com pista voltada a pratica do ciclismo e caminhada em ruínas, ocasionada pela erosão marinha acentuada provavelmente após a instalação das obras de intervenções na Falésia Cabo Branco.



Fonte: Turismo em foco, 2021.

Figura 8: Asfalto da Avenida Branco parcialmente destruído pela erosão marinha, localizada na porção norte da Falésia do Cabo Branco.



Fonte: Portal T5, 2021.

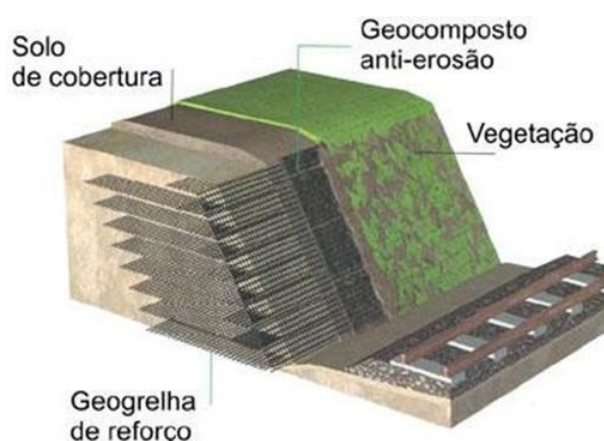
A maior parte da erosão atual é produzida por fatores antropogênicos, como por exemplo, desvios de sedimentos em barragens, portos, supressão de extração de leito de rio, estabilização de encostas de colinas dentre outros fatores, pois estes podem causar flutuações na entrada de sedimentos do rio para costa (BIRD, 2011). Vale ressaltar que uma redução global de sedimentos fluxo para o mar induzido por barragens ocorreu, avaliado como cerca de 1,4 bilhões de toneladas por ano de intervenções pré-humanas (SYVITSKI *et al.*, 2016).

SOLUÇÕES PARA CONTER EROSÃO COSTEIRA

Proposta de Soluções Utilizando Geossintéticos

Após a definição do uso futuro e considerando os resultados obtidos nos tipos e intensidade da degradação, são definidas as técnicas que podem ser adotadas na área, dependendo das suas condições geodinâmicas. Geralmente em obras de engenharia costeira busca-se uma maior estabilidade na parte dos taludes de uma falésia ativa onde a utilização de geomantas que transpassassem as superfícies de ruptura evita o cisalhamento do talude. As geogrelhas tem a mesma função que é aumentar a resistência ao cisalhamento (Figura 10).

Figura 9: Técnicas de intervenção civil utilizando geogrelhas e geomantas em área de taludes e/ou encostas.



Fonte: Brazilian Business Review, 2020

Outro tipo de obra tem relação com a faixa de gabiões que pode ser substituída, sem qualquer decréscimo a sua função, por geotubos ou geobolhas. A

tecnologia de contenção com geotubos é uma solução já aplicada em diversos locais pelo mundo e com comprovação da sua eficiência e baixo custo. Apresenta versatilidade de aplicação em várias obras de proteção marinha e projetos de estruturas subaquáticas. A tecnologia consiste em tubos de geotêxtil tecido de polipropileno de alta resistência e em alguns casos com mais de 30 metros de comprimento. Na maioria dos casos, a instalação é permanente e invisível. De fato, uma das muitas vantagens desta tecnologia é que a praia erodida pode ser recriada com a sua inclinação original melhorando muitas vezes a estética do local, auxiliando no retorno da vida marinha ao seu habitat natural (Figura 10).

Figura 10: Geotubo sobre faixa de areia na praia de Moledo, em Caminha, Portugal.



Fonte: Tencate Geotube, 2021

Os geotubos podem ser instalados no mar em áreas onde as ondas estão causando problemas, sua instalação consiste em por bolsas geossintético preenchida por areia e água ou mistura de agregados. São longas estruturas cilíndricas, fabricadas com têxteis sintéticos, como por exemplo, polipropileno, poliéster entre outros com comprimento que varia de 30 a 300 metros e diâmetro entre 2,4 e 14 metros e servem para reduzir a energia das ondas ou para controlar o fluxo de sedimentos. Seu custo é cerca de 3 vezes menor do que um quebra-mar de fragmentos de rochas e, por ser submerso, não apresenta impacto visual sobre o ambiente. (Figura 11).

Figura 11: Utilização de Geotubos com função de quebra-mar, buscando dissipar a energia de ondas incidentes a praia, um dos fenômenos que promove a erosão marinha.



Fonte: Tencate Geotube, 2021

A estrutura do geotubo é capaz de bloquear o fluxo da água e o impacto das ondas pode ser desenvolvida na medida exata, além de local adequado para que a praia seja restabelecida da erosão sofrida através da alteração do comportamento das ondas. Utilizam-se os geotubos em função do seu baixo custo quando comparado a construção de diques em concreto, simplicidade e rapidez de instalação mesmo se tratando de mar aberto (Figura 12).

Figura 12: Utilização de quebra-mar colocando geotubo em Cancún, México.



Fonte: Tencate Geotube, 2021.

A Bolsacreto, é outro tipo de solução que utiliza geossintético, o sistema é composto por Geoformas e são têxteis de diversos tamanhos que irá depender da

modulação do projeto de contenção, além de constituídas por fios de combinações poliméricas de polietileno e polipropileno, retorcidos, fibrilizados e com diagramação têxtil que produz um dispositivo denominado uni fluxo, cujo sistema elimina o excesso de água do microconcreto ou da argamassa de moldagem, impedindo a entrada de água do exterior para dentro da geoforma têxtil. Diferente dos Geotubos o material de preenchimento não é somente areia (Figura 13).

Figura 13: Utilização de Bolsacreto na Rodovia Ayrton Senna (SP), buscando estabilizar talude



Fonte: Bolsacreto, 2021.

Outro tipo, que também tem como base o geossintético, é a Colchacreto basicamente tem a mesma forma construtiva da Bolsacreto, diferenciando-se apenas nas dimensões da geoforma, neste caso possuem dimensões maiores semelhantes aos geotubos. As geoformas são constituídas por polipropileno e polietileno. Partindo desse pressuposto, Alfredini (2005), aponta que a solução de engenharia adotada deve ser avaliada considerando a forma de como se comporta e as condições extremas da região onde a mesma será inserida, pois somente assim se tem um parecer sobre as vantagens e desvantagens de determinada obra. Os exemplos de interferências advindas de obras em zonas costeiras, devem ser consideradas, tais quais, mudanças na taxa e/ou características dos sedimentos da costa, pois o engordamento da praia é um tipo de obra que pode causar isso, sem falar que a mudança no nível do fluxo de energia das ondas em direção a costa, pode ser causada pela utilização dos quebra-mares. E por fim, a interferência no

processo de transporte de sedimentos costeiros, pode ser causada pela ação da instalação de espigões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho evidencia que o processo de degradação da Falésia do Cabo Branco, localizada no litoral sul de João Pessoa Capital da Paraíba, possui pontos críticos de erosão que degrada, equipamentos públicos e privados, não só pelos processos naturais, amplificado pelos processos antrópicos, em decorrência da ação desordenada do homem. As soluções adotadas pelos órgãos responsáveis para conter a velocidade do processo de erosão até então não apresentaram pontos positivos, que foram instalados no sopé da falésia como medidas estruturais, do tipo enrocamento. São considerados alguns questionamentos, como por exemplo, consequências que essa obra pode ter causado na região, do ponto de vista de impacto positivo ou negativo, considerando a alteração nas condições da dinâmica de transporte de sedimentos ao longo da orla.

Com o aumento natural do nível do mar ao longo de décadas, observa-se que deve ser realizado levantamentos e acompanhamentos adequados em toda linha de costa, considerando o monitoramento como uma ação importante, pois observa-se se a intervenção está sendo eficaz na mitigação do processo erosivo, pois caso contrário deverá sofrer possíveis ajustes na obra buscando atingir seu objetivo principal que é conter a amplificação da erosão na área de intervenção.

Diante do exposto, percebe-se que a obra executada pela PMJP é considerada por especialistas como apenas uma ação paliativa, pois ocasionou mais prejuízo do que eficácia no tocante a erosão que a área de estudo sofre a décadas. Além disso a área de influência direta do projeto que se estende da Ponta do Seixas, extremo oriental das américas, localizada ao sul e as ruínas da Praça de Iemanjá situada ao norte, observou-se que os processos erosivos foram amplificados. Sugere-se a atualização de estudos já realizados na área, buscando identificar intervenções mais eficazes e menos agressivas do ponto de vista ambiental, pois obras de engenharia civil que presa pela sustentabilidade, tem maiores tendências de se obter sucesso, sobretudo em se tratando de uma área que tem uma ação tão dinâmica com essas de ambientes costeiros.

REFERÊNCIAS

ALFREDINI, P. Processos litorâneos. **Alfredini, P. Obras e Gestão de Portos e Costas. A técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental.** São Paulo, Editora Edgard Blucher, 804p, 2005.

BARTOLINI, C.; PALLA, B.; PRANZINI, E. Studi di geomorfologia costiera; X, Il ruolo della subsidenza nell'erosione litoranea della pianura del F. Cornia. **Bollettino della Societa Geologica Italiana**, v. 108, n. 4, p. 635-647, 1989.

BERRY, Ashton; FAHEY, Shireen; MEYERS, Noel. Changing of the guard: adaptation options that maintain ecologically resilient sandy beach ecosystems. **Journal of Coastal Research**, v. 29, n. 4, p. 899-908, 2013.

BIRD, Eric CF. **Coastal geomorphology: an introduction.** John Wiley & Sons, 2011.

CARMO, José Antunes do. **Obras multifuncionais: um novo conceito de proteção costeira.** Revista Ingenium, 2014.

BRAZILIAN BUSINESS REVIEW. Disponível em: < <https://www.bbronline.com.br/>, Acesso em: 08 nov 2021.

BOLSACRETO. Disponível em: .<<http://www.bolsacreto.com.br/bolsacreto//>> Acesso em: 10 out. 2021.

BLOOM, B. S. (1978). **New views of the learner: Implications for instruction and curriculum.** **Educational Leadership**, 35(7), 563-576.

COOPER, J. Andrew G.; MCKENNA, John. Social justice in coastal erosion management: The temporal and spatial dimensions. **Geoforum**, v. 39, n. 1, p. 294-306, 2008.

FUHRO, Daniela; VARGAS, D.; LAROCCA, João. Levantamento florístico das espécies herbáceas, arbustivas e lianas da floresta de encosta da Ponta do Cego, Reserva Biológica do Lami (RBL), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. v. 56, p. 239-256, 2005.

FADURPE - Fundação Apolônio Salles de Desenvolvimento Educacional. **Inventário dos Ecossistemas Aquáticos do Baixo São Francisco. Reservatório de Xingó e Baixo São Francisco.** 2º Relatório anual. Recife, PE, 2010.

GOOGLE EARTH. Disponível em: < <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>, Acesso em: 04 nov 2021.

GONDIM, Anne Isabelley et al. Echinodermata da Praia do Cabo Branco, João Pessoa, Paraíba, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 8, p. 151-159, 2008.

KOMAR, P. The oregon coast experience: good management but 'bad apples'. **Beach management: principles and practice**. Earthscan, London, 2009.

LEGGETT, Daniel J.; HARVEY, R.; COOPER, N. **Coastal and estuarine managed realignment: Design issues**. London: CIRIA, 2004.

MILLIMAN, John D.; EMERY, K. O. Sea levels during the past 35,000 years. **Science**, v. 162, n. 3858, p. 1121-1123, 1968.

MOREIRA REIS, C. M. et al. **Vulnerabilidade do Litoral de João Pessoa (PB) à Erosão Costeira**. João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 2008.

MORRIS, Roger KA. Managed realignment: A sediment management perspective. **Ocean & coastal management**, v. 65, p. 59-66, 2012.

NASCIMENTO, Kleiton Cassemiro do. Monitoramento por DGPS e análise dos processos erosivos da linha de Costa na Praia do Pirangi do Norte – Parnamirim (RN). 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal – RN, 2009.

NÓBREGA JÚNIOR, Joabson Santos. A Problemática do Processo Erosivo da Falésia do Cabo Branco-PB, 2016.

PILKEY, Orrin H.; PILKEY-JARVIS, Linda; PILKEY, Keith C. **Retreat from a rising sea**. Columbia University Press, 2016.

PORTAL CORREIO. Disponível em: < <https://portalcorreio.com.br/mpf-recomenda-que-prefeitura-de-joao-pessoa-reveja-obra-de-contencao-da-barreira-do-cabo-branco/>>, Acesso em: 04 out 2021.

PORTAL T5. Disponível em: < <https://www.portalt5.com.br/noticias/single/nid/joao-pessoa-planeja-alargar-faixa-de-areia-de-quatro-praias/>>, Acesso em 04 out 2021.

PREFEITURA DE JOÃO PESSOA. Disponível em: < <https://www.joaopessoa.pb.gov.br/noticias/prefeitura-de-joao-pessoa-conclui-fase-da-obra-da-barreira-do-cabo-branco/>>, Acesso em: 04 out 2021.

RANGEL-BUITRAGO, Nelson; ANFUSO, Giorgio. **Risk assessment of storms in coastal zones: case studies from Cartagena (Colombia) and Cadiz (Spain)**. Springer, 2015.

SANTOS, Jader de Oliveira. Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE. 2016.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia sedimentar**. Editora Blucher, 2003.

SYVITSKI, James PM et al. Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. **science**, v. 308, n. 5720, p. 376-380, 2005.

TENCATE GEOTUBE. Disponível em: < <http://www.tencate.com/>>. Acesso em: 13 out. 2021

TURISMO EM FOCO. Disponível em: < <https://turismoemfoco.com.br/v1/tag/praiado-cabo-branco/>>, Acesso em: 04 out 2021.

ZHU, Xianli; LINHAM, Matthew M.; NICHOLLS, Robert J. Technologies for climate change adaptation. Coastal erosion and flooding. 2010.

IMPLANTAÇÃO DE METODOLOGIA DE ASSENTAMENTO DE BLOCOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL NA CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO EM CABEDELO – PB: ESTUDO DE CASO

Henrique do Nascimento Costa¹
José Leonilo Romeu de Figueiredo Lima²

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar a metodologia de trabalho encontrada no processo construtivo de um edifício com estrutura mista, de alvenaria estrutural e concreto armado, tendo como foco principal a produtividade e custo/benefício de assentamento de blocos cerâmicos em alvenaria estrutural. O trabalho comprova que o assentamento de argamassa no bloco de alvenaria estrutural é eficiente utilizando-se uma palheta de simples fabricação *in loco* em relação ao assentamento menos eficiente empregando trolha (colher de pedreiro). Introduzindo treinamento aos colaboradores envolvidos na produção da alvenaria, obtendo custo/benefício de grande importância para a construtora envolvida.

Palavras-chaves: Produtividade; estrutura, alvenaria.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the work methodology found in the construction process of a building with a mixed structure, of structural masonry and reinforced concrete, having as main focus the productivity and cost/benefit of laying ceramic blocks in structural masonry. The work proves that mortar laying on the structural masonry block is efficient using a simple on-site fabrication blade compared to less efficient laying using a trowel. Introducing training to employees involved in the production of masonry, obtaining cost/benefit of great importance for the construction company involved.

Keywords: **Productivity:** Productivity; structure, masonry.

INTRODUÇÃO.

“A indústria da construção é de suma importância em todos os países. A contribuição do setor de construção civil para o produto interno bruto varia entre 6% e 12%. A população empregada no setor representa entre 5% e 10% da população ativa total.” (MESEGUER, 1983).

A construção civil, ramo da engenharia que envolve competitividade entre as empresas atuantes, destaque no mercado, necessitam aplicar metodologias e técnicas dinâmicas que alcancem excelente sistema de gestão, focando na redução

ou até mesmo a eliminação de processos que não agreguem valor ao produto final (MESQUITA e SANTOS. 2013).

Para Koskela (1992), a construção civil é considerada um processo de baixa qualidade de produção, existem diversas soluções e práticas a serem adotadas para amenizar o problema crônico de desperdícios e técnicas artesanais.

A alvenaria estrutural é um sistema em forma de parede, coeso e resistente a compressão, sendo constituído de tijolos sobrepostos contendo juntas de argamassa entre si. (SABBATINE 1984).

Para MOHAMAD (2021), a alvenaria estrutural conhecida cientificamente, surgiu através do professor Paul Haller, na Suíça, sendo impulsionado pela escassez do aço e concreto durante a Segunda Guerra Mundial, em toda sua carreira foram desenvolvidos mais de 1600 testes em paredes estruturais maciças.

Para WADA (2010), método construtivo racionalizado, a alvenaria estrutural vem colhendo espaço no âmbito internacional da construção civil, atravessando barreiras e aumentando a competitividade no mercado não só de baixa renda, em mercados de classe média, possibilitando diversas formas de projetos inviáveis economicamente.

Uma das principais justificativas da pesquisa é elevar o nível produtivo do processo de assentamento de alvenaria estrutural e aumentar cada vez mais seu custo/benefício.

Deste modo, o trabalho objetiva investigar, aprimorar e solidificar o método construtivo em alvenaria estrutural em empresas que necessitam de mais capacitação na área.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

Para SABBATINI (1984), a alvenaria estrutural, sistema construtivo, calculado para fim estrutural e de fechamento de edificação, diferente da alvenaria convencional, sem fins estruturais, apenas de fechamento de paredes.

A história vivida pela humanidade relata tempos onde a alvenaria estrutural era o sistema utilizado sem embasamentos científicos (ACCETTI, 1998).

De acordo com ARAÚJO (2001), o sistema de alvenaria estrutural, utilizado inclusive na construção das pirâmides do Egito, como estrutura principal fragmentos de rochas assentadas uma sobre a outra que formam um só conjunto piramidal.

Segundo REINHARD (2007), a arquitetura de Machu Picchu, é uma das mais emblemáticas do povo inca.

A Figura 1.1 demonstra as construções de pedras naturais em alvenaria estrutural em Huayna Picchu situada no Perú.

Figura 1.1 – Construções Incas em Huayna Picchu no Perú.



Fonte: Machu Picchu: A cidade perdida dos Incas (1970).

Segundo GALLEGOS (2005), em 1966, a cidade de Londres sofreu um incêndio no qual devastou parte da cidade que antes era construída de madeira, a cidade foi reconstruída com a metodologia de alvenaria estrutural que existem até os dias de hoje.

A construção do edifício Monadnock em Chicago em 1981, o divisor de águas na construção em alvenaria estrutural, ultrapassou limites de altura com seus 65m, contendo 16 pavimentos e com paredes de espessuras de até 1,8m de largura, (PASTRO, 2007).

De acordo com Sabbatini (1984), até o início do século XX, as construções em alvenaria estrutural eram erguidas empiricamente, através de construtores que entendiam a metodologia das cargas verticais, distribuídas nas paredes de alvenaria e disseminados para o solo.

Para Camacho (2006), no Brasil as construções em alvenaria estrutural iniciaram-se por volta do ano de 1960, com a construção do conjunto habitacional Central Parque da Lapa, situado no estado de São Paulo contendo diversos edifícios de 4 pavimentos construídos com blocos de concretos pré-moldados.

Apenas nos anos de 1985 e 1989 foram desenvolvidas normas brasileiras regulamentadoras, respectivamente, NBR 8798 que trata da execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, e NBR 10837 com finalidade de orientar e regulamentar o cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto (CAMACHO 2006).

Ramalho e Corrêa (2003), a alvenaria não-armada de blocos vazados de concreto para alvenaria estrutural está em ascensão, principalmente pelo custo/benefício e a disponibilidade do produto no mercado nacional, indicados para construções de até 12 pavimentos e com um padrão médio ou baixo. No início do século 20 os blocos vazados de cerâmica começaram a se desenvolver, fornecedores normatizados estão cada vez mais comuns no mercado e a competitividade de ambos é crescente em todo o Brasil.

Metodologia racionalizada, a construção em alvenaria estrutural, desde a fase inicial de projetos até a conclusão da obra, em comparação a metodologia construtiva de concreto armado, é possível uma economia de até 40% do custo total da construção (PINHO e LORDSLEEN, JR., 2000).

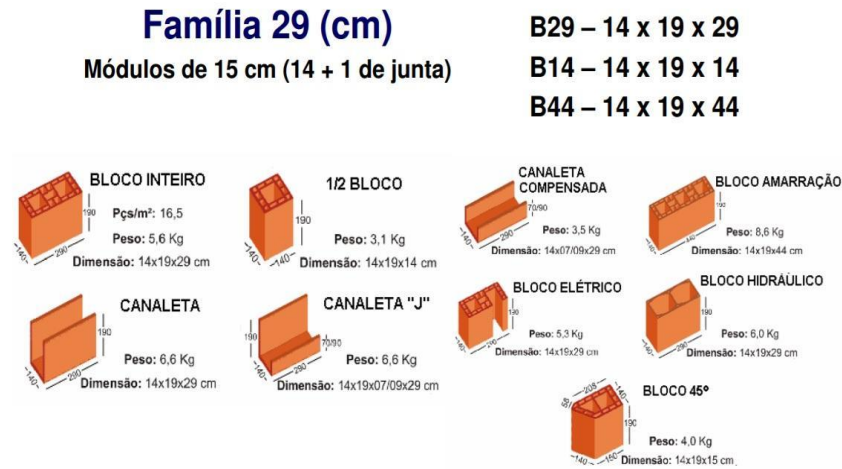
Um dos motivos para a alvenaria estrutural ser econômica é que ela desempenha duas finalidades, estrutura e fechamento de paredes, (DE ALMENDRA FREITAS JR, 2013).

Para Araújo (2001), como qualquer tipo de método construtivo, a alvenaria estrutural também necessita de mão de obra qualificada, por não se apenas se tratar alvenaria de fechamento, o conceito modifica, o formato de trabalho com materiais, ferramentas e equipamentos utilizados durante a execução.

Uma vantagem da alvenaria estrutural é simplificação e a redução de variabilidade no processo construtivo, aumentando a padronização da obra e reduzindo seu tempo de ciclo, (MONTEIRO, 2010).

Com o avanço da tecnologia e da demanda pelo uso da alvenaria estrutural, as empresas conceberam máquinas fabris para a produção em grande escala de blocos de concreto e de cerâmica, blocos utilizados atualmente no mercado mundial, Figura 1.2.

Figura 1.2 – Tipos de blocos de alvenaria estrutural de família 29cm.



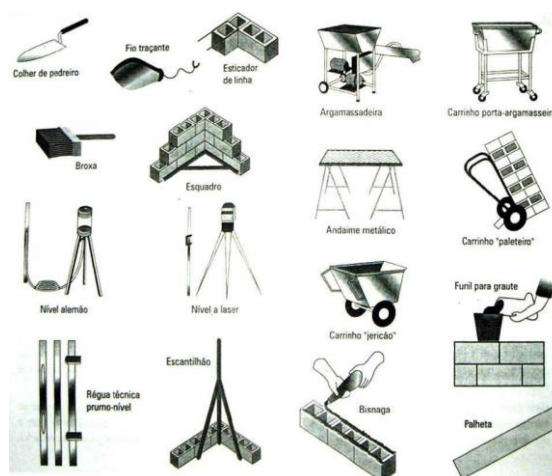
Fonte: Freitas, Jr. Alvenaria Estrutural (2013).

O assentamento da alvenaria demanda grande mão de obra operacional e eleva o custo total de empreendimentos, no entanto os gestores devem dar a atenção necessária para esse serviço (CARRARO, 1998).

Tendo em vista que a alvenaria estrutural necessita de mão de obra especializada, também deve-se dar atenção a utilização de ferramentas adequadas para o correto assentamento do bloco (TAUIL e NESSE 2010).

A Figura 1.3 mostra as ferramentas utilizadas para o assentamento do bloco de forma adequada:

Figura 1.3 – Ferramentas utilizadas no processo construtivo de alvenaria estrutural.



Fonte: MANZIONE (2004).

Existindo gestão qualificada, é notória a exploração da potencialidade de uma empresa no ramo da construção civil, sendo o planejamento e o controle da produção, os fatores determinantes para que isso ocorra, (BERNARDES, 2001).

METODOLOGIA.

Utilizou-se metodologia aplicada, expondo as vantagens e desvantagens, limitações existentes encontradas, desenvoltura geral de seu desenvolvimento e realização.

DELINEAMENTO.

Neste trabalho realizou-se diversas etapas para a obtenção da resposta, do trabalho:

1. Resumo;
2. Introdução;
3. Fundamentação teórica;
4. Definição e metodologia aplicada;
5. Levantamento de quantitativos e medição de produtividade;
6. Estudo comparativo dos dados obtidos;
7. Resultados e considerações finais.

OBRA EXECUTADA

O levantamento de quantitativos e a medição de produtividade, elaborado em obra situada no Bairro Renascer, Cabedelo-PB, construção composta por fundação mista de sapata corrida e sapata isolada, com estrutura mista de alvenaria estrutural e concreto armado respectivamente.

O trabalho contou com a participação da empresa V6 Empreendimentos S.P.E., colaborando com o espaço para a pesquisa de campo.

O empreendimento estava em fase inicial da estrutura em alvenaria estrutural, existia a demarcação das paredes, todas assentadas em vigas baldrame impermeabilizados e com as devidas dimensões de projeto.

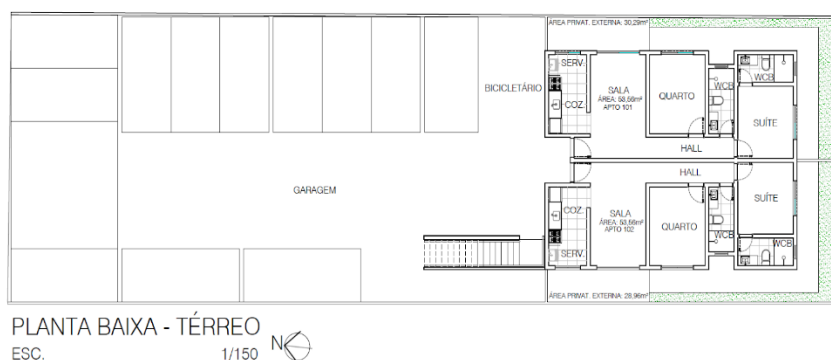
CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO.

A proposta da construção é empreendimento residencial, tendo como público alvo a população de classe média e classe baixa, 12 apartamentos exclusivos para venda direta ou financiamento bancário habitacional.

O edifício composto por pavimento térreo, mais dois pavimentos tipo e coberta.

As Figuras 1.4, 1.5 e 1.6 apresentam o projeto arquitetônico de planta baixa do pavimento térreo, planta baixa do pavimento tipo e fachada 3D, respectivamente:

Figura 1.4 – Projeto de planta baixa do pavimento térreo.



Fonte: MOOV Arquitetura e Engenharia (2021).

A estrutura do pavimento térreo é composta por concreto armado no local das garagens e bicicletário, e alvenaria estrutural onde se encontra os apartamentos com área externa privativa.

Figura 1.5 – Projeto de planta baixa do pavimento tipo.



Fonte: MOOV Arquitetura e Engenharia (2021).

O projeto dos dois pavimentos tipo(padrão), pensado para abrigar cinco apartamentos e hall de circulação em cada pavimento, ambos compostos por alvenaria estrutural.

Figura 1.6 – Projeto 3D de fachada.



Fonte: MOOV Arquitetura e Engenharia (2021).

A Figura 1.6 demonstra o projeto 3D da fachada do edifício residencial, desenvolvidos pelo escritório MOOV Arquitetura e Engenharia.

Segundo PASTRO (2007), existem 5 pontos primordiais para a boa execução da alvenaria estrutural em uma obra, que são eles:

- Projetos;
- Tecnologia;
- Suprimentos;
- Organização da Produção;
- Gestão da mão de obra.

Dentre os pontos citados, optou-se por uma pesquisa experimental, tendo como foco a organização da produção e gestão da mão de obra.

A pesquisa foi inspirada na metodologia *Lean Construction*, tendo como visão a otimização de processos e redução de desperdícios. Segundo KOSKELA (1992), a filosofia *Lean* aplicada na construção civil é resultado do sucesso da metodologia *Lean Production*, desenvolvida no Japão na década de 1950, voltada para a construções de automóveis.

RESULTADO E DISCUSSÃO.

A obra em fase de elevação da alvenaria do térreo, concomitantemente com a elevação da estrutura de concreto armado. A Figura 1.7 mostra os pilotis, fase citada da obra no dia da realização do experimento.

Figura 1.7 – Fase de elevação da estrutura do empreendimento.



Fonte: Autoria própria (2021).

As paredes em que foram executadas o experimento, são paredes cegas (sem vãos de portas e janelas), assim como mostra na Figura 1.8.

Figura 1.7 – Local do assentamento do bloco efetuado durante o experimento.



Fonte: Autoria própria (2021).

A ferramenta denominada colher de pedreiro, é confeccionada em indústrias e encontra-se facilmente a venda em armazéns e lojas de materiais de construção. Por outro lado, a palheta utilizada no experimento tem formato geométrico de um

retângulo, assim como a colher de pedreiro, ferramenta considerada leve, de fácil manuseio, padroniza o assentamento da argamassa no bloco com mais eficiência.

A palheta utilizada no experimento, fabricada na própria obra com sobras de madeira, reaproveitadas, demonstrada na Figura 1.8.

Figura 1.8 – Palheta de assentamento do bloco estrutural.



Fonte: Autoria própria (2021).

CÁLCULO DE PRODUTIVIDADE.

O registro dos dados obtidos no experimento, em seguida a elaboração de comparativos para justificar os resultados.

De fato, todo o comparativo de produtividade e consumo de argamassa, foi executado com a mesma equipe, composta por um profissional e um ajudante.

Aferira-se a comparação da produtividade do assentamento do bloco com a colher de pedreiro em relação ao assentamento com a palheta, utilizou-se amostragem no experimento para o cálculo comparativo em escala, envolvendo o assentamento de todo o empreendimento.

Obteve-se resultado satisfatório a favor do assentamento do bloco utilizando como ferramenta de assentamento a palheta.

A Tabela 1 demonstra a produtividade do assentamento do bloco com a colher de pedreiro.

Tabela 1 – Produtividade do assentamento de bloco utilizando colher de pedreiro.

ÁREA DE ASSENTAMENTO (m²)	TEMPO UTILIZADO POR EQUIPE (min,s)	PRODUTIVIDADE (min,s/m²)
1,67	22,25	13,25

Fonte: Autoria própria (2021).

No assentamento de bloco com a palheta, também se utilizou a mesma área de assentamento de 1,67m² em paredes cegas, onde obteve-se os resultados para comparativo de ambos assentamentos.

Na Tabela 2 demonstra a produtividade do assentamento do bloco com a palheta.

Tabela 2 – Produtividade do assentamento de bloco utilizando a palheta.

ÁREA DE ASSENTAMENTO (m²)	TEMPO UTILIZADO POR EQUIPE (min,s)	PRODUTIVIDADE (min,s/m²)
1,67	14,24	8,37

Fonte: Autoria própria (2021).

De acordo com as Tabelas 1 e 2, para cálculos comparativos de produtividade em percentual, o assentamento do bloco estrutural utilizando-se colher de pedreiro, demanda 55% a mais de tempo para assentar a mesma área de alvenaria em relação ao assentamento utilizando a palheta.

Através da multiplicação da produtividade de cada funcionário pela área total de assentamento de alvenaria estrutural, verificado a eficiência total da edificação, utilizando comparativo executado.

A área total de assentamento de alvenaria estrutural do edifício é de 2946m², verificado o experimento, como resultado final e sua eficiência transformada em redução de custo total do empreendimento.

O comparativo da produtividade total do assentamento da alvenaria estrutural é demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Produtividade total do assentamento de bloco utilizando ambas ferramentas.

FERRAMENTA UTILIZADA	ÁREA DE ASSENTAMENTO TOTAL DO EDIFÍCIO (m²)	PRODUTIVIDADE POR EQUIPE (min,s /m²)	TEMPO TOTAL DE TRABALHO POR EQUIPE (hrs,min)

COLHER DE PEDREIRO	2946	13,25	658,45
PALHETA	2946	8,37	423,47

Fonte: Autoria própria (2021).

O assentamento de alvenaria estrutural utilizando a palheta, como campo de trabalho, vão livres e sem considerar empecilhos de períodos chuvosos e demais atrasos, obteve-se 234h e 58min a menos em relação ao assentamento utilizando a colher de pedreiro.

Estimativa de custo gerado sem ocorrer otimização do assentamento do bloco estrutural com a palheta.

Na planilha de composições de custos analíticos não desonerados, no código de composição de custo de número 89296, onde enquadra o estudo. Em setembro/2021, a hora trabalhada do pedreiro, e do servente levando em consideração os seus devidos encargos sociais, custeiam para a empresa respectivamente, R\$19,82 (DEZENOVE REAIS E OITENTA E DOIS CENTAVOS) e R\$15,60 (QUINZE REAIS E SESSENTA CENTAVOS), totalizando um valor de R\$35,42 (TRINTA E CINCO REAIS E QUARENTA E DOIS CENTAVOS), (SINAPI, 2021).

Cálculo do custo total de mão de obra direta 234h e 58* R\$35,42 / h

Desperdício de mão de obra em dinheiro = R\$8.322,52 (OITO MIL, TREZENTOS E VINTE E DOIS REAIS E CINQUENTA E DOIS CENTAVOS)

Valor não está incluso o custo das demais mãos de obra, como o custo do profissional betoneiro, de extrema importância para o resultado final do serviço, associa-se na composição do quantitativo de argamassa.

CÁLCULO DE CONSUMO DE ARGAMASSA.

Também houve experimento de comparativo de consumo de argamassa.

Arquimedes descobriu que, um círculo de circunferência c e raio r , obtém-se a mesma área que um triângulo retângulo de lados c e r , e através dos seus cálculos, logo é obtido a fórmula $A = \pi * r^2$. (MAGNAGHI, 2019).

Para medição de volume de argamassa consumida utilizou-se recipiente de formato cilíndrico, medindo 36cm de altura, 30cm de diâmetro e raio 15cm, obteve-se o volume máximo do recipiente:

$$A = \pi r^2 = \pi * 15^2 = 706,86\text{cm}^2$$

$$V = 706,86\text{cm}^2 * 36\text{cm} = 25446,96\text{cm}^3$$

$$\text{Volume em litros} = 25446,96 * 0,001 = 25,45 \text{ litros}$$

A Figura 1.9 representa o recipiente utilizado para coleta de dados do consumo da argamassa no experimento.

Figura 1.9 – Recipiente cilíndrico utilizado no experimento.



Fonte: Autoria própria (2021).

A argamassa utilizada no experimento, produzida *in loco* com o traço especificado em projeto de 1:4, sendo uma quantidade de cimento CII 32Z, e quatro quantidades de agregado miúdo (areia fina).

A Tabela 3 demonstra o comparativo do consumo de argamassa em ambos os métodos de assentamento.

Tabela 4 – Consumo de argamassa por m^2 de alvenaria estrutural assentada.

FERRAMENTA UTILIZADA	CONSUMO DE ARGAMASSA POR (L/m^2)

COLHER DE PEDREIRO	27,09
PALHETA	15,24

Fonte: Autoria própria (2021).

Olhar crítico relacionado ao consumo de argamassa, na Figura 2.0 observa-se leve desperdício por unidade de bloco assentado utilizando-se colher de pedreiro

Figura 2.0 – Assentamento do bloco cerâmico com a colher de pedreiro.



Fonte: Autoria própria (2021).

De acordo com ambos experimentos, foi comprovada a eficiência do assentamento do bloco estrutural utilizando a palheta como ferramenta de trabalho.

Para justificar a eficiência do método, a Tabela 5 apresenta a relação de consumo de argamassa em ambos os métodos de assentamento do bloco estrutural.

Tabela 5 – Consumo de argamassa total da alvenaria estrutural do edifício.

FERRAMENTA UTILIZADA	ÁREA DE ASSENTAMENTO TOTAL DO EDIFÍCIO (m ²)	CONSUMO DE ARGAMASSA POR (L/m ²)	CONSUMO TOTAL DE ARGAMASSA (L)
COLHER DE PEDREIRO	2946	27,09	79.807,14
PALHETA	2946	15,24	44.897,04

Fonte: Autoria própria (2021).

Estudo, em escala total da execução da alvenaria estrutural, ocorreria economia de argamassa de 34.910,1 litros.

Nas especificações de custos dos serviços deste experimento, existe um custo final para cada metro cúbico de argamassa de preparo mecânico com betoneira 400L destinado ao assentamento de alvenaria estrutural, sendo ele o valor de R\$383,14 (TREZENTOS E OITENTA E TRÊS REAIS E QUATORZE CENTAVOS, (SINAPI, 2021).

Para fins de custos totais de desperdício de argamassa, obtemos o cálculo a seguir:

$$34,910\text{m}^3 \cdot \text{R}\$383,14 / \text{m}^3$$

Desperdício de argamassa em dinheiro = R\$13.375,42 (TREZE MIL, TREZENTOS E SETENTA E CINCO REAIS E QUARENTA E DOIS CENTAVOS).

SOMA DOS DESPERDÍCIOS TOTAIS.

Somando o custo de desperdício de mão de obra e argamassa obtemos o seguinte valor:

$$\text{R}\$8.322,52 + \text{R}\$13375,42$$

Custo de desperdício direto = R\$21.697,94 (VINTE E UM MIL, SEISCENTOS E NOVENTA E SETE REAIS E NOVENTA E QUATRO CENTAVOS).

Justificando, o orçamento inicial da obra em questão é de R\$1.100.000,00 (UM MILHÃO E CEM MIL REAIS); percentual de economia total do empreendimento de acordo com o cálculo abaixo:

$$\text{Orçamento inicial} = \text{R}\$1.100.000,00$$

$$\text{Economia proposta em dinheiro} = \text{R}\$21.697,94$$

Percentual de economia em relação ao orçamento inicial

$$\text{R}\$21.697,94 / \text{R}\$1.100.000,00 = \text{R}\$0,01972$$

$$\text{R}\$0,01972 \cdot 100\% \cong 1,97\%$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Probatório a elevação de paredes em alvenaria estrutural utilizando a palheta, analisando os resultados, é mais produtivo em relação ao assentamento da alvenaria estrutural utilizando a colher de pedreiro.

Ocorreu redução de 1,97% em relação ao orçamento inicial do empreendimento.

A metodologia existente em obras, praticam-se excelentes formas de gestão, gerenciadas por profissionais aptos a distinguir a produtividade do assentamento de bloco utilizando-se a palheta. Logo o assentamento de bloco com a palheta gera mais produtividade e menos desperdício de materiais.

O acompanhamento de obras deve ser realizado por um engenheiro, visualizando melhorias a serem implantadas através da otimização dos processos construtivos.

De fato, a tecnologia é imprescindível para a construção e manutenção de obras de pequeno a grande porte.

Segundo ALMEIDA (2021), situada no Rio Paraná, na fronteira entre Brasil e Paraguai, a mega barragem de Itaipú, necessita de controle de temperatura para que não haja riscos de patologias envolvendo o seu rompimento, devido à grande transferência de calor do concreto com o meio ambiente conforme a característica sazonal das diversas temperaturas no local.

A engenharia é dinâmica e a evolução da tecnologia impõe processos que necessitam ser discutidos e inovados.

Sugere-se outros trabalhos para evolução dos processos construtivos, esse estudo é relacionado apenas para uma atividade em específico dentre tantas que existem na construção de um empreendimento.

REFERÊNCIAS

ACCETTI, Kristiane Mattar et al. Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria. **São Carlos**, 1998.

ARAÚJO, Fábio Elias et al. Técnicas construtivas de edifícios residenciais em alvenaria estrutural não armada de blocos vazados de concreto. 2001. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

BERNARDES, Mauricio Moreira et al. Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção. 2001.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2021. SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices. Disponível em:<https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_652>. Acesso em: 10/2021.

CAMACHO, J. S. Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural, 1ª Edição. **Ilha Solteira, Nepae**, 2006

CARRARO, Fausto. **Produtividade de mão-de-obra no serviço de alvenaria**. 1998. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DE ALMENDRA FREITAS JR, José. ALVENARIA ESTRUTURAL. 2013.

FRANCO, Luiz Sérgio et al. Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada. **São Paulo**, 1992.

GALLEGOS, Hector. **Albañilería estructural**. Fondo Editorial PUCP, 2005.

JONES, Peter. Hotel Productivity: The McKinsey Global Institute Study. **Tourism and Hospitality Research**, v. 1, n. 2, p. 178-181, 1999.

KOSKELA, Lauri et al. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Stanford university, 1992.

LORDSLEEM JUNIOR, ALBERTO CASADO. Execução e inspeção de alvenaria racionalizada. **São Paulo: O nome da rosa**, 2000.

MAGNAGHI, C. P.; ASSIS, A. K. T. O Método de Arquimedes. 2019.

MANZIONE, Leonardo. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. O Nome da Rosa, 2004.

MEDEIROS, Bruno. **Análise por meio de redes neurais artificiais dos dados do monitoramento dos piezômetros da barragem de concreto de Itaipu**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MESEGUER, A. G. Para una teoría de la calidad en construcción. Madrid. Informes de la Construcción. n.º 348, p. 5-22. 1983.

MONTEIRO, José Marcio Feitosa et al. A alvenaria estrutural como um processo construtivo potencialmente enxuto—uma visão a partir da Lean Construction. 2010.

MOHAMAD, Gihad. **Construções em Alvenaria Estrutural: materiais, projeto e desempenho**. Editora Blucher, 2021.

PASTRO, Rodrigo Zambotto. Alvenaria Estrutural sistema construtivo. **Universidade São**, 2007.

PINHO, Suenne Andressa Correia; LORDSLEEM JR, Alberto Casado. O custo da perda de blocos/tijolos e argamassa da alvenaria de vedação: estudo de caso na construção civil. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2009.

PICCHU, Machu. A CIDADE PERDIDA DOS INCAS. 1970.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Marcio RS. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. 2003.

REINHARD, Johan. **Machu Picchu: Exploring an Ancient Sacred Center**. ISD LLC, 2007.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária**. 1984. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. P6.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. Alvenaria estrutural. **São Paulo: Pini**, 2010.

WADA, Akane Cristiane. Paredes cegas e com vãos: comparativo de produtividade na execução de alvenaria estrutural. 2010.

**ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO DE TRATAMENTO ACÚSTICO EM
DRYWALL**Isabelly Cristina da Silva Souza¹
Priscila Mayana Torres Barbosa²
Keny Rodrigues Batista³**RESUMO**

Diante do crescimento das áreas urbanas e industriais, há uma necessidade de isolamento acústico nos ambientes, devido à grande poluição sonora. Esse estudo de caso tem o objetivo de apresentar o isolamento acústico com lã de vidro e lã rocha no *drywall*, seja em paredes ou forro acartonado, além das técnicas de massa-mola-massa. Para tanto, estudou-se de acordo com as normas de instalação a forma adequada e correta para cada caso no tratamento acústico. Após o acompanhamento em várias execuções de *drywall* com aplicação da lã mineral para isolamento acústico, concluiu-se que ainda existem montadores que aplicam e realizam o serviço da forma errada, e sem estar dentro das normas de instalação do *drywall* com tratamento acústico.

Palavras-chaves: Isolamento acústico; lã mineral; estudo de caso.

ABSTRACT

Given the growth of urban and industrial areas, there is a need for sound insulation in environments, due to the great noise pollution. This case study aims to present the acoustic insulation with glass wool and rock wool in drywall, whether on walls or board lining, in addition to mass-spring-mass techniques. Therefore, the adequate and correct form for each case in the acoustic treatment was studied in accordance with the installation standards. After following several drywall executions with the application of mineral wool for acoustic insulation, it was concluded that there are still assemblers that apply and perform the service in the wrong way, and without being within the standards of installation of drywall with acoustic treatment.

Keywords: Acoustic insulation; mineral wool; case study.

INTRODUÇÃO

Em meados dos anos 1898 nos Estados Unidos, Augustine Sackett cria uma chapa de gesso acartonado que revolucionou a construção civil, um produto que ganhou o nome “chapa *drywall*”, por (LUCA, 2015). Ao passar dos anos foram surgindo vários modelos de chapas e tipos de isolamento acústico que foram se aprimorando para suprir o conforto sonoro das pessoas, segundo o Catálogo Técnico (GYPSUM, 2014).

Na década de 1970 surgiu a primeira fábrica no Brasil para produção de chapas de gesso acartonado, nesta mesma década houve um esforço muito grande

no setor da construção civil para implementar novos processos relacionando o sistema de componentes já pré-fabricados. Porém, só na década de 1990 que a construção a seco começou a ficar mais fértil nas inovações tecnológicas e a partir daí começaram a ser mais difundidos no Brasil (LUCA, 2015).

A acústica é a ciência que através da física estuda as ondas sonoras – vibrações mecânicas que se propagam em um meio elástico podendo ser sólido, líquido ou gasoso - bem como sua produção, propagação e recepção (FERREIRA, 2010).

Os critérios para execução de tratamentos acústicos em ambientes fechados trata-se de dar aos ambientes condições que permitam boa audição as pessoas nele presentes, através de dois processos: isolamento acústico, e condicionamento acústico, (ABNT, 2009).

Em paredes de *drywall*, quanto maior o espaço entre as chapas, melhor o índice de isolamento, o desempenho acústico depende também da lã utilizada, onde a espessura da lã mais utilizada é de 50mm, onde a densidade da lã de vidro vai de 12 a 16 kg/m³ e da lã de rocha de 32 kg/m³ (LUCA, 2015).

Diante do que foi exposto, o presente trabalho buscou mostrar uma análise comparativa entre um sistema contendo uma instalação acústica no *drywall* aplicada de acordo com as normas técnicas e a instalação acústica *drywall* aplicada por algumas empresas que muitas vezes não seguem o padrão estabelecido pelas normas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

SISTEMA DO DRYWALL

As vedações verticais e horizontais internas são elementos construtivos que separam os espaços internos de edificações, com a função principal de compartimentar e definir ambientes internos, não sujeitas a intempéries e sem função estrutural. Quando constituídas de painéis modulares de gesso acartonado e sendo estes aplicados em estruturas metálicas, recebem o nome de *drywall* (TANIGUTI, 1999). Os requisitos normativos para execução de parede e forro de gesso acartonado, estão apresentados nas seguintes Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas:

1. ABNT NBR 15.758-1:2009 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* - Projeto e procedimentos executivos para montagem - Parte 1 : requisitos para sistemas usados como paredes.
2. ABNT NBR 15.758-2:2009 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* - Projeto e procedimentos executivos para montagem - Parte 2 : requisitos para sistemas usados como forros.
3. ABNT NBR 15217:2018, perfilados de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* – Requisitos e métodos de ensaio.

O *drywall* é uma expressão originada da língua inglesa que significa “parede seca”, surge para substituir as paredes de vedação de alvenaria convencional e funciona como uma linha de montagem, que consiste em chapas pré-moldadas de gesso, aparafusadas em ambos os lados de uma estrutura de aço galvanizado. Apresenta como principais elementos de sustentação as guias, os montantes e as chapas de gesso acartonado, elementos de fixação como buchas, pregos e parafuso, massa e fita para o tratamento das juntas, fundamental para evitar fissuras e trincas (LUCA,2006). Por fim, o isolamento térmico e acústico, normalmente realizado com o uso da lã mineral – rocha ou de vidro, como mostra na Figura 1.

Figura 1- Instalação de uma parede em *drywall* com aplicação da lã de vidro.



Fonte: Acervo próprio, 2021.

As chapas de gesso acartonado proporcionam uma diminuição de mão de obra, resíduos e custos, por terem uma maior trabalhabilidade e aproveitamento das chapas. Elas podem ser encontradas no mercado em vários tamanhos como: 1,80x1,20m; 2,0x1,20m; 0,6x2,0m e com 15cm ou 12,5cm de espessura. As chapas

contêm uma superfície plana que garante um perfeito acabamento, sem haver a necessidade de regularização, (TANIGUTI, 1999).

As principais chapas de gesso presentes no mercado, específicas para cada necessidade, são: ST – Standard, utilizadas em áreas comuns, preferencialmente lugares de área secas; RU - Resistente à Umidade, indicadas para ambientes molhados como banheiros, áreas de serviço e centrais de ar-condicionado; RF - Resistente ao Fogo, indicadas para áreas de risco de incêndios, utilizadas em CPD's (Centro de Processamento de Dados), laboratórios químicos, entre outros, (GYPSUM, 2014), como mostra na Figura 2.

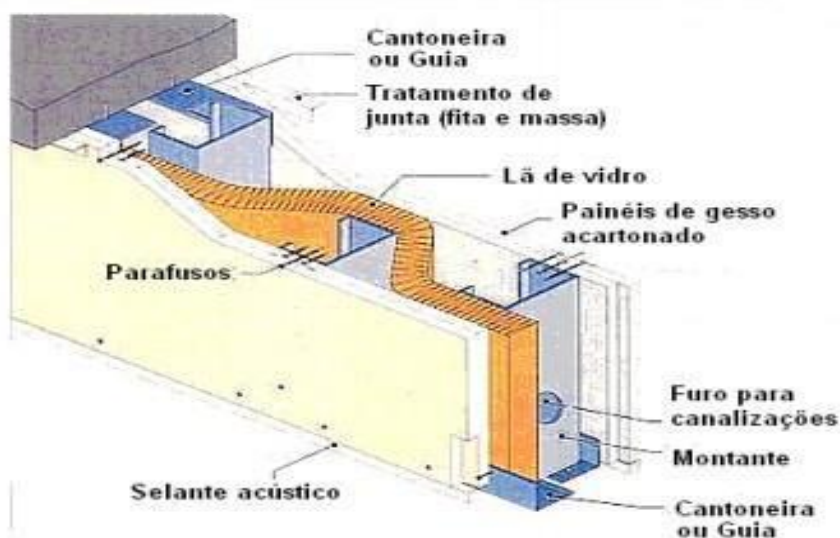
Figura 2 - Tipos de chapa de gesso acartonado da marca trevo.



Fonte: Acervo próprio, 2021.

Após a instalação das placas de gesso acartonado, é realizado o acabamento entre as juntas e cantos, primeiramente com uma demão de massa corrida, em seguida a aplicação da fita telada azul nas juntas e a fita de papel nos cantos, logo após a secagem para finalizar é dado uma nova demão de massa corrida. Depois desse acabamento, a superfície estará pronta para qualquer tipo de finalização da parede, seja aplicação de tinta ou revestimento cerâmico como mostra na Figura 3, (GYPSUM, 2014).

Figura 3 - Esquema de vedação vertical em gesso acartonado.



Fonte: Knauf (2009).

PEÇAS, EQUIPAMENTOS E PERFIS ESTRUTURAIS

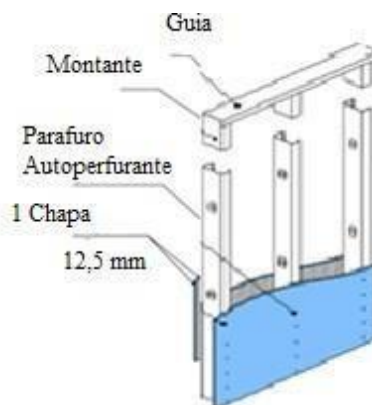
De acordo com a norma técnica NBR 15.217 (2005), os elementos estruturais devem ser compostos de perfis de aço galvanizado protegidos com tratamento de zincagem mínimo Z 275, em chapas de 0,50 mm de espessura, acomodados à frio em perfiladeiras de rolete, viabilizando sua precisão dimensional.

Para Tres (2017), os perfis de aço galvanizado que formam a estrutura interna, necessitam ser compatíveis com a configuração da parede, atendendo por inteira as necessidades do ambiente conforme a Figura 4. Os perfis estruturais mais utilizados tem as seguintes espessuras:

Montante de 48mm – Parede estreita, mais conhecida como divisória, sem o uso de materiais para isolamento termo acústico no interior da estrutura, ideal para ganhar mais área útil (o som passa mais facilmente pela parede), aplicado junto a guia de 48mm.

Montante de 70mm – Parede comum, perfil mais utilizado, aplicado em conjunto com a guia de 70mm.

Figura 4 - Representação das guias e dos montantes.



Fonte: Viva decora, 2018.

Guias e montantes

São produtos particulares para estruturação e montagem de paredes, forros, revestimentos e mobiliários integrados de *drywall*. As guias fazem parte da estruturação horizontal de paredes, enquanto os montantes são utilizados na parte vertical da estrutura, NBR 15758-1 (2009), de acordo com as Figuras 5 e 6.

Figura 5 - Marrados de guias de 70mm.



Fonte: Acervo próprio, 2021.

Figura 6 - Marrados de montante de 70mm.



Fonte: Acervo próprio, 2021.

Cantoneiras

Para a fabricação e utilização das cantoneiras devem ser seguidas as normativas estipuladas na NBR 15758-1 (2009). As cantoneiras são utilizadas para arremates, reforço e estruturação tanto dos forros, paredes e até mobiliários integrados de *drywall*. Podendo ser aplicadas em áreas secas ou molhadas.

Canaletas

Em conformidade com a NBR 15758-1 (2009), são indicadas para estruturação horizontal de forros e revestimentos de *drywall* o uso de canaletas.

Existem duas alternativas de paredes, podendo ser divididas em parede simples (uma única camada de chapa de gesso acartonado em cada face) e parede dupla (duas camadas de chapa de gesso acartonado em cada face), sendo possível a utilização de isolamento acústico através do uso da lã mineral ou lã de rocha alojada entre as chapas (CATAI, 2006).

ACÚSTICA

A audição é provocada quando o sistema auditivo sofre uma perturbação sonora através de um meio elástico. A percepção sonora é a reação do ouvido humano ao som, e quando é feito um mínimo esforço fisiológico ou quando o som é agradável à audição, podemos dizer que é um conforto acústico. Porém, existe o

ruído, que é uma onda sonora desordenada, com um som indesejável, que incomoda o ser humano e pode estar presente no ambiente ou ser transmitido a este (LUCA, 2015).

O condicionamento acústico é elaborar um ambiente que possibilite as melhores condições possíveis de audibilidade interna, com a melhor distribuição dos sons gerados interno ao ambiente. Através dos tipos de materiais a serem aplicados como revestimento, contendo características absorventes ou refletoras de sons e mediante a geometria interna do ambiente, reparando o tempo de reverberação do som (HENRIQUE, 2013).

Os problemas relacionados aos ruídos e desconforto sonoro podem ser solucionados ou amenizados com o isolamento acústico dos ambientes, por isso muitas pessoas buscam esse sistema construtivo em *drywall*. Quando os materiais são bem aplicados podem trazer total satisfação ao usuário. Foram surgindo ao decorrer do tempo vários tipos e técnicas de construção, todas tendo como objetivo principal sempre melhorar e proporcionar uma qualidade de vida nos ambientes, (BELLEI, 2017).

LÃ DE VIDRO

A lã de vidro é muito utilizada por apresentar um bom desempenho acústico com relação a absorção sonora, por causa da sua porosidade e densidade que varia de 12 a 16 kg/m³, com espessura de 50mm (FERRARI, 2015), como mostra a Figura 7. Uma fibra mineral fabricada através da sílica e sódio aglutinados com resinas sintéticas e composta por filamentos de vidro, levadas em alto forno (CATAI; PENTEADO; DALBELLO, 2006).

Apesar de ser relativamente cara, ela tem a vantagem de não pegar fogo, não sofre ataque de animais, e não putrifica. Sendo muito utilizada em ambientes de incombustibilidade obrigatória e comercializada em rolo de diferentes dimensionamentos. O material pode apresentar a desvantagem de causar coceira e incômodo ao aplicador (SEHN, 2016).

Figura 7 - Rolo de lã de vidro da marca Isover.



Fonte: Acervo Próprio, 2021.

Segundo Luca (2015), as vantagens são:

- O material possui excelente conforto acústico, reduzindo os ruídos gerados por ambientes vizinhos;
- Melhora a manutenção da temperatura interna do ambiente;
- Pela sua capacidade de compactação o material ocupa até 4 vezes menos espaço, melhorando assim o transporte e armazenagem;
- A maioria dos fabricantes utilizam o material reciclado, diminuindo os impactos ambientais;
- Material inquebrável e bastante estável;
- Evita a proliferação de fungos e bactérias;
- São incombustíveis, evitando a propagação das chamas e o risco de incêndio;
- Reduz o consumo de energia do sistema de ar condicionado;
- Não deteriora nem apodrece;
- Não é atacada nem destruída pela ação de roedores;
- Não tem o desempenho comprometido quando exposto à maresia;
- Sua capacidade isolante não diminui com o passar do tempo;

- É leve, fácil de manusear e de cortar de fácil aplicação.

Segundo Tres (2017) “a utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI) é imprescindível na instalação deste tipo de material”, para resguardar a pele do profissional com seu contato direto. Isto devido à lã de vidro causar irritações e coceira ao entrar em contato com a pele.

LÃ DE ROCHA

Composta por fibras de basalto retiradas das rochas vulcânicas, aglomeradas com resina sintética. Pode ser aplicada em forros, divisórias, dutos de ar condicionado e tubulações. Pois é um isolante térmico, incombustível, não causa danos ao meio ambiente, não poluente ou nocivo e resistente a temperaturas de 50°C à 70°C. Encontrada no mercado geralmente em forma de placas com 50mm de espessura, como mostra na Figura 8, e contém a densidade maior que a lã de vidro quando comparadas, sendo de 32kg/m³ (CATAI; PENTEADO; DALBELLO; 2006).

Figura 8 - Pacote de lã de Rocha da Thermax.



Fonte: Acervo próprio, 2021.

Segundo (BELLEI, 2017), as vantagens da lã de rocha conforme Amplitude Acústica, o material não retém água, não sofre nenhum tipo de variação diante de eventuais condensações, possui ótima resistência mediante a ação do fogo, ótima absorção acústica, custo/benefício favorável, fácil manuseio, material não

cancerígeno, quimicamente neutro e resistente a vibrações. A mesma tem como função conceder o isolamento tanto térmico quanto acústico, de acordo com a Figura 9.

Figura 9 - Aplicação da lã de rocha na parede de drywall.



Fonte: Acervo próprio, 2021

As desvantagens da lã de rocha, são poucas, só precisa ter um cuidado maior ao manusear o material, pois ao entrar em contato com a pele pode ocasionar coceiras e irritações, provocando lesões (HENRIQUE, 2013). O mesmo autor ainda cita que partículas de poeira podem ser liberadas, por isso o uso de equipamentos de segurança é essencial. O material pode se apresentar na indústria da construção civil em painéis ou mantas.

LÃ DE PET

De acordo com SEHN (2016), entre os materiais de isolamento térmico e acústico o que tem o melhor conceito ecologicamente correto é a Lã de PET, por ser oriundo de matéria-prima reciclada, 100% reciclável, sua comercialização é feita em forma de mantas ou painéis, como mostra na Figura 10.

Figura 10 - Lã de Pet.



Fonte: Acervo Próprio, 2021.

A Sustentabilidade é seu ponto forte, uma vez que sua produção é a partir da fibra de Poliéster (garrafas PET) recicladas, sem aditamento de resinas, sem utilização de água durante o processo e sem emissão de carbono na atmosfera. Além da parte ecologicamente correta, umas das maiores vantagens da utilização da lã de PET é que este material não causa irritação na pele, e por isso podem ser manuseados sem perigo algum, retirando a obrigatoriedade de utilização de alguns equipamentos de segurança (SEHN,2016).

INSTALAÇÃO DO *DRYWALL* COM ACÚSTICA

Segundo Luca (2015), o responsável técnico deve efetuar o acompanhamento da série de etapas que compreendem a execução, em especial as fases iniciais pela equipe de montagem como:

- Locação e marcação: Tomar cuidado com as referências utilizadas e esquadro;
- Montagem da estrutura: Seguir os detalhes e recomendações de projeto;
- Fixação das guias: Checar se está sendo usada a fita banda acústica, que fica entre a estrutura metálica e o substrato (importância fundamental no isolamento acústico);
- Fixação dos montantes: Checar detalhes estruturais em portas e janelas;
- Reforços nos pontos indicados em projeto;
- Checar prumo;

Antes de iniciar a montagem da estrutura, o instalador deve certificar-se que o acabamento do chão, paredes e teto estão devidamente nivelados e com acabamentos regularizados. Com o auxílio de instrumentos como: nível, trena e lápis, deve ser executada a marcação onde ficarão as paredes, inclusive sua espessura, para serem instaladas as guias. Após a marcação, utilizando uma tesoura corta-perfil, deve-se efetuar o corte dos perfis e montantes conforme as dimensões registradas, no chão, paredes e teto, o corte dos perfis com a tesoura (GYPSUM, 2014).

A execução da estrutura deve ser seguida da fixação de fita de isolamento na guia, utilizada entre a alvenaria e a estrutura de *drywall*, para ampliar a vedação térmica e acústica, como mostram as Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Fita Banda Acústica.



Fonte: Acervo próprio, 2021.

Figura 12 - Instalação das fitas de isolamento.



Fonte: Gypsum, 2014.

Posteriormente, como podemos ver na Figura 13, fixam-se as guias no piso, na parede e no teto seguindo as marcações registradas. Com a furadeira, executam-se nas guias os furos espaçados a cada 60 cm e fixam as mesmas com buchas e parafusos, furando as guias até atravessarem o piso, começando das extremidades para o meio da estrutura, NBR 15758-1 (2009).

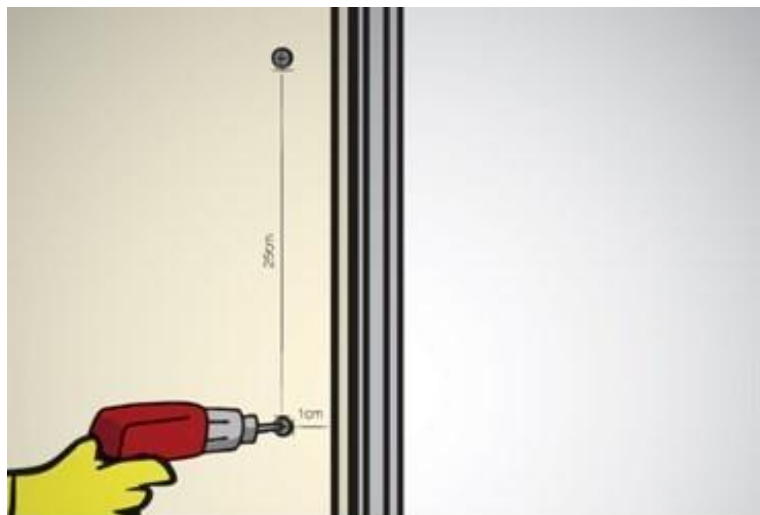
Figura 13 - Fixação das guias.



Fonte: Luca, 2006.

As chapas com posição vertical, devem ser parafusadas no montante iniciando de cima para baixo, respeitando 1 cm da borda da chapa. Com distância entre os parafusos de 25 a 30cm, seguindo a Figura 14.

Figura 14 - Fixação das placas.



Fonte: Bellei, artigo 2017.

Após o chapeamento de um dos lados da parede, executa-se o preenchimento entre os montantes com a lã de vidro, de rocha ou pet, para isolamento térmico e acústico, como pode-se visualizar na Figura 15, (LUCA, 2015).

Figura 15 - Colocação de isolamento.



Fonte: Bellei, artigo 2017.

Com a manta térmica devidamente instalada, podem-se fixar as chapas do outro lado da parede. Caso haja emendas nas placas na primeira etapa, tendo sido elas executadas na parte superior da parede, indica-se fazer a instalação destas na parte inferior, de modo que as emendas não coincidam em ambos os lados, (LUCA, 2015).

Com as placas instaladas, o acabamento se dá passando massa de rejunte nas emendas das chapas. Em seguida, aplica-se a fita microperfurada por cima da primeira demão de massa. Passa-se outra demão, escondendo a fita. E após a secagem, aplica-se outra demão para um acabamento liso e uniforme. Para obter um acabamento adequado, após o rejunte secar, pode-se lixar a parede a fim de deixá-la pronta para receber o acabamento final, de acordo com a Figura 16, (LUCA, 2015).

Figura 17 - Acabamento.



Fonte: Gypsom, 2014.

INSTALAÇÕES E ISOLAMENTO COM LÃ MINERAL

De acordo com Luca (2015), “Nas regiões das paredes *drywall* onde houver instalações com tubulações de água e esgoto, eletrodutos e caixas elétricas, as mantas de lã mineral devem receber cortes para encaixe e uma melhor acomodação em torno das peças.” O mesmo autor ainda acrescenta que o posicionamento de caixas elétricas no mesmo alinhamento numa parede *drywall* facilita a passagem de som de um lado para o outro, comprometendo o desempenho acústico da parede. É

recomendável a defasagem de no mínimo 10 mm e o preenchimento com lã mineral no contorno e no fundo das peças, (LUCA, 2015).

METODOLOGIA

Realizou-se inicialmente uma leitura seletiva e estudo dos principais materiais utilizados no tratamento acústico, onde buscou-se artigos científicos e livros correlacionados com o isolamento. Após essa pré-seleção de bibliografias, fez-se uma pesquisa sobre as técnicas de instalação correta da lã mineral no *drywall*, de acordo com as normas, para tratamento acústico.

O trabalho em questão, trata-se de um estudo de caso que visa comparar a forma de instalação acústica de acordo com a Norma referente ao sistema, com a aplicação real. Para tanto, fez-se necessário a leitura das Normas, artigos científicos e manuais técnicos de instalação, bem como a observação *in loco* de quatro obras em salas de edifícios empresariais, com serviços realizados por uma empresa instaladora com atuação na cidade de João Pessoa-PB.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o objetivo deste trabalho, foi realizada uma análise comparativa referente à formas de instalação do sistema acústico em *drywall* executadas em algumas obras por uma empresa instaladora da cidade de João Pessoa-PB.

Diante deste estudo, verificou-se que nas paredes de *drywall* instaladas em várias obras, não foram efetuadas de maneira totalmente correta. Os erros verificados nessas instalações foram acometidos pela falta da utilização da fita banda acústica em possíveis aberturas localizadas na parede, que eram destinadas à tomadas e tubulações de água e esgoto. Além disso, foi observada a ausência da aplicação de fita banda acústica entre a guia o local de aplicação.

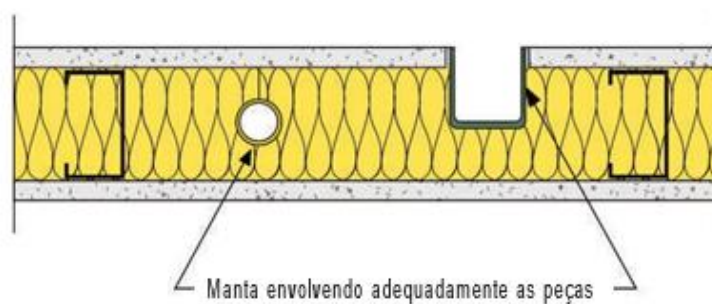
As Normas NBR 15.758:2009-parte 1 e a NBR 15.217:2018 e manuais técnicos de instalação não foram seguidos da forma correta ao comparar com a instalação feita pela empresa referida, de uma parede com isolamento acústico realizada em um empresarial localizado no Altiplano. As Figuras 17, 18 e 19 abaixo mostram o comparativo.

Figura 17 - Parede em *drywall* com isolamento acústico sendo instalada.



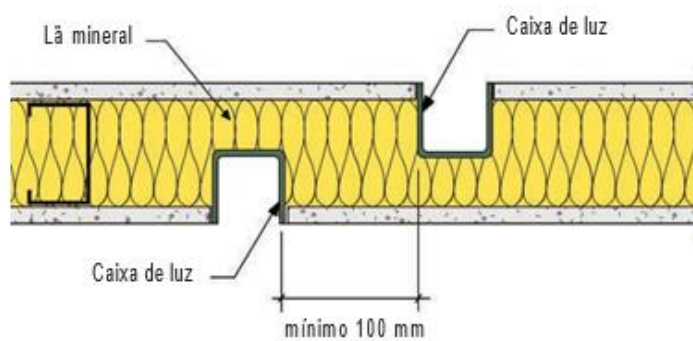
Fonte: Acervo Próprio, 2021.

Figura 18 - Demonstração da utilização de fita banda acústica nos recortes.



Fonte: Luca, 2015.

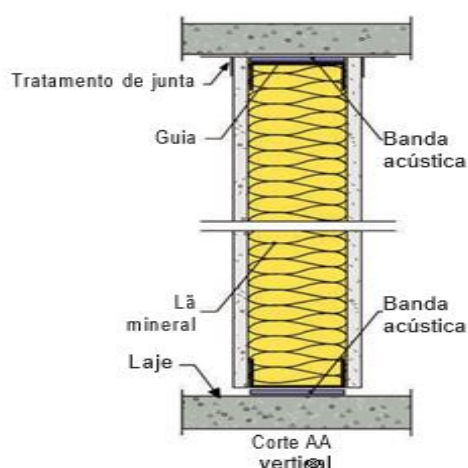
Figura 19 - Demonstração da distância mínima entre pontos elétricos.



Fonte: Luca, 2015.

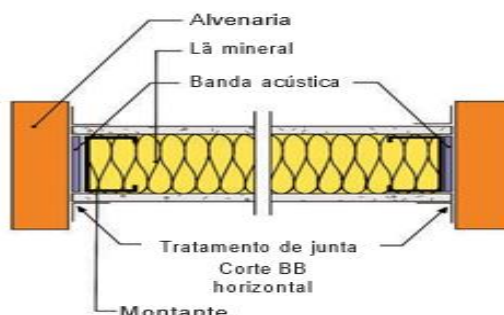
Pode-se observar que na Figura 17, em comparação com as Figuras 18 e 19, não existe a utilização da fita banda acústica envolvendo os eletrodutos, não é seguida a distância mínima de 10 mm de um ponto para outro, e além disso, não foi utilizada a fita acústica nas guias. Como não dá para visualizar na foto, foi conferido no local a ausência da aplicação da banda acústica e notado a falta da lã mineral em alguns pontos da parede. Abaixo, as Figuras 20 e 21 mostram o corte vertical e horizontal de uma parede em *drywall* com lã mineral aplicado de forma correta.

Figura 20 - Visualização de corte vertical de uma parede em *drywall*.



Fonte: Luca, 2015.

Figura 21 - Visualização de corte horizontal de uma parede em *drywall*.

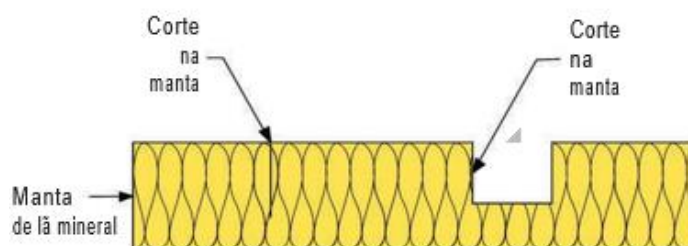


Fonte: Luca, 2015.

De acordo com as Figuras 20 e 21, em relação ao tratamento de junta realizado com massa e fita de papel, os montadores da empresa em questão não faziam esse procedimento em todos os serviços que necessitavam desse

tratamento e como a empresa não fiscalizava a instalação dos serviços, ou seja, o erro continuava nas demais obras. Outro ponto analisado foi referente aos recortes que devem ser feitos na lã para encaixe das caixas de tomada, interruptor e tubulações, esses recortes devem ser realizados para não comprometer o isolamento acústico, visto que, ao não fazer esse processo do serviço, pode ter uma perda considerável do isolamento sonoro, como mostra a Figura 22.

Figura 22 - Visualização do recorte na manta.



Fonte: Luca, 2015.

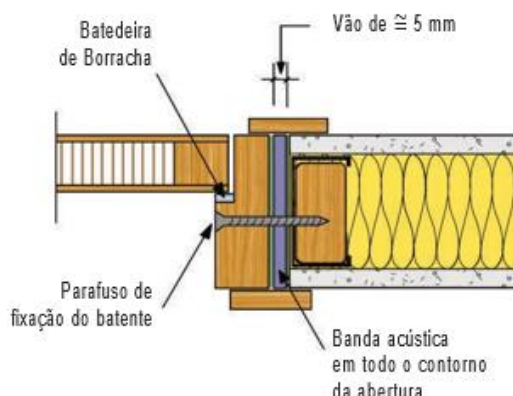
Outro fato importante, é que ao analisar as paredes que eram instaladas em *drywall* com lã de vidro ou lã de rocha, pode-se observar na Figura 23, que não há a aplicação da fita banda acústica no contorno do vão de porta para fazer o fechamento e assim manter a parede totalmente isolada. Isso está em desacordo com o previsto para instalação correta, como pode-se observar na Figura 24, que mostra a necessidade da aplicação da fita banda acústica no vão da porta.

Figura 23 - Parede em *drywall* com vão de porta.



Fonte: Acervo Próprio, 2021.

Figura 24 - Visualização da aplicação da fita banda acústica no vão de porta.



Fonte: Luca, 2015.

Diante do exposto, tendo os registros fotográficos, Normas e conferências *in loco*, foi dado um *feedback* à empresa referida sobre todos os erros cometidos, tanto pelos montadores por não terem conhecimento técnico adequado para a correta instalação, como pela empresa por não fiscalizar os serviços e não disponibilizar os materiais necessários. Depois do ocorrido, a mesma providenciou cursos de capacitação para a equipe de instaladores, adquiriu a fita banda acústica para ser aplicada nos locais devidos, passou a fiscalizar rigorosamente cada obra e buscou reparar alguns dos serviços que já tinham sido finalizados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, a indústria da construção civil sempre busca aprimorar e inovar ideias voltadas para o avanço da tecnologia e sustentabilidade. Os métodos construtivos seguem crescendo e o *drywall* surgiu justamente para inovar a construção trazendo praticidade, rapidez na execução, facilidade de manuseio e aplicação, ganho de área útil, várias possibilidades de utilização, geração de poucos resíduos, conforto acústico, dentre outros.

No Brasil, o sistema de vedação tradicional com tijolos cerâmicos ainda é o mais utilizado, mas o *drywall* vem se consolidando e ganhando seu lugar no mercado da construção civil devido os vários benefícios que possui. Tendo como ponto forte o isolamento acústico, no qual, segundo pesquisas e artigos científicos

comprovam que ao comparar o sistema convencional com a tecnologia *drywall*, fica evidente que o desempenho acústico do mesmo é superior a alvenaria tradicional.

Ao desenvolver esse estudo, foi possível alcançar os objetivos propostos em comparar as formas de instalação da lã mineral corretamente com o real, mostrando alguns tipos de isolamento acústico utilizados no *drywall*, e um pouco da história desse método de construção a seco. Além disso, pode-se perceber a importância de um estudo aprofundado na área e que é super válido a fiscalização dos serviços que uma empresa proporciona aos seus clientes para não ocorrer problemas futuros.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15758-2: Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall - Projeto e procedimentos executivos para montagem. Parte 2: requisitos para sistemas usados como forros.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15758-1: Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall - Projeto e procedimentos executivos para montagem. Parte 1: requisitos para sistemas usados como paredes.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.217: Perfis de aço para sistemas de gesso acartonado – Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BELLEI, Poliana. **Eficiência acústica, lã de vidro e lã de rocha como isolantes para o sistema drywall.** 2017. Artigo desenvolvido pelo curso de Engenharia Civil - UCEFF, ANAIS Engenharia Civil, v.1, nº1 – 2018/1.

CATAI, Rodrigo Eduardo. PENTEADO, André Padilha. DALBELLO, Paula Ferraretto. **Materiais, Técnicas e Processos para Isolamento Acústico.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 17º CBECI Mat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 2006. Foz do Iguaçu-PR, Brasil.

FERRARI, Fernando Henrique. **Comparativo acústico entre o sistema construtivo Drywall e alvenaria convencional.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil – Universidade Comunitária da Região de Chapecó. 2015.

FERREIRA, L. F. **Acústica de ambientes e salas de aula.** Ji-Paraná, Rondônia, 2010.

GYPSUM DRYWALL. **Catálogo técnico**, 2014. Disponível em http://www.lafargegypsum.com.br/gypsum_arquitetura/index.php?new
Acesso em setembro de 2021.

- HENRIQUE, Paulo Farias. **Tratamento acústico na construção civil. 2013.** Monografia do Curso de Especialização em Construção Civil– Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte-MG, 2013.
- KIRCHHOFF, Herb. **O que é isolamento de lã de rocha?** [s.a]. Disponível em: http://www.ehow.com.br/isolamento-rocha-sobre_69224/ Acesso em setembro 2021.
- KNAUF. Sistemas Drywall Knauf – Manual de Instalação, ago, 2009.
- LUCA, C. R. **Desempenho acústico em sistema drywall**, 2 Edição. Associação Brasileira de Drywall. São Paulo, 2015. Disponível em https://www.gypsum.com.br/pt-br/centro-de-apoio/documentos/?page=1&page_size=9&sort=Id&sort_type=desc.
- LUCA, C. R. **Manual de Sistema de Drywall** – paredes, forros e revestimentos. São Paulo, 2006.
- SEHN, Alessandro Gnoatto. **Desempenho dos isolantes térmicos poliestireno, lã de vidro, lã de rocha e lã de pet – aplicados no método construtivo Drywall.** Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil - Faculdade Empresarial de Chapecó, 2016.
- TRES, Karina. **Utilização do sistema drywall em uma edificação residencial, Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico e drywall. 2017.** Trabalho de conclusão de curso – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Santa Catarina, 2017.
- TANIGUTI, E.K. **Método construtivo de vedação vertical interna em chapas de gesso acartonado.** 1999. Dissertação do Curso de Construção Civil–Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 1999.
- VIVA DECORA PRO, REVISTA, AGOSTO 12, 2018, Link de acesso, www.vivadecora.com.br/pro/curiosidades/drywall-ou-alvenaria/. Acessado em setembro/2021.

**A IMPORTÂNCIA DA SUSTENTABILIDADE E DA SEGURANÇA DO TRABALHO
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**Jecianne Marinho Maia¹Wagner César de Melo Florêncio²Marco Aurélio Rodrigues de Melo³**RESUMO**

A construção civil é um dos segmentos da economia que mais ocorrem acidentes de trabalho e infelizmente esses dados são reflexo de uma série de situações que colocam em risco a vida e a integridade da saúde dos trabalhadores da construção civil. A construção sustentável no Brasil tem papel fundamental para a realização dos objetivos do desenvolvimento sustentável, existe pequeno investimento e são pouco atrativos para os consumidores e empresas que investem em construções sustentáveis, em sua maioria estão focadas na maximização dos recursos naturais e seus benefícios para o imóvel. O trabalho tem como objetivos identificar as principais dificuldades encontradas pelo setor da construção civil para contribuir com a construção de imóveis que se sejam verdadeiramente sustentáveis, identificar quais os principais problemas referentes a acidentes no canteiro de obra e quais são motivos para sua ocorrência, demonstrando formas de evitar a ocorrência de acidentes de trabalho. O trabalho foi elaborado através em uma revisão de uma revisão bibliográfica sobre o tema abordado. Os resultados obtidos no trabalho demonstram a necessidade de informação maior dos consumidores e empregadores em relação as construções sustentáveis. No que se refere a segurança do trabalho a necessidade de disponibilizar e orientar sempre os trabalhadores na construção civil.

Palavras-chaves: Segurança do trabalho; Sustentabilidade, Construção Civil.

ABSTRACT

The theme of work is very pertinent these days, as civil construction is one of the segments of the economy with the most accidents at work and unfortunately this data reflects a series of situations that put life and health at risk of construction workers. Another important point of the work is sustainable construction in Brazil, as there are still few investments and attractions for consumers and companies to invest in sustainable constructions focused on maximizing natural resources and their benefits for the property. The work aims to identify the main difficulties encountered by the civil construction sector to increase the construction of real estate that are truly sustainable, identify the main problems related to accidents at the construction site and what are the reasons for their occurrence, in order to show ways to prevent the occurrence of accidents at work. The work was elaborated through a review of a bibliographic review on the topic addressed, seeking articles, theses, books, websites and other sources of information. The results obtained in the work show a need for greater information from consumers and even employers in relation to sustainable

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil. E-mail: 20171076005@iesp.edu.br

² Graduando do Curso de Engenharia Civil. E-mail: 20171076069@iesp.edu.br

³ Professor Orientador, Doutorado em Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal da Paraíba, Docente do Curso Superior em Engenharia Civil. E-mail: prof1661@iesp.edu.br.

construction and with regard to work safety, the need to always provide and guide civil construction workers.

Keywords: Work safety; Sustainability, Civil Construction

INTRODUÇÃO

A construção civil, um dos segmentos da indústria mais importantes do Brasil. Emprega milhões de pessoas e faz a economia girar. Desse modo, a construção de edificações sustentáveis, maximizando o uso das matérias-primas e reduzindo custos torna-se fator determinante em obras em todo país. Aliado a esse ponto faz-se necessário associar a sustentabilidade a outro fator que contribui negativamente na construção civil, a segurança do trabalho. Na medida em que ocorrem os processos de segurança os riscos de acidentes são bem menores (LORENCINI, 2019).

Empresas da construção civil intensificaram nos últimos anos aumento da competitividade e conseqüentemente produção na construção civil. Aderindo a medidas, de racionalização construtiva, reduzindo custos de produção, a produtividade, evitando desperdício e retrabalho (DALAZEN, 2018).

A construção civil é responsável por um grau elevado de acidentes de trabalho, isso ocorre por diversos fatores, como a ausência de equipamentos de proteção individual e coletivo- EPI's e EPC's, falta de atenção e instrução técnica para realizar determinada atividade (SILVA, 2019).

A indústria da construção civil, considerada perigosa, apresenta trabalhadores de diversos riscos ocupacionais que dependem do tipo da construção, do estágio em que a obra se encontra e da maneira que a empresa coordena suas ações e programas de segurança no trabalho (ALMEIDA, 2018).

O trabalho se justifica pela importância do segmento para a economia do país, pela geração de empregos, pela proteção dos trabalhadores do setor da construção civil, além disso pela necessidade da construção de empreendimentos sustentáveis em todo o país.

Nesse sentido o objetivo do trabalho é identificar os principais dilemas referentes à segurança das obras na construção civil; demonstrar como obras sustentáveis são seguras e apresentar as possíveis soluções para problemas que ocorrem em obras.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A IMPORTÂNCIA DA SUSTENTABILIDADE E DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Ribeiro, Moura e Pirote (2018) construção civil se trata de um dos ramos de atividades econômicas mais antigas do mundo, surgiu entre 4.000 e 2.000 anos A.C, e têm-se provavelmente as pirâmides do Egito como primeiras construções. O surgimento de grandes construções está associado também ao crescimento das cidades, da população e pela necessidade de deslocamento das pessoas.

Nas últimas décadas o mundo passou a ter uma preocupação maior com o meio ambiente, principalmente no que se refere ao uso dos recursos naturais, o desperdício de matérias primas e a poluição causada por diversos setores da economia, em especial pelo segmento da construção civil, setor que se encontra em constante desenvolvimento e necessita atenção à implantação de práticas sustentáveis nas obras (RIBEIRO; MOURA, PIROTE, 2016).

A sustentabilidade, cada vez mais, ganha espaço nos diversos segmentos econômicos. Aliado ao surgimento de novas tecnologias, corrobora com a qualidade da prestação dos produtos e serviços disponíveis no mercado. Na construção civil o tema está em alta, principalmente pela necessidade emergente de reduzir custos e construir imóveis com o mínimo de impacto ambiental possível, que apresentem qualidade para o uso, beneficiando as gerações futuras de ambientes sustentáveis (ETHOS, 2008 apud BORGES; MARCO, 2020).

De acordo com Wieczynski (2015. p.02) é necessário que seja dado a devida importância construções sustentáveis. Ainda existe resistência e dificuldades em encontrar esse tipo de empreendimento:

As questões de sustentabilidade são extremamente importantes para o setor da construção civil. Levantamentos realizados identificam um consumo de aproximadamente uma tonelada de materiais de construção por metro quadrado de área edificada. Quanto mais sustentável for uma obra, mais responsável ela será por aquilo que consome, gera, processa e descarta. Uma construção sustentável tem em suas características materiais que provocam pouco impacto durante e depois do fim de sua vida útil. As práticas sustentáveis na área da construção civil são limitadas e na maioria das vezes a matéria prima utilizada se torna inacessível ao consumidor de baixa renda devido ao seu alto preço de comercialização.

As construções sustentáveis necessitam serem estimuladas, apresentam menores custos para sua implantação. Práticas sustentáveis de construções necessitam serem barateadas, utilizam matérias-primas que provocam menores impactos ao meio ambiente durante a construção do imóvel e após sua utilização. O uso das matérias-primas inerentes ao processo produtivo deve priorizar o consumo consciente, objetivando reduzir a utilização de insumos e apresentar qualidade e segurança para os usuários (WIECZYNSKI, 2015).

A utilização de novas práticas sustentáveis na construção civil é um desafio para o segmento. O uso de novas tecnologias nem sempre está acessível para todas as construtoras, alguns processos apresentam custos maiores e encarecem o custo final da obra, distanciando investidores para realização de obras sustentáveis. Porém, os benefícios de implantação são extremamente positivos quando ocorre, por exemplo, redução de desperdícios de recursos, e menor consumo de água e energia (BORGES; MARCO, 2020).

A indústria da Construção Civil no Brasil está atrasada quanto ao tema sustentabilidade e meio ambiente, principalmente pelo fato de não existir grandes estímulos a investimentos nesse segmento, na qualificação de profissionais e na destinação correta de resíduos sólidos. Um ponto positivo para aperfeiçoar essa relação produtiva sustentável são as determinações do Ministério do Meio Ambiente, se trata das resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (CORTEZ, et al 2011).

Existem diversas práticas sustentáveis para construção de imóveis e manutenção, necessita consciência tanto dos construtores quanto de usuários, reduzir ao máximo o consumo de recursos, reutilizar água, reciclar materiais de modo a maximizar impactos ambientais causados pelas construções (TEIXEIRA, 2018).

Para Teixeira (2018, p.13):

A preocupação com a sustentabilidade tem levado a Indústria da Construção Civil, a grandes transformações e à absorção de novos conceitos gerenciais. São diferenciais cada vez mais importantes para as empresas que fabriquem produtos ou prestem serviços que não degradem o meio ambiente. Estudos comprovam que as empresas que cultivam uma forte imagem de responsabilidade social apresentam melhor desempenho financeiro, inclusive no mercado acionário.

O setor da construção civil vem realizando algumas importantes modificações no segmento em relação à construção de ambientes sustentáveis, muitas empresas estão preocupadas com o uso consciente dos recursos utilizados nas construções, evitando menores gastos com água, madeira, metais, etc. A sustentabilidade no segmento associa a fatores determinantes como novos processos tecnológicos, compromisso ecológico e social das empresas (TEIXEIRA, 2018).

A construção de ambientes sustentáveis deve ser realizada seguindo as normas técnicas e orientações dos órgãos competentes. Quando se toma decisão de construir qualquer empreendimento, privado ou público, se faz necessário considerar fatores econômicos durante a fase de elaboração do projeto, fatores como a escolha dos materiais utilizados e a manutenção responsável do ambiente pós-conclusão da obra (TEIXEIRA, 2018).

De acordo com Barbosa (2021. p.01):

Atender as necessidades imediatas sem prejudicar as gerações futuras é um dos encargos da sustentabilidade, desse modo é possível dizer que ela pode estar presente em todas as etapas de uma construção civil, desde a sua ideia, até a execução da mesma, considerando seus quesitos fundamentais, sendo eles, economia, coletivo e o meio ambiente. A grande maioria dos impactos ambientais vem por meio da construção civil, na medida em que as cidades vão se expandindo, as construções vão aumentando e consequentemente a contaminação ambiental crescendo. A preocupação com o uso dos recursos e a disponibilidade dos mesmos para as novas gerações é uma preocupação da sustentabilidade na construção civil, não se trata apenas do uso consciente, mas, de maximizar na utilização desses recursos, que muitas vezes são escassos. As necessidades de construção não aumentam na mesma proporção da disponibilidade de matérias-primas deve-se ter cuidados sustentáveis desde a fase inicial a final do empreendimento (BARBOSA, 2021).

SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil, responsável por graves problemas que ocorrem nas empresas em todo o país, elevado número de acidentes de trabalho que ocorrem no setor, os ambientes de obras apresentam grau de risco elevado, necessita rigor, quanto ao uso de equipamentos de proteção e seguir as orientações das normas técnicas (GIZONE; MARCO, 2018).

As normas regulamentadoras orientam empresas da construção civil de realizar atividades, corrobora sobre os meios de prevenção contra acidentes de trabalho. Infelizmente o setor da construção civil é um dos segmentos da indústria

onde mais ocorrem acidentes de trabalho. As NR's servem para demonstrar e esclarecer a execução das atividades pertinentes a construção civil (FRANZ, 2006).

Existem fatores externos e internos que facilitam a ocorrência de acidentes de trabalho na construção civil, ocorre individualmente ou de forma conjunta, são agrupados em categorias, como a acidentalidade, onde determinados profissionais estão mais propensos a algum tipo de acidente, ou seja, estão predispostos a sofrerem acidentes (OPITZ, 1988 apud AMARAL, 2013).

Outra categoria é a Antiguidade do profissional no trabalho realizado, quanto mais experiência, menor a probabilidade de ocorrer acidentes, a experiência, dentre outros fatores como a inaptidão para o serviço, influência social, como um trauma psicológico (OPITZ, 1988 apud AMARAL, 2013).

METODOLOGIA

Para se produzir um trabalho rigoroso e de referência é necessário se aprofundar no estudo, utilizando métodos eficazes e que tragam resultados, portanto, de acordo com Praça (2015, p.02):

O processo metodológico tem como finalidade, na maioria das vezes, explicar e discutir um fenômeno baseado na verificação de uma ou mais hipóteses. Sendo assim, está diretamente vinculado a questões específicas na qual trata de explicá-las e relacioná-las com outros fatos.

A metodologia científica significa um estudo dos métodos ou dos instrumentos que são necessários para se construir um trabalho científico, caracterizada por ser uma disciplina voltada para a ciência. Trata-se da parte do trabalho onde se identifica o melhor tipo de pesquisa a ser utilizada e do conhecimento dos métodos que ajudam na elaboração do trabalho (OLIVEIRA, VALENÇA, 2015).

A metodologia utilizada para elaboração do trabalho foi revisão bibliográfica através de uma pesquisa descritiva, consultados artigos, livros, dentre outros trabalhos publicados em diversos portais acadêmicos, como o Scielo, Google Acadêmico, Periódicos da Capes. Foram localizados diversos artigos e demais trabalhos acadêmicos relevantes, de modo que contribuíram significativamente para a realização deste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

PRINCIPAIS DILEMAS REFERENTES À SEGURANÇA DAS OBRAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As normas regulamentadoras (NR) foram criadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e prevê várias medidas que visam a proteção e a preservação da saúde dos trabalhadores do Brasil. Todas as normas regulamentadoras referentes a saúde e a segurança do trabalho são obrigatórias para as empresas públicas e privadas, todos os órgãos públicos da administração direta e indireta e aos órgãos dos Poderes Legislativos e Judiciário, que mantém funcionários sobre o regime celetista (Consolidação das Leis do Trabalho – CLT) (GIZONE; MARCO, 2018).

IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA DO TRABALHO CONTRA ACIDENTES DE TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As normas regulamentadoras devem ser cumpridas e seguidas conformes as orientações técnicas, na medida em que não ocorrem acarretam acidentes e riscos a vida dos trabalhadores, atingindo os responsáveis diretamente pela execução dos trabalhos no canteiro de obras. É indispensável a fiscalização do trabalho por parte do técnico em segurança do trabalho na construção civil, podendo ocorrer penalidades em diversos níveis, como trabalhistas, criminal e civil. O trabalhador quando não faz uso dos equipamentos de proteção e não segue as normas deverá ser penalizado, com base no artigo 158 da CLT (GIZONE; MARCO, 2018).

Conforme Farias (2010, apud Machado et al 2016, p. 05) os acidentes de trabalho podem ser classificados de acordo com níveis, sendo a partir de acidentes considerados leves até os catastróficos, Quadro 1.

Quadro 1 – Categoria de Severidade dos Perigos

GRAU	EFEITO	DESCRIÇÃO	FREQUÊNCIA
1	LEVE	Acidentes que não provocam lesões (batidas leves, arranhões)	Sem afastamento
2	MODERADO	Acidentes com afastamento e lesões não incapacitantes (pequenos cortes, torções leves)	Afastamento de 1 a 30 dias

3	GRANDE	Acidentes com afastamento e lesões incapacitantes, sem perdas de substância ou membros (fraturas, cortes profundos)	Afastamento de 31 a 60 dias
4	SEVERO	Acidentes com afastamento e lesões incapacitantes, com perdas de substância ou membros (perda de parte de dedo)	Afastamento de 61 a 90 dias
5	CATASTRÓFICO	Morte ou invalidez permanente	Não há retorno à atividade laboral

Fonte: Machado et al (2016 apud Faria 2010)

Os acidentes de trabalho ocorrem em diferentes graus, alguns considerados leves e não necessitam de afastamento do funcionário das atividades. A partir do nível 2 o grau se eleva, necessitando de afastamento de até 30 dias. Alguns acidentes causam até a morte do trabalhador, muitas vezes podendo ser evitado com equipamentos de proteção e seguindo as normativas e orientações técnicas (MACHADO, 2016).

As principais normas regulamentadoras aplicadas na construção civil são: a NR – 6 (Equipamentos de Proteção Individual (EPI); NR – 8 (Edificações); NR – 12 (Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos); NR – 26 (Sinalização de Segurança); a NR – 35 (Trabalho em Altura). As normas orientam procedimentos técnicos de construção e evitam a ocorrência de acidentes em obras em todo o país (GIZONE; MARCO, 2018).

A norma regulamentadora NR – 5 trata da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA, é uma comissão constituída por representantes dos empregadores e dos empregados, tem como objetivo a prevenção de acidentes e o surgimento de doenças decorrentes do trabalho, visando a preservar e proteger os trabalhadores, promovendo a saúde e segurança dos profissionais (GIZONE; MARCO, 2018).

Os treinamentos são necessários para que os representantes da CIPA realizem trabalho com eficiência, orientando os trabalhadores de forma correta. Empresas privadas e empresas públicas e demais instituições devem promover a realização de treinamentos para os representantes titulares e suplentes.

OBRAS SUSTENTÁVEIS E SEGURANÇA

Em construções sustentáveis leva-se em consideração alguns princípios, que visam o desenvolvimento sustentável. Dentre, estão a minimização do consumo dos recursos naturais, a água é um grande exemplo, se deve evitar o desperdício e praticar a reutilização como forma de maximizar sua utilização. Deve-se atenção à utilização dos recursos renováveis como estratégias de uso de energias limpas, corroborar na conservação da vida vegetal, plantas contribuem no equilíbrio da temperatura (FARIAS; MARINHO, 2020).

TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Qualquer impacto ambiental é negativo e prejudicial ao meio ambiente, indispensável que o setor da construção civil tenha compromisso e preocupação com o uso consciente dos recursos. Os materiais utilizados na construção devem ser de qualidade, pois, dá aos usuários segurança para uso, além de uma vida útil maior, informações como a forma de construção e a procedência dos insumos de produção garante segurança (QUEIROZ, 2016, p. 04).

As práticas sustentáveis estão sendo incorporadas na construção civil, o segmento está em constante mudança, por se tratar de um setor econômico, dinâmico e completo, necessita absorver novas tecnologias que permitam a maximização dos recursos naturais utilizados nas obras. Existem diversas formas de realizar construções sustentáveis, dentre estão a implantação de telhados verdes, a captação de energia solar, reutilização da água e o uso de madeira reflorestada, dentre outros (MÜLLER; TRINDADE; PIOVESAN, 2017).

APLICAÇÃO DE TELHADOS VERDES

A implantação de telhados verdes traz para os usuários diversas vantagens, contribui no clima, através da purificação do ar, redução de poluentes e de temperaturas, garantindo ambiente agradável e corroborando na preservação do meio ambiente (GEHARD; BERGMANN, 2021).

Método construtivo que está vem sendo aplicado cada vez mais nos últimos anos no país, consenso entre a engenharia civil e a arquitetura de que é necessária inovação, encontrar novas práticas sustentáveis de construção que reduzam o

consumo e possam contribuir na qualidade do imóvel construído (GEHARD; BERGMANN, 2021).

As principais vantagens na construção de imóveis com telhados verdes são: a regulação da temperatura durante o dia e a noite, deixando o ambiente mais agradável, isolamento térmico, que impedir ruídos externos no ambiente, reduz ilhas de calor, principalmente nas grandes cidades, protege edifícios dos raios solares, importantes na drenagem e no reaproveitamento da água e controle da poluição atmosférica (GEHARD; BERGMANN, 2021).

Conforme Mendes, Assis, Tarquínio (2017), a construção de telhados verdes vem de muito tempo. Nas cidades de Etermenanki na Babilônia e em Nanna, na cidade de Ur, há cerca de 4.000 a.c. Os mais famosos jardins, são os jardins suspensos da Babilônia, figura 1.

Figura 9 - Representação dos Jardins da Babilônia



Fonte: NOGUEIRA (2019).

A procura por melhores condições de moradia e de clima é uma preocupação dos povos, sendo esteticamente charmoso, reduz a temperatura local, deixando o clima ameno e possibilitando reaproveitar e armazenar água. No Brasil um exemplo conhecido de Telhado Verde é o Edifício Matarazzo, atualmente é a sede da prefeitura municipal de São Paulo, Figura 2.

Figura 2 - Sede da Prefeitura Municipal de São Paulo



Fonte: PINHO (2015)

O uso de telhados verdes deve ser estimulado pelas empresas do segmento da construção civil, visando realização de construções de imóveis que tenham mecanismos sustentáveis e que possam agregar algum tipo de benefício aos usuários, como a redução de temperatura ambiente, reutilização da água da chuva e armazenamento, dentre outros.

REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA

O uso racional da água em todos os setores econômicos deve ser focado no uso consciente, baseando-se sempre na economia dos recursos naturais que serão utilizados. A água é um bem que além de ser utilizado nas obras é responsável por uma grande parcela de energia gerada no país, as empresas da área da construção civil vêm realizando práticas sustentável no canteiro de obras, como não desperdiçar a água e o reaproveitamento da água (FARIAS, MARINHO, 2020).

A reutilização da água é algo que ainda precisa ser bastante difundido na construção civil, pois, reduz de custos devido ao menor consumo de água, outro ponto necessário a ser mais discutido em obras é o aproveitamento da água da chuva no canteiro de obra, essas práticas podem assim trazer retornos econômicos para as empresas (BORGES; MARCO, 2020).

As boas práticas sustentáveis na construção civil devem ser estimuladas por todas as empresas do setor, ainda há uma resistência em boa parte do segmento em realizar mudanças estruturais e funcionais visando essa adequação no canteiro de obras, porém, a cada dia se percebe que não dá mais para continuar realizando

determinadas atividades focadas em desperdícios e no uso excessivo de matéria prima, portanto, o uso consciente da água aliado ao planejamento estratégico, favoreceu para maximizar os recursos da empresa e consequentemente na redução dos custos de produção (FARIAS, MARINHO, 2020).

GERENCIAMENTO E GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil é um ponto muito importante e necessário a ser discutido, muito se questiona o fato de não haver os cuidados necessários com esses resíduos, não há em muitos casos, preocupações inerentes ao descarte da forma correta, evitando diversos problemas, os impactos podem causar obstrução de córregos, enchentes, obstrução de vias, além de ajudar na proliferação de doenças (LARUCCIA, 2014).

Um bom gerenciamento dos resíduos sólidos está relacionado também às atividades referentes ao saneamento básico, pois, há uma relação direta entre saúde e meio ambiente, desse modo, todas as ações que envolvem o gerenciamento de resíduos da construção civil estão interligadas, o que contribui de forma positiva um melhor aproveitamento dos recursos e evitar desperdícios (FARIAS; MARINHO, 2020).

Deve-se ter uma preocupação e muito cuidado no que se faz com esse material, pois, caso não tenham o correto destino, pode favorecer para o surgimento de problemas ambientais, assim, a obra deve ser realizada sempre com base no princípio da sustentabilidade e seguindo as recomendações dos órgãos de proteção ambiental (FARIAS; MARINHO, 2020).

Outros problemas podem surgir devido ao mau gerenciamento dos resíduos sólidos na construção civil, como os relativos ao meio ambiente, muitos resíduos são despejados sem nenhum cuidado e tratamento em áreas de preservação ambiental, degradando mananciais e áreas de proteção permanente, assoreando rios e córregos, entre outros (LARUCCIA, 2014).

SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS QUE OCORREM EM OBRAS

A norma regulamentadora nº 06 trata dos Equipamentos de Proteção Individual que os profissionais devem utilizar durante a execução do trabalho, algumas medidas são importantes para evitar acidentes, dentre as quais, o uso de

equipamento de proteção individual. Os EPI's, dispositivos de uso individual, destinado a proteger a integridade e a saúde do trabalhador, o uso é obrigatório e os funcionários devem ter o cuidado de utilizá-los e da forma correta (FRANZ, 2006).

PREVENÇÃO E CUIDADOS NAS OBRAS

A prevenção é sem dúvida a melhor forma de evitar acidentes na construção civil, os profissionais envolvidos devem ter o compromisso de utilizarem materiais de proteção, na medida em que existe essa precaução, os riscos de acidentes reduzem sensivelmente. Ao se identificar qualquer possibilidade de risco no canteiro de obras, se deve imediatamente tomar as devidas providências para sanar o problema (MACHADO, et al, 2016).

Os cuidados para evitar acidentes são preventivos e todas as orientações devem ser orientadas aos profissionais no canteiro de obras. Ocorrendo algum tipo de risco inerente ao trabalho mal realizado pelo profissional, deve ser orientado da forma correta e informado que a ação está equivocada e que poderia causar acidentes. Todos os envolvidos no trabalho devem colaborar e realizar tarefas de forma participativa, utilizando conscientemente os equipamentos de proteção individual e coletiva (MACHADO, et al, 2016).

PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI'S) E EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA (EPC'S)

De acordo com Franz (2006) existem vários tipos de equipamentos individuais de proteção distintos, Quadro 2.

Quadro 2 – Tipos de Equipamentos Individuais

PROTEÇÃO DOS MEMBROS	TIPO DE EQUIPAMENTO
CABEÇA	Capacete; turbantes; toucas ou capuz protetor; protetor fácil contra respingo, impacto ou radiações nocivas; óculos de segurança contra impacto.
MEMBROS SUPERIORES	Luvas reforçadas de couro ou de raspa de couro; de lona; impermeáveis (borracha ou plástico); de amianto; luvas de borracha especial; mangas ou mangotes de raspa de couro.
MEMBROS INFERIORES	Sapato de segurança com biqueira ou palmilha de aço (ou com ambos); sapato de segurança com solado antiderrapante; botas de segurança (de couro ou borracha) com cano curto ou longo; perneiras de raspa de couro (normal ou especiais longos) polainas.

CONTRA QUEDAS DE DIFERENTES NÍVEIS	Cinto de segurança, cadeira suspensa e trava queda de segurança;
AUDIÇÃO	Protetor auditivo
RESPIRAÇÃO	Respiradores contra poeiras; máscara para trabalhos de limpeza por brasão; respiradores e máscara de filtro químico para exposição a agentes químicos; aparelho de isolamento para locais de trabalho onde o teor de oxigênio seja inferior a 18%.
TRONCO	Aventais de raspa de couro, lona, amianto ou plástico; colete sinalizador e capas.
CORPO INTEIRO	Aparelhos de isolamento para locais de trabalho onde haja exposição a agentes químicos
PELE	Cremes protetores

Fonte: Franz (2006, p.04)

Os equipamentos de proteção têm a finalidade de proteger todas as partes do corpo dos trabalhadores, para cada parte do corpo existe equipamentos distintos, para o tronco existem aventais de couro, lona ou plástico, para a cabeça o capacete, para os olhos, os óculos de proteção, para os ouvidos protetores auriculares e para as mãos luvas, Figuras 3 e 4 (FRANZ, 2006).

Figura 3 - Principais equipamentos de proteção individual nas construções



Fonte: <https://casadoepi.com.br/>

Figura 4 - Equipamentos de proteção individual obrigatoriamente nas obras, dependendo da atividade de cada trabalhador:



Fonte: AMARAL (2021).

O capacete é um dos principais equipamentos de proteção individual, e deve ser sempre utilizado nas obras, protege contra atritos e evita a ocorrência de acidentes, além do capacete o protetor auricular ajuda os trabalhadores a não terem problemas de audição no longo prazo, devido ao barulho nas obras, principalmente aqueles gerados pelas máquinas (SANTOS; REIS, 2019).

O uso dos equipamentos de proteção evita a ocorrência de acidentes, muitos deles graves e que podem salvar vidas é necessário disponibilizar aos trabalhadores todos os equipamentos de proteção de acordo com a atividade realizada. É um direito do funcionário ter disponível esse equipamento para o trabalho e obrigação das construtoras a entrega (FRANZ, 2006).

O trabalho na construção civil em muitos casos apresenta nível de risco de acidentes maior do que em outros segmentos, os cuidados devem ser redobrados e a fiscalização dos funcionários constante, na utilização dos EPI's. Diversos acidentes ocorrem pela ausência de equipamentos, como pela falta de habilidades dos trabalhadores, que muitas vezes não realizaram treinamentos e conhecem apenas do básico, aumentando a ocorrência de acidentes de trabalho no canteiro de obras (MACHADO, 2015).

A construção civil apresenta índices elevados quando se trata de acidentes de trabalho, realidade devido principalmente ao não uso dos equipamentos de proteção ou no uso inadequado desses equipamentos, negligência do empregador em disponibilizar os EPI's, falta de atenção dos trabalhadores, distração com celulares, atitudes imprudentes, desconhecimento técnico, dentre outros fatores (GIZONE, MARCO, 2018).

De acordo com Sousa, Campos (2017), muitos acidentes acontecem devido à falta de conhecimento técnico dos trabalhadores. Muitos encontram na construção civil o primeiro emprego e não realizam treinamentos para determinada atividade e são expostos a acidentes. Fatores como ausência de treinamentos, fiscalização de obras e gestão dos recursos, aumenta casos de acidentes de trabalho na construção civil.

Sousa e Campos (2017, p.05) cita as principais categorias e fatores causais de acidentes de trabalho no setor da construção civil, Quadro 3.

Quadro 3 - Principais categorias e fatores causais de acidentes de trabalho no setor da construção civil

CATEGORIAS	FATORES CAUSAIS
Equipes de trabalhadores	• Demandas de tarefas em excesso; • Falta de capacitação, conhecimento e habilidades; • Julgamento errôneo da situação de perigo; • Declínio relacionado as idades das capacidades cognitivas, comportamento e estado psicológico; • Saúde/fadiga do trabalhador • Posição operacional não apropriada para a tarefa;
Ambientes de Trabalho	• Fatores ambientais que envolvem a superfície de trabalho ou condições de layout da instalação; • Ambiente de trabalho (iluminação / ruído / quente / frio / molhado); • Insuficiente ou falta de programa de limpeza;
Materiais	• Estabilidade dos materiais • Condição dos materiais • Utilização dos materiais (procedimento e manuseio)
Equipamentos	• Insuficiência de EPI ou falta de proteção vestuário de trabalho e equipamentos; • Falta de equipamento / método de manipulação de materiais; • Ausência de dispositivos de segurança removidos ou inoperacionais; • Equipamentos inadequados de prevenção de queda em edifícios
Influências Originárias	• Falhas originadas durante o processo de planejamento e projeto; • Ausência de gerenciamento de risco; • Ausência / insuficiência de supervisão

Fonte: SOUSA, CAMPOS (2017).

Os problemas decorrentes de acidentes de trabalho são muitas vezes graves e para evitar que esses acidentes de trabalho ocorram é necessário atenção e cuidados, principalmente em relação ao uso adequado dos equipamentos, atenção durante o trabalho, equipamentos de trabalho de qualidade, capacitação dos trabalhadores, local de trabalho adequado, supervisão de trabalho e seguir das orientações dos profissionais (SOUSA, CAMPOS, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil é um setor da economia muito importante, gera diversos empregos, corroborando no desenvolvimento econômico do país. Para esse setor ser mais eficiente e desenvolver de forma sustentável é necessário realizar construções que reduzam o consumo de matérias primas, reaproveitamento de água da chuva e mecanismos de captação de energia limpa, dentre outras ações.

A construção de imóveis que possuem telhados verdes é iniciativa viável, pois, traz aos usuários muitos benefícios, como uma redução de temperatura do ambiente, proteção da construção contra os raios solares, ajuda contra a poluição do ar, dentre outras ações positivas, auxilia na drenagem da água da chuva, reduzindo assim a necessidade de escoamento de água e de sistemas de esgoto, contribui no isolamento acústico e térmico e esse tipo de vegetação é capaz de reduzir ruídos urbanos.

Existe uma dificuldade no país na realização de empreendimentos sustentáveis, muitas das obras, não se preocupa em construções de forma sustentável, maximizando os recursos naturais e elevando gastos de matérias primas, sendo resistente a mudanças nos procedimentos da construção de modo a reduzir consumos.

A utilização de equipamentos de proteção individual e coletiva evita a ocorrência de acidentes no país, essa realidade se deve principalmente ao fato de que em muitos canteiros de obras não estejam disponíveis para esses equipamentos, aumentando consideravelmente a chance de ocorrer acidentes de trabalho na construção civil em todo o país.

Os equipamentos de proteção na construção civil devem estar disponíveis para todos os trabalhadores. De suma importância que os funcionários tenham o compromisso e cuidado em utilizarem da forma correta, acidentes ocorrem pela forma inadequada de uso. Necessita-se de orientação aos trabalhadores e que tenham consciência da importância da utilização dos equipamentos para evitar acidentes.

Dessa maneira as construções sustentáveis necessitam serem estimuladas por profissionais da área, engenheiros e arquitetos devem corroborar diretamente nos estímulos a esse tipo de construção, focando a necessidade e importância desse tipo de empreendimento, além disso, mostrando os benefícios que trazem ao longo da vida dos usuários e também as empresas devem ajudar na redução dos custos para esses empreendimentos que ainda é bastante elevado no país.

No que se refere aos EPI's e EPC's têm-se que o uso é indispensável para evitar a ocorrência de acidentes no canteiro de obras, priorizar a segurança dos trabalhadores sempre, e não colocar em risco a vida dos profissionais, na medida em que não ocorrem esses cuidados, acarreta aumento considerável nos custos finais da obra, devido a gastos com a saúde dos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Amanda; SILVA, Larissa; BERTEQUINI, Aline. A segurança do trabalho na construção civil. XVIII ENPEX, UNITOLED0, 2018. Disponível em: <https://servicos.unitoledo.br/repositorio/handle/7574/2149>. Acesso em 14 de nov. 2021;

AMARAL, Arnaldo. Segurança no trabalho: EPI'S na construção civil. Rev. Ciênc. UNIPAR, Umuarama, v. 14, n. 2, p. 231-257, jul./dez. 2013. Disponível em: <<https://revistas.unipar.br/index.php/empresarial/article/view/4798/2810>>. Acesso em 11 set. 2021;

BARBOSA, Larissa. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: REUSO DA ÁGUA, 2021. Disponível em: <https://www.periodicorease.pro.br/rease/article/view/1685/678>. Acesso em: 19 de set. 2021;

BORGES, João; MARCO, Gerson. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: TÉCNICAS CONSTRUTIVAS, 2020. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/sustentabilidade_na_construcao_civil_tecnicas_construtivas_2_0.pdf. Acesso em: 24 de set. 2021;

CÔRTEZ, Rogério; FRANÇA, Sérgio; QUELHAS, Osvaldo; MOREIRA, Marcus; MEIRINO, Marcelo. CONTRIBUIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2011. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/V6N3A10/V6N3A10>. Acesso em: 25 de set. 2021;

DALAZEN, Maiara Luiza. A qualidade de vida no trabalho e sua interferência na permanência do trabalhador mediante ao absenteísmo e rotatividade na construção civil: um estudo de caso no município de Pato Branco. 2018. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018;

FARIAS, Lucas; MARINHO, Jefferson. Construções sustentáveis: Perspectivas sobre práticas utilizadas na construção civil, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/8257/7099>. Acesso em: 25 de set. 2021;

FRANZ, Lilian. ESTUDO COMPARATIVO DOS CUSTOS DE PREVENÇÃO E OS CUSTOS DOS ACIDENTES DE TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Monografia, Florianópolis 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/125317/Contabeis294208.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 de set de 2021;

GEHARD, Gabriel; BERGMANN, Ana. O ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE TELHADO VERDE, ABORDANDO DIFERENTES ESTILOS CONSTRUTIVOS DO TELHADO VERDE, 2021. Disponível em: <https://tcc.unipar.br/files/tccs/2eb75a971128ea62a9a080afbe06f3c3.pdf>. Acesso em 14 set. 2021;

GIZONE, Maíke; MARCO, Gerson. A IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA NO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO NO MUNICÍPIO DE JABOTICABAL – SP, 2018. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/importancia-da-seguranca-no-trabalho-na-construcao-civil-um-estudo-no-municipio-de>. Acesso em 06 de out. 2021;

LARUCCIA, Mauro. Disponível em: SUSTENTABILIDADE E IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301823303_Sustentabilidade_e_Impactos_Ambientais_da_Construcao_Civil. Acesso: 25 de set. 2021;

LORENCINI, Lucas. Sustentabilidade empresarial no segmento da construção civil. Trabalho de Conclusão de Curso apresentada às Faculdades Doctum de Guarapari, 2019;

MACHADO, André; NETO, Generoso; RAMOS, Diego; CAMPOS, Joandsom; MIOTTO, José. TELHADO VERDE: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA O SÉCULO XXI, 2017. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/2250/1645>. Acesso em 22 de set. 2021;

MACHADO, Daniela et al. SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CAMPO. XXII Congresso Nacional de Excelência e Gestão, 2016. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T16_184_0.pdf. Acesso em 27 de set. 2021;

MENDES, Solange; ASSIS, Breno; TARQUINIO, Flávio. Construções Sustentáveis e Ecológicas na Construção civil: A Importância do Telhado Verde Na Construção Civil. v.5, n.2, jul. 2017. Disponível em: http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a205.pdf. Acesso em 15 de set. 2021;

MÜLLER, Jéssica; TRINDADE, Juliana; PIOVESAN, Tenile. A SUSTENTABILIDADE COMO PARTE INTEGRANTE DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2017. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/8106>. Acesso em: 28 de set. 2021;

NOGUEIRA, André. OS JARDINS SUSPENSOS DA BABILÔNIA, NA VERDADE, FICAVAM NA ASSÍRIA, 2017. Disponível em: <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/voce-sabia-que-os-jardins-suspensos-da-babilonia-na-verdade-ficavam-na-assiria.phtml>. Acesso em: 19 de set. 2021;

OLIVEIRA; Tamires; VALENÇA, Kleber. A IMPORTÂNCIA DA METODOLOGIA CIENTÍFICA PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM NO ENSINO SUPERIOR, 2015. Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/17807_10482.pdf. Acesso em: 31 de out. 2021.

PINHO, Márcio. Haddad veta obrigatoriedade de novos prédios terem telhado verde, 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/10/haddad-veta-obrigatoriedade-de-novos-predios-terem-telhado-verde.html>. Acesso em: 16 de set. 2021;

QUEIROZ, Neucy. Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental, 2016. Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v3n6/v03n06a01.pdf>. Acesso em: 19 de set. 2021;

RIBEIRO, Denise; MOURA, Larissa; PIROTE, Natália. Sustentabilidade: Formas de Reaproveitar os Resíduos da Construção Civil, 2016. Disponível em: <https://revista.pgsskroton.com/index.php/rcger/article/view/3880>. Acesso em 17 de set. 2021;

ROQUE, Rodrigo; PIERRI, Alexandre. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330919186_Uso_inteligente_de_recursos_naturais_e_sustentabilidade_na_construcao_civil. Acesso em: 19 de set. 2021;

SILVA, Izabelli Brites da. Segurança do Trabalho na Construção Civil: uma abordagem prática através de estudo de caso. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2019;

SOUSA, Danielle; CAMPOS, Vanessa. ANÁLISE DAS PRINCIPAIS CAUSAS DOS ACIDENTES DE TRABALHO NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2017. Disponível em: <https://docplayer.com.br/65013371-Analise-das-principais-causas-dos-acidentes-de-trabalho-no-setor-da-construcao-civil.html>. Acesso em: 07 de out. 2021

TEIXEIRA, Franck Willer dos Santos. A IMPORTÂNCIA DA SUSTENTABILIDADE EM OBRAS PÚBLICAS, 2018. Disponível em:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sustentabilidade-em-obras>. Acesso em: 27 de set. 2021;

WIECZYNSKI, Vlademir; CONSTRUÇÕES MAIS SUSTENTÁVEIS: alternativas para uma habitação de baixo custo Econômico, 2015. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/Artigo-Vlademir-Jos%C3%A9-Wieczynski.pdf>. Acesso em: 25 de set. 2021;

**ARRECADAÇÃO DE ITBI NO MUNICÍPIO DE CABEDELLO E A ATIVIDADE DO
MERCADO IMOBILIÁRIO BRASILEIRO**Pedro Henrique Maroja Limeira Brito Espinola¹Marco Aurelio Rodrigues de Melo²**RESUMO**

O mercado imobiliário demonstra importante relação com o desenvolvimento econômico de um país, sendo um possível indicador da saúde financeira regional, bem como uma importante ferramenta para geração de empregos e produção industrial. Desta forma o trabalho propôs analisar o setor imobiliário da cidade de Cabedelo, na Paraíba, através dos valores de arrecadação do Imposto de transmissão de bens Imóveis (ITBI), tributo obrigatório para o registro da compra e transferência de direitos sobre imóveis. Bem como a comparação do mercado imobiliário em âmbito municipal como a evolução histórica dos últimos anos no Brasil. Com isso, foi possível detectar de 2020 a presente data, uma grande ascensão mercadológica no país, com alta de venda de imóveis provocada por políticas de crédito, bem como alterações comportamentais dos consumidores. Evento refletido no município estudado, que apresentou recordes de arrecadação do ITBI, ultrapassando as taxas de crescimento apresentadas a nível nacional, correspondendo à um aquecimento e valorização do mercado imobiliário local.

Palavras-chaves: Mercado Imobiliário; ITBI; Cabedelo.

ABSTRACT

The real estate market shows an important relationship with the economic development of a country, being a possible indicator of regional financial health, as well as an important tool for job creation and industrial production. Thus, the work proposes to analyze the real estate sector of the city of Cabedelo, Paraíba, through its collection of the Real Estate Transfer Tax (ITBI), mandatory tax for the registration of purchase and transfer of rights on real estate. As well as the comparison of the real estate market at the municipal level as the historical evolution of recent years in Brazil. With this, it was possible to detect from 2020 to this date, a great market rise in the country, with high sales of real estate caused by credit policies, as well as behavioral changes of consumers. Event reflected in the municipality studied, which presented records of ITBI revenue, surpassing the growth rates presented at the national level, corresponding to a warming and appreciation of the local real estate market.

Keywords: Real Estate Market; ITBI; Cabedelo.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil. E-mail: 20192076018@iesp.edu.br

² Professor Orientador, Graduado em biologia, pela Universidade Estadual Vale do Acaraú, Doutorado em Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal da Paraíba, Mestrado em Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal da Paraíba, Docente do Curso Superior em Engenharia Civil da disciplina de... E-mail: prof1661@iesp.edu.br.

INTRODUÇÃO

No início de 2020 era esperado uma alavancagem da economia brasileira, porém o cenário de incertezas provocado pela pandemia da Covid-19, impactou mercados em todo o mundo. Passado um ano da crise, segundo a IBOVESPA, 64% das empresas listadas ainda apresentam valores acumulados negativos, e as que obtiveram resultados positivos, foram beneficiadas de alguma forma com a nova conjuntura global, como exemplo, as varejistas de comércio eletrônico e as ações ligadas a *commodities* (HIRATA, 2021).

Com o arrefecimento financeiro, o governo brasileiro voltou a investir no mercado imobiliário, retomando os incentivos ao setor da construção civil para acelerar a economia, criando medidas através de bancos públicos, a título de exemplo a Caixa Econômica que iniciou novas formas de financiamento habitacional, facilitou acesso à crédito pela indústria e até incluiu o Imposto sobre Transferência de Bem Imóvel (ITBI) no contrato de alienação fiduciária (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2020).

A indústria da construção civil representou em 2018 cerca de 4,0% do valor adicionado bruto do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, assim como no setor de serviço, as atividades imobiliárias correspondem a 9,8% do PIB no último ano (IBGE, 2018). Além disso, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção afirma que cada R\$1.000.000,00 (um milhão de reais) investidos na construção civil produzem 7,64 empregos direto e 11,4 empregos indiretos, gerando R\$492.000,00 (quatrocentos e noventa e dois mil reais) e R\$772.000,00 (setecentos e setenta e dois mil reais) sobre o PIB respectivamente (CBIC, 2020).

O mercado imobiliário consequentemente caracteriza-se como “um dos termômetros a economia nacional brasileira, diretamente relacionado ao subsetor da construção civil, sendo um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento do país e geração de emprego” (NUNES et al, 2020, p. 3). Tornando sua análise de suma importância para averiguar o comportamento atual e consequentemente futuro da economia nacional.

Para tal investigação pode-se contar com diversos indicadores econômicos no âmbito nacional: o Índice Nacional do Custo de Construção (INCC), Índice Geral de Preços – Mercado (IGP-M), financiamentos habitacionais, Índice de Valores de

Garantia de Imóveis Residenciais (IVG-R) e índice FIPE/ZAP. Este último inclusive, utiliza em seus dados números de grandes centros urbanos como João Pessoa, São Paulo e Recife, porém outras cidades não são contempladas: é o caso de Cabedelo. Por esse motivo se faz necessário explorar ferramentas que auxiliem na análise do mercado de regiões mais específicas (FLORES et al, 2017).

Cabedelo é um município litorâneo, localizado na região metropolitana da capital do estado da Paraíba, João Pessoa. Foi o segundo núcleo de colonização do Estado, com população estimada em 2021 de 69.733 pessoas. É uma localidade de alto interesse turístico, pelas praias e econômico, pela presença do principal porto do Estado, localizado na margem do estuário do Rio Paraíba do Norte (IBGE, 2021).

Esta investigação propõe que o ITBI, imposto pago necessariamente todas as vezes para registro de alienação fiduciária ou escritura junto ao registro de imóveis de determinado município (MUNIZ, 2020), seja utilizado para identificar através da transparência municipal, arrecadação em determinados períodos de tempos, compará-los historicamente e apresentar em gráficos a evolução do mercado imobiliário de determinada cidade.

Nessa perspectiva, essa pesquisa tem como objetivo analisar o desenvolvimento do mercado imobiliário na cidade de Cabedelo, na Paraíba, através de sua arrecadação de ITBI no período de 2014 a 2021, comparando com índices nacionais, bem como observar possíveis motivos para conjuntura atual do setor.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

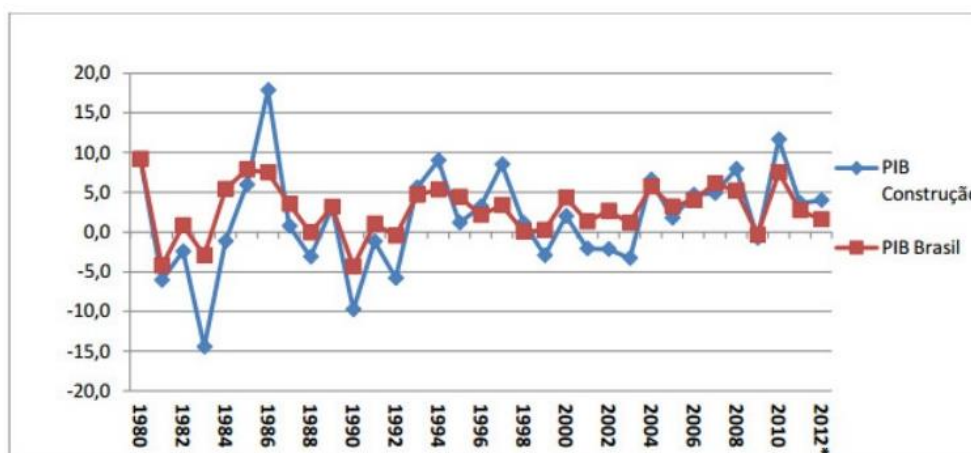
MERCADO IMOBILIÁRIO

É necessário para a continuidade do estudo um entendimento aprofundado da composição do mercado imobiliário e de suas características. Desta forma, Souza, Costa e Silva (2017, p.3) afirmam que:

Em Síntese, o setor imobiliário compreende os seguimentos de materiais de construção, aquisição de terrenos e os processos de construção, todos ligados à dinâmica da construção civil. Ainda fazem parte do setor imobiliário às atividades ligadas à comercialização dos imóveis, bem como, a promoção de lançamentos imobiliários, as vendas de unidades e serviços de corretagem

Consequentemente, Muniz (2020) observa uma correlação entre economia de um país e o mercado imobiliário, sendo este influenciável por políticas públicas de crédito, emprego e variações econômicas. De tal forma que se torna um ótimo indicador da saúde financeira regional. A seguir podemos conferir na figura 1, elaborada por Alves (2014), a evolução da taxa anual do PIB brasileiro e da Construção civil nacional, e a forma que eles se relacionam:

Figura 1 – Taxa anual: PIB Brasil e Construção -1980/2012



Fonte: IPEA Data apud (Alves, 2014)

Uma singularidade presente no setor imobiliário se dá justamente pela relação citada anteriormente, visto que os preços dos produtos oscilam não apenas pela variação dos custos de produção, como em outros setores, mas também da facilidade de financiamento pelo público, poder aquisitivo do mesmo, especulação em valores dos terrenos, entre outros, tornando um mercado com tendência cíclica (LENCIONI, 2014 apud CORRÊA et al, 2018)

Desta forma, Souza (2021) afirma que, por ser um dos setores classificados como cíclico, o mercado imobiliário requer dos órgãos reguladores, medidas para aquecer o setor em momentos de desaquecimento, visto sua importância a economia, sendo uma das medidas mais comuns a redução de taxa de juros, que torna os financiamentos bancários mais atrativos para o consumidor

HISTÓRICO RECENTE DO SETOR IMOBILIÁRIO

Durante os anos 2004 e 2008 o Brasil apresentou uma taxa média de crescimento do PIB de cerca de 4,8%, porém com a crise internacional de 2009,

esse crescimento foi interrompido e naquele ano o país apresentou uma recessão de menos 0,6% (zero virgula seis por cento), o que considerando os países mais afetados, não foi ruim, porém reverberou de forma significativa no setor industrial, incluindo o da construção civil, devido à escassez de crédito no período (SOUSA *et al.*, 2015)

A crise de 2008 se deu a partir da falência do tradicional banco Lehman Brothers nos Estados Unidos, seguindo por um “efeito dominó”, que quebrou grandes instituições financeiras ao redor do mundo todo, e ficou conhecida como crise dos *sub-primes*. O principal causador da situação foi a bolha criada pela especulação de garantias de créditos imobiliários, que eram avaliados como seguros, mesmo possuindo uma enorme fragilidade. (JARDIM, 2013)

Como em outros momentos de crises, o governo interveio e criou estímulos para a economia nacional retomar o crescimento dos anos anteriores: redução de Impostos sobre produtos industrializados (IPI), aumento de crédito de bancos públicos e criação do Programa de aceleração do crescimento (PAC) que é responsável pela implementação do programa minha casa minha vida (MCMV), importante medida social que visa a redução do déficit habitacional e estimula o setor imobiliário (PETRECA, 2015). Não obstante, Sousa *et al* (2015, p. 26) afirmam que:

O contexto da política habitacional tem em evidência o programa chamado Minha casa, Minha vida, que surge como uma proposta do governo à crise econômica mundial para impulsionar o mercado da construção civil, gerar empregos e ao mesmo tempo o crescimento econômico. O objetivo do programa é a aquisição da casa própria, para famílias com a renda bruta de até três salários mínimos, pelo fundo do programa habitacional.

Segundo a o relatório de avaliação do programa minha casa minha vida (BRASIL, 2020) até 2019, foram contratadas 5,6 milhões de unidades habitacionais através do programa MCMV, correspondente a cerca de 80% do déficit habitacional total brasileiro em 2010. Em 29% dos municípios do país a quantidade de unidades contratadas superou a demanda que havia em 2010. Além disso, estima-se que foram criados de 89 a 182 mil empregos formais, considerando uma média de investimento de R\$52 bilhões anuais entre 2009 e 2016, o que demonstra o sucesso do programa.

Então, pode-se afirmar que a partir do programa minha casa minha vida, bem como outras medidas intervencionistas do governo na época, o mercado imobiliário

se reergueu com a economia nacional, não só recuperando os números pré-crise, como superando os indicadores de outrora, com o ano de 2011 apresentando uma alta no setor de mais de 4% (SOUSA et al, 2015).

Por outro lado, Alves e Weise (2016, apud Nunes, 2020, p. 10) afirmam que “Entre os anos de 2011 e 2015, a taxa de juros subiu; a aquisição de financiamentos para compra de imóveis reduziu; a venda de unidades de imóveis também apresentou redução, inversamente proporcional a inadimplência que subiu; e a oferta de crédito apresentou queda em 2015” tudo isso acompanhando a crise econômica vivenciada no país à época.

Já entre o final de 2016 e 2019 o volume de venda de imóveis ficou acima do número de lançamentos, o que indica um aquecimento do setor, gerado possivelmente pela redução das taxas de financiamento imobiliário, aumento de valores dos imóveis que se encaixam no sistema financeiro de habitação, alterações no programa MCMV e queda do número de distrato. Além disso foi observado uma queda na inflação e uma maior confiança do consumidor é o que afirma Muniz (2020).

Por fim, no primeiro trimestre de 2020 tivemos a deflagração da pandemia da COVID-19, e segundo Nunes et al (2020), esse episódio afetou diretamente o mercado imobiliário, que teve uma redução expressiva no número de lançamentos e vendas comparado aos anos de 2016 e 2019. Essa queda no primeiro momento se deu basicamente pela adoção do isolamento social e temor público. No entanto, os trimestres seguintes apresentaram uma ligeira recuperação do setor, impulsionados principalmente pela liberação de crédito no mercado.

IMPOSTO SOBRE TRANSFERÊNCIA DE BEM IMÓVEL

A constituição federal de 1988 traz no seu artigo 156, inciso II, a competência dos municípios para instituir o imposto sobre a transmissão “inter vivos”, a qualquer título, por ato oneroso, de bens imóveis, por natureza ou acessão física, e de direitos reais sobre imóveis, exceto os de garantia, bem como cessão de direitos a sua aquisição.” (BRASIL, 1988).

Desta forma, Muniz (2020, p.17) caracteriza o ITBI como “o imposto de competência municipal, cujo fato gerador é decorrente de uma transmissão onerosa

de bens imóveis, ou direitos a eles relativos.”. O município de Cabedelo, por sua vez, estipula no artigo 52 da Lei complementar 02 de 1997, as alíquotas incidentes nas transmissões feitas a partir do Sistema Financeiro de Habitação (SFH), como sendo 2% (dois por cento) sobre o valor financiado e 1% (um por cento) sobre o valor remanescente, ou 3% (três por cento) nas demais transmissões a título oneroso (Cabedelo/PB, 1997). De forma a beneficiar o público de menor poder aquisitivo que recorrer a financiamentos para realizar a compra de seus imóveis.

A lei complementar 02 de 1997 determina também no seu artigo 50 como é feito a base de cálculo do imposto. No caso de financiamentos bancários é adotado o valor da avaliação elaborada pela instituição financeira, já para transmissões no geral é emitido através do valor venal de referência, que é determinado pelo próprio município, considerando segundo o artigo 51 da mesma lei “preços correntes das transações e de ofertas de venda no mercado, custos de construção e reconstrução, zona em que se situe o imóvel, outros critérios técnicos” (Cabedelo/PB, 1997).

Esta adoção do valor venal como base para cálculo do ITBI é bastante polêmica, pois segundo Franca Junior (2020), além de transgredir o princípio da legalidade e o devido processo legal, observa-se que um tributo sujeito a lançamento por homologação não deve haver imposição de valor de referência para transmissão de uma propriedade imobiliária como forma de condição, porém, é algo que ocorre habitualmente. O que acontece, é que tal atitude e postura propõe afastar de forma unilateral e sumária a declaração do contribuinte, e com isso, fixa-se a base de cálculo estabelecida pelo Município, sem anteriormente buscar a oitiva do interessado. Afirmando ainda que o valor de uma dada propriedade imobiliária é bastante dinâmico, dependendo de especulações e até obras públicas que agreguem valor ao bem, indicando uma grande possibilidade de defasagem da referência do valor venal.

Com isso, é notório também a influência das políticas municipais de arrecadação. Cabedelo por exemplo, estabeleceu a partir da lei complementar 78 de 29 de junho de 2021 um desconto de 25% (vinte e cinco por cento) no valor do imposto, caso o contribuinte escolha fazer o pagamento em parcela única, além da possibilidade de pagamento em parcelas iguais em 10 (dez) meses, desde que a prestação não seja inferior a 30 (trinta) unidade fiscal do município de Cabedelo

(UFMC), que no ano de 2019 foi fixado em R\$3,75 (três reais e setenta e cinco centavos) (Cabedelo, 2021).

Portanto a utilização do ITBI é um passo utilizado em âmbito municipal para compreender o desenvolvimento do mercado imobiliário. Visto que a arrecadação é diretamente proporcional aos valores e quantidades de transações imobiliárias na região, indicando a comercialização dos mesmos em determinado período (ALVES, 2019).

METODOLOGIA

CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Gil (2008, p. 8) afirma que “pode-se definir método como caminho para se chegar a determinado fim. E método científico como o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para se atingir o conhecimento”. Lakatos e Marconi (2003) nos trazem o conceito de método como sendo um agrupamento de atividades que seguindo uma ordenação logística trazem confiança ao resultado, tornando os resultados do cientista corroboráveis.

Para determinar o método ideal para o tipo de pesquisa, devemos classificá-la de acordo com os objetivos, o procedimento de coleta de dados, as fontes de informação e a natureza dos dados (BORTOLOTTI, 2015). Portanto, é ideal que tenhamos a classe do objetivo que buscamos com o trabalho, neste caso, sendo uma pesquisa descritiva, pois “as pesquisas desse tipo têm como objetivo primordial a descrição das características de determinadas população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis” (GIL, 2008).

Já a respeito do procedimento de coleta de dados e fonte de informação, a pesquisa utilizou métodos documentais tendo em vista a utilização de informações que não tiveram tratamento analítico. Bortoloti (2015, p.73) afirma que “a pesquisa documental, em relação aos procedimentos de coleta, é assim denominada quando os estudos, as investigações, as análises e os procedimentos metodológicos estão predominantemente circunscritos à fonte documental, ou seja, a documentos”. Portanto, a utilização de dados fornecidos pela transparência do município, bem como outros órgãos públicos e associações caracterizam a pesquisa de tal forma.

Por fim, temos a classificação segundo a natureza dos dados, e neste quesito, podemos encaixar o trabalho no grupo das pesquisas qualitativas. Diehl e Tatin (2014, apud BORTOLOTTI, 2015, p. 77). afirmam que com isto temos um trabalho que descreve a complexidade do objeto da pesquisa e a forma como determinadas variáveis interagem, elucidando a forma de se relacionar de um grupo estabelecido, tal qual as atividades de seus indivíduos, possibilitando uma maior profundidade no nível de compreensão.

DADOS UTILIZADOS

Para análise da série histórica de desenvolvimento imobiliário no Brasil, foi utilizada tabela fornecida pela Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança (Abecip) elaborada por eles em conjunto ao Banco Central brasileiro. Nela podemos acompanhar a quantidade de unidades financiadas e os valores de crédito que representam mês a mês desde 2002. Além disto, foi empregado para fins de reajuste monetário, o IGP-M, fornecido e elaborado pelo Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (FGV IBRE), que se trata da média aritmética ponderada de três índices de preço: Índice de preços ao Produtor Amplo (IPA), Índice de Preços ao Consumidor (IPC) e INCC, com sua composição sendo 60% pelo IPA, 30% pelo IPC e 10% pelo INCC. Utilizando dados entre os dias 21 do mês anterior e 20 do mês de referência (FGV IBRE, 2021).

Também foram colocadas na pesquisa, informações disponibilizadas pelo índice FipeZap, parceria entre a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) e o portal ZAP, que desde 2010 faz um acompanhamento sistematizado dos valores de m² das grandes cidades do Brasil, através de anúncios de venda e locação de imóveis residenciais e comerciais (FIPEZAP, 2021).

Já para as informações referentes ao município de Cabedelo, foram utilizados dados coletados da própria transparência no portal da cidade. Divulgado obrigatoriamente conforme a Lei Complementar de nº 131/2009 e decreto nº10.540 de 2020, que buscam informar e permitir fiscalização da sociedade sobre as contas públicas da união, estados e municípios (BRASIL,2009). Os dados disponíveis na transparência online são de 2014 para frente.

Por fim, foram utilizados os valores do custo unitário básico de construção (CUB/M²), de janeiro de 2017 a outubro 2021, disponibilizados pelo Sindicato da

indústria da Construção Civil de João Pessoa (Sinduscon/JP), visto a proximidade Geográfica das duas cidades, sendo Cabedelo participante da região metropolitana da capital paraibana. O CUB/M² é calculado de acordo com a Lei Federal nº4.591 de 16 de dezembro de 1964 e com a Norma técnica NBR 12.721:2006 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (SINDUSCON/JP,2021). Para esse estudo, foi utilizado o Padrão residencial normal do tipo R-1 como parâmetro.

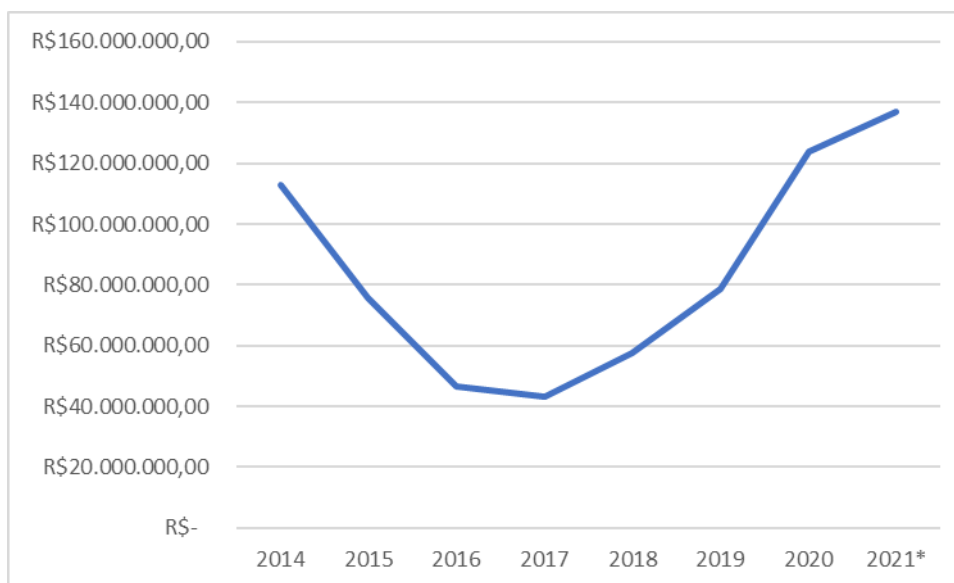
RESULTADO E DISCUSSÃO

Com a metodologia e dados descritos anteriormente, a pesquisa pôde se debruçar em informações que graficamente expõe a realidade atual do setor imobiliário no país, bem como do município de Cabedelo, e de que forma se relacionam na análise temporal.

INDICADORES ECONÔMICOS NACIONAIS

Nota-se a evolução dos valores utilizados para financiamentos imobiliários, seja aquisição ou construção, desde 2014 a setembro 2021, Figura 2. Pode-se evidenciar que a crise de 2014 e 2015 afetou fortemente o crédito imobiliário, ocorrendo recuperação e atualmente o mercado imobiliário brasileiro está aquecido, presenciando um momento de alta, mesmo que o país esteja atravessando uma pandemia (BANCO CENTRAL, 2021).

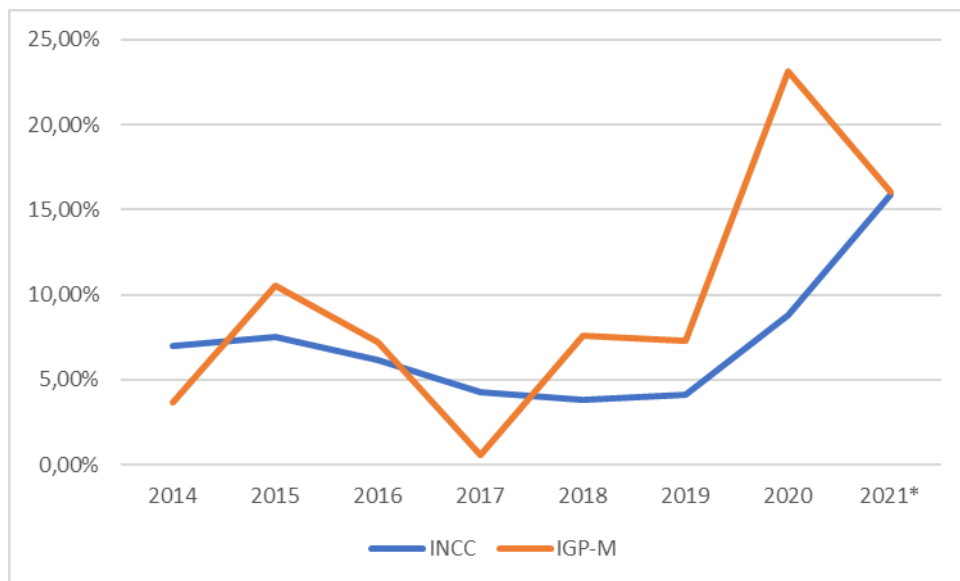
Figura 2 – Valor contratado de Financiamentos Imobiliários por ano



Fonte: elaborada pelo autor com dados da Abecip e Banco Central (2021)

Identifica-se que o desenvolvimento do INCC e IGP-M, são correlacionados, o IGP-M utiliza o INCC em sua composição. Pontualmente apresenta variação maior em valores. Novamente o impacto da crise de 2014 e 2015, e a recuperação do mercado dos anos seguintes impactaram uma maior inflação de valores, Figura 2 (FGV, 2021).

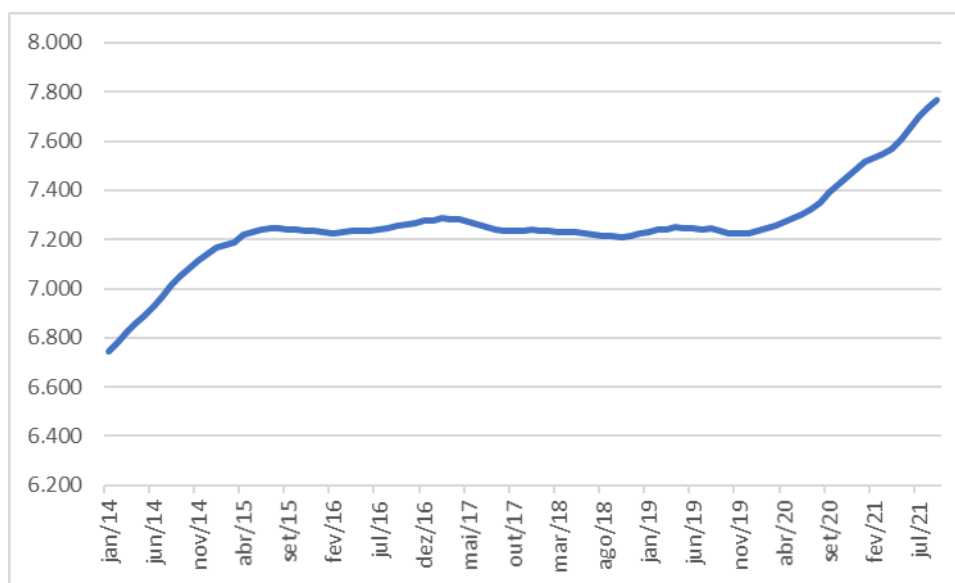
Figura 3 – Variação do IGP-M e INCC acumulado anualmente de 2014 à setembro de 2021



Fonte: elaborada pelo autor com dados da FGV (2021)

Observa-se, na sequência, a evolução do preço médio do metro quadrado de imóveis residenciais analisados em 50 cidades do país. É notável a estabilidade do valor durante os anos de 2015 e 2019, onde mesmo com a inflação, variação do IGP-M e INCC o valor não foi repassado para os clientes, o que indica uma perda de lucratividade para as empresas da construção civil, Figura 4 (FIPEZAP, 2021).

Figura 4 – Preço médio por metro quadrado de imóveis residenciais entre 2014 e 2021



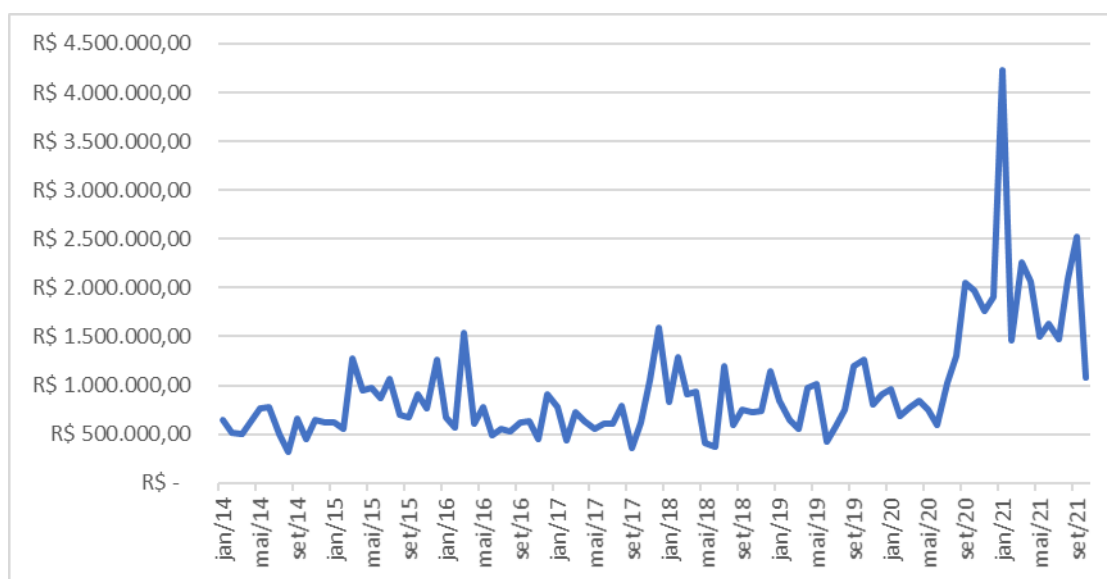
Fonte: elaborada pelo autor com dados do índice FipeZap (2021)

INDICADORES ECONÔMICOS REGIONAIS

Outra informação necessária para o cumprimento dos objetivos do trabalho é a descrição da arrecadação municipal do imposto de transmissão de bens imóveis, desta forma, foram elaborados os gráficos a seguir, através de informações da transparência municipal.

O total de arrecadação mensal do município entre janeiro de 2014 e setembro de 2021, nota-se recorde histórico do período no mês de janeiro de 2021, com o montante arrecadado de R\$4.230.665,00, além da sazonalidade nas arrecadações, com picos de valores nos meses de verão, devido ao município ser um local bastante frequentado para veraneio por habitantes de todo o Estado, Figura 5 (CABEDELLO, 2021).

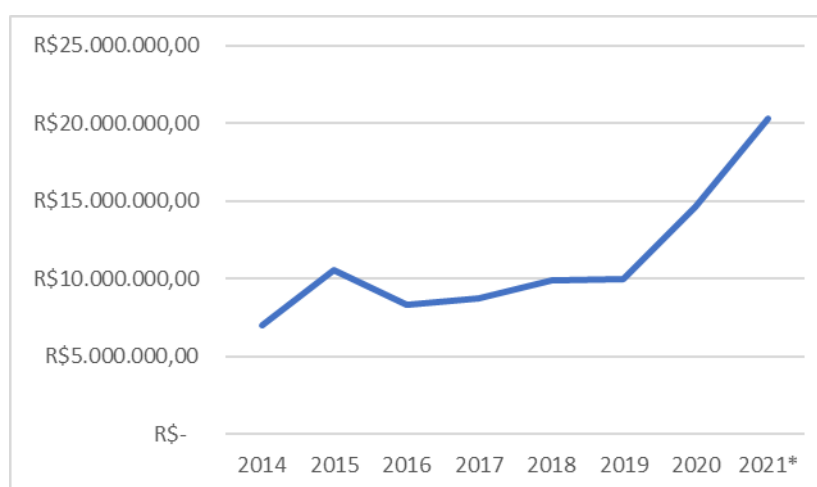
Figura 5 – Arrecadação mensal de ITBI em Cabedelo 2014 à 2021



Fonte: elaborada pelo autor com dados do portal da transparência de Cabedelo (2021)

Para facilitar a leitura do desempenho durante os anos de 2014 e 2021, destaca-se valor arrecadado por ano. Ressalta-se que o valor arrecadado para 2021, foi recolhido apenas até o mês de setembro, porém, ainda apresenta um volume superior aos anos anteriores. Novamente se faz presente curva descendente entre os períodos de 2014 a 2016, e a recuperação do mercado nos anos seguintes, Figura 6 (CABEDELLO, 2021).

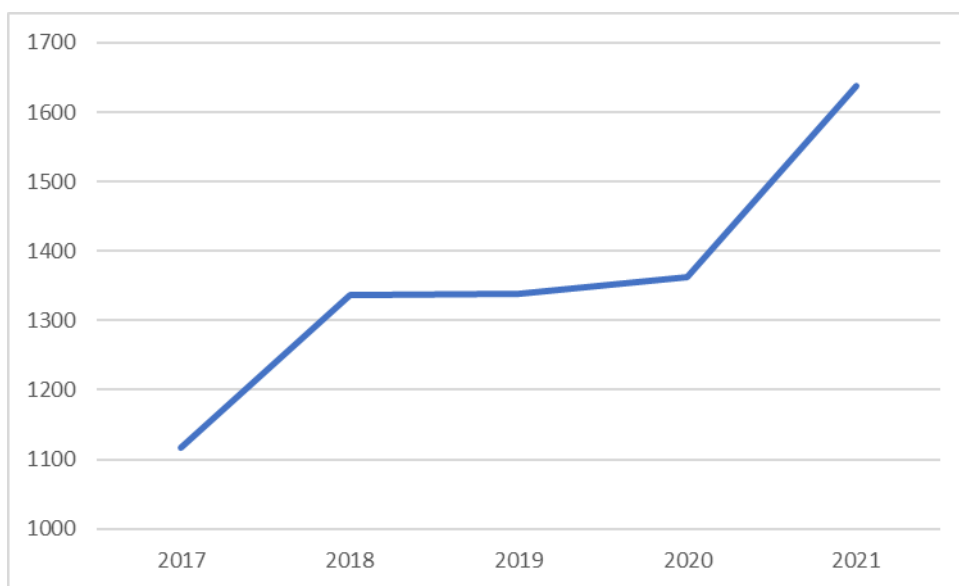
Figura 6 – Arrecadação acumulada anual de ITBI em Cabedelo 2014 à 2021



Fonte: elaborada pelo autor com dados do portal da transparência de Cabedelo (2021)

Para uma representação mais regional, foi observado a variação do valor do CUB/m² do padrão residencial intermediário na cidade de João Pessoa. A partir desses dados, então, adquirimos informações importantes visto que o custo de produção impacta diretamente no valor final do produto, neste caso, imóveis. Desta forma, pode-se visualizar um aumento de mais de 50% do valor de construção ao longo do período observado, Figura 7 (SINDUSCON/JP, 2021).

Figura 7 – Variação do CUB/M² de João Pessoa de 2017 à 2021

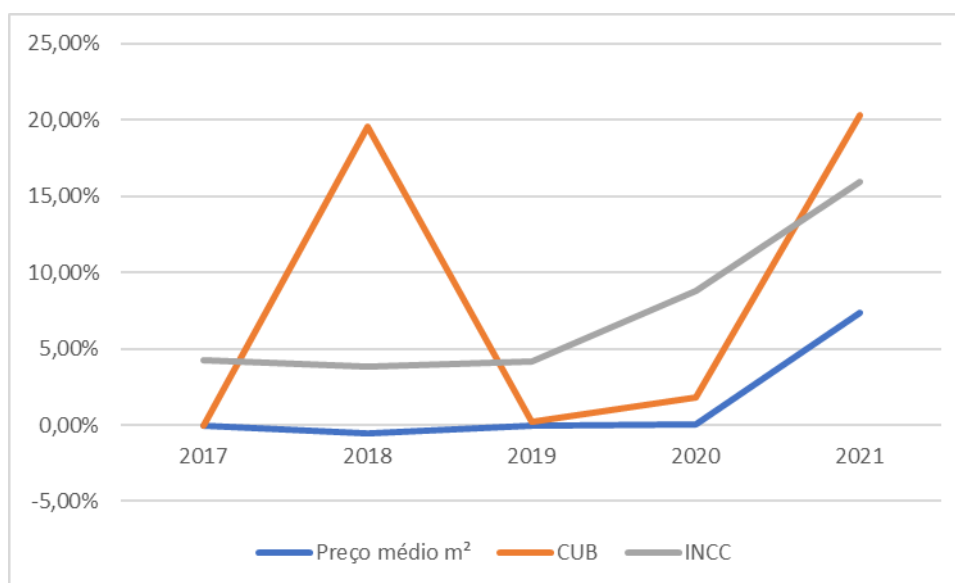


Fonte: elaborada pelo autor com dados da SINDUSCON/JP (2021)

COMPARATIVO MERCADO DE CABEDELLO E ÍNDICES NACIONAIS

Nesse tópico, esboça-se relações do estado atual do mercado imobiliário de Cabedelo com o Nacional.

Figura 8 – Taxa de evolução: CUB, INCC e Preço médio m² nacional

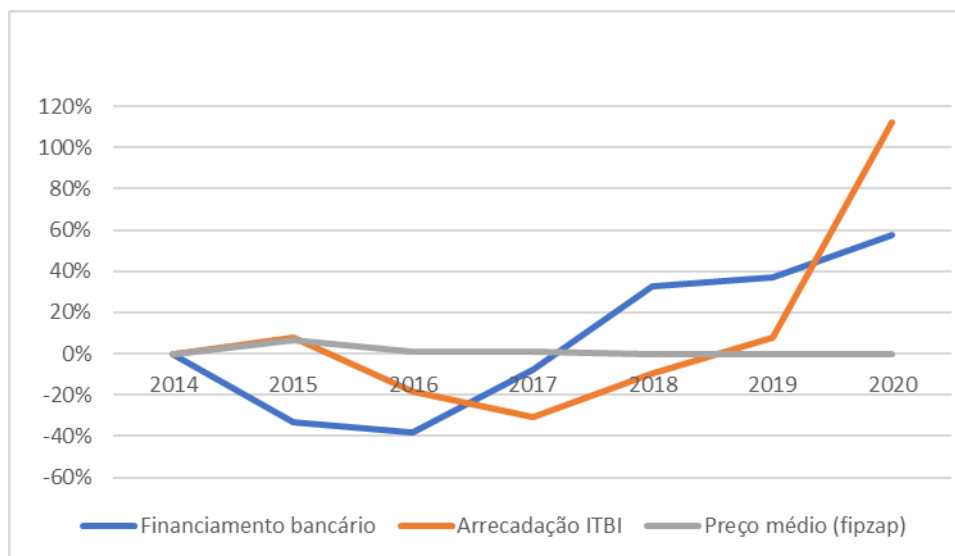


Fonte: elaborada pelo autor (2021)

As relações entre os índices apresentados anteriormente, elaborado a partir do ano 2017, devido a limitação das informações liberadas pelo Sinduscon/JP, pode-se entrever comportamento semelhante entre os anos de 2019 e 2021 entre os três índices. A discrepância entre o aumento percentual dos valores do CUB e INCC, com preço médio do m², indica uma menor margem do lucro dos produtos imobiliários, Figura 8.

Outro dado importante, é a inflação na construção a partir do ano de 2020, causado em parte pela pandemia do COVID-19, mas também pela desvalorização do real, supervalorização das *commodities*, como aço e petróleo, entre outras causas, Figura 9 (SINDUSCON/JP, 2021).

Figura 9 – Taxa de evolução: Financiamento bancário, arrecadação ITBI e Preço médio m² nacional



Fonte: elaborada pelo autor (2021)

Observa-se a evolução do preço médio de venda, junto à taxa de desenvolvimento dos valores contratados no financiamento bancário e arrecadação do ITBI, percebe-se certa interdependência entre os números que indicam valores negociados com o preço cobrado, assinalando que o mercado imobiliário está aquecido, com um maior volume de vendas, Figura 9.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa contribuiu para evidenciar o relevante desenvolvimento imobiliário no município de Cabedelo, na Paraíba, no período de 2015 a 2021, bem como proporciona reflexões sobre o mercado imobiliário no âmbito nacional.

O cenário imobiliário vem mostrando boas perspectivas mesmo diante de uma pandemia do COVID-19. Apesar da paralização de vários setores da economia o mercado imobiliário contrariou essa tendência e mostrou-se resiliente diante de tantos percalços na economia brasileira.

O desenvolvimento do mercado imobiliário no município de Cabedelo foi de recorde histórico, nos últimos dois anos, notando-se picos de valores nos meses de verão, devido ao município ser um local bastante frequentado para veraneio por

habitantes de todo o Estado. Obtendo um crescimento expressivo de desenvolvimento se comparado com indicadores nacionais.

No contexto de aceleração do crescimento imobiliário ficou evidente que a evolução do preço médio de venda, junto à taxa de desenvolvimento dos valores contratados no financiamento bancário e arrecadação do ITBI, possui discrepância significativa. Sinalizando um volume maior de negociações, visto que se estivessem proporcionais, apenas indicaria o acompanhamento da inflação no setor.

Considera-se que o desenvolvimento imobiliário foi resultado de política pública nacional, como o Programa Minha Casa Minha Vida, que impulsionou o mercado imobiliário em todo território nacional brasileiro.

Portanto, apesar de hoje o Brasil enfrentar um cenário delicado para o setor da construção civil, especialistas e empresários do setor imobiliário acreditam que esse mercado continuará em desenvolvimento, de forma consistente.

As contribuições desta pesquisa foram evidenciar o desenvolvimento do município através do mercado imobiliário que é um setor que beneficia tantas famílias e também todo o contexto social e econômico de Cabedelo, contribuindo para a transformação da qualidade de vida da população.

Consideramos relevante o incentivo de mais estudos científicos sobre o mercado imobiliário dos municípios brasileiros para estimular os gestores a promoção e aplicação de políticas públicas e privadas de investimentos para o desenvolvimento social e econômico no país.

REFERÊNCIAS

ALVES, André. **Estudo sobre o Mercado de Trabalho da Construção Civil Brasileira**: Avaliação da Capacitação e Oferta – 2000-2012. Instituto de Ciências Econômicas e Gerenciais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. 2014.

ALVES, José Diego Gobbo. Dispersão Urbana e a Atuação do Mercado Imobiliário em Cidades Médias: reflexões a partir da cidade de Piracicaba/sp. **GeoFronter**, Campo Grande, v. 2, n. 5, p. 104-124, jun. 2019.

BORTOLOTTI, Karen Fernanda. **Metodologia da pesquisa**. Rio de Janeiro: Seses, 2015. 192 p.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 20 maio 2021.

BRASIL. **Decreto nº 10.540, de 05 de novembro de 2020.** Dispõe sobre o padrão mínimo de qualidade do sistema único e integrado de Execução Orçamentária, Administração Financeira e Controle. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10540.htm#art19. Acesso em: 30 de outubro de 2021.

BRASIL. **Lei complementar nº131, de 27 de maio de 2009.** Acrescenta dispositivos à Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000, que estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências, a fim de determinar a disponibilização, em tempo real, de informações pormenorizadas sobre a execução orçamentária e financeira da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Brasília, DF: Presidência da República, 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp131.htm. Acesso em: 30 de outubro de 2021.

BRASIL. Relatório de Avaliação: Programa Minha Casa Minha Vida. **Secretaria de avaliação, planejamento, energia e loteria. 2020.** Disponível em: <https://www.gov.br/cgu/pt-br/assuntos/noticias/2021/04/cgu-divulga-prestacao-de-contas-do-presidente-da-republica-de-2020/relatorio-de-avaliacao-pmcmv.pdf>. Acesso em 30 de outubro de 2021.

BRASIL. Variação de preços do valor adicionado bruto a preços básicos, segundo atividades – 2011-2018. **IBGE -Diretoria de Pesquisas, coordenação de contas Nacionais.** 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?=&t=resultados>. Acesso em 01 de outubro de 2021.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. CAIXA anuncia pacote de medidas para o crédito imobiliário. **Caixa notícias,** 2020. Disponível em: <https://caixanoticias.caixa.gov.br/noticia/22311/caixa-anuncia-pacote-de-medidas-para-o-credito-imobiliario>. Acesso em: 01 de outubro de 2021

CABEDELO, **Lei complementar 02 de 1997, artigo 52º.** Disponível em: <https://cabedelo.pb.gov.br/lc-02-1997-dispoe-sobre-o-codigo-tributario-e-de-rendas-do-municipio-de-cabedelo/>. Acesso em: 21 de out. de 2021

CABEDELO, **Lei complementar nº 78 de 29 de junho de 2021.** Altera o código tributário do município de Cabedelo/PB – Lei complementar nº 02/1997. Disponível em: https://sapl.cabedelo.pb.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2021/3272/lc_no_078_2021-altera_lc_no_02_1997_-_codigo_tributario.pdf. Acesso em: 31 de outubro de 2021.

CBIC. Construção civil é a locomotiva do crescimento, com emprego e renda. **Câmara brasileira da indústria da construção.** 2020. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-civil-e-a-locomotiva-do-crescimento-com-emprego-e-renda/>. Acesso em 04 de outubro de 2021.

CORRÊA, Rúbia Oliveira *et al.* A Influência do Conhecimento e da Atitude no Comportamento de Investidor do Mercado Imobiliário. **Revista de Administração Faces Journal**, [S.L.], v. 17, n. 3, p. 100-116, 23 out. 2018. ANPAD. <http://dx.doi.org/10.21714/1984-6975faces2018v17n3art5829>.

FGV IBRE. Índice geral de preços. **Portal Libre**. São Paulo. 2021. Disponível em: <https://portalibre.fgv.br/igp>. Acesso em: 03 de outubro de 2021.

FIPEZAP. Sobre o FipeZAP. **Índice FipeZap**. Disponível em: <https://fipezap.zapimoveis.com.br/sobre-fipezap/>. Acesso em: 09 de outubro de 2021

FLORES, Sandrine de Almeida. **Influência dos indicadores econômicos nas vendas de imóveis em Santa Maria**. Revista Espacios, volume 38, número 16 página 22-36. novembro-2016.

FRANCA JUNIOR, Dilson José. Revisitando o ITBI e algumas de suas controvérsias. **Revista Tributária e de Finanças Públicas**, São Paulo, v. 147, n. 28, p. 67-94, 10 ago. 2020.

GIL, Antonio Carlos. **Metodos e técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p.

HIRATA, Lucas. Com um ano de crise de coronavírus, 64% das ações do Ibovespa seguem no vermelho; veja oscilações. **Valor Investe**. São Paulo, 17 de jan de 2020. Disponível em: <https://valorinveste.globo.com/mercados/renda-variavel/bolsas-e-indices/noticia/2021/02/17/sequelas-da-crise-do-coronavirus-ainda-pesam-na-bolsa.ghtml>. Acesso em: 01 de out de 2021.

IBGE. Panorama da Cidade de Cabedelo. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Brasília. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/cabedelo/panorama>. Acesso em 10 de nov de 2021.

JARDIM. M., C. A Crise Financeira de 2008: Os Discursos e as Estratégias do Governo e dos Fundos de Pensão. **Revista de Ciências Sociais**, Rio de Janeiro v. 56, nº 4, p. 901 a 941. 2013

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 312 p

MUNIZ, Heloiza Beatriz da Silva. **Atividade e geração de valor no mercado imobiliário brasileiro e a arrecadação do ITBI na Cidade de Fortaleza**. 2020. 31f. Dissertação (Mestrado em Economia do Setor Público) - Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade - FEAAC, Programa de Economia Profissional - PEP, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza (CE), 2020.

NUNES, Jéssica Martins *et al.* Análise dos impactos da Covid-19 no mercado imobiliário brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e46891211317-e46891211317, 2020.

PETRECA, Renata Tavares. **Programa minha casa minha vida**: estratégia no enfrentamento da crise de 2008. 2015. 60 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência Econômicas, Universidade Estadual Paulista " Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2015.

SINDUSCON/JP. Custos unitários básicos de Construção. **Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa**. 2021. Disponível em: <https://sindusconjp.com.br/tabelas-cub/>. Acesso em 09 de outubro de 2021.

SOUSA, Janaildo Soares de *et al.* Impacto da construção civil no produto interno bruto brasileiro. **Perspectivas Online**: Ciências humanas e sociais aplicadas, Campos de Goytacazes, v. 12, n. 5, p. 25-35, 2015. Disponível em: http://ojs3.perspectivasonline.com.br/index.php/humanas_sociais_e_aplicadas/article/view/576. Acesso em: 30 out. 2021.

SOUZA, Lucas Nunes e. **Evolução recente e perspectivas para o setor da construção civil no Brasil**: uma proposta de avaliação. 2021. 45 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SOUZA, Paulo Vitor Souza de; COSTA, Jeivison Rafael Barbosa da; SILVA, Evaldo José da. A relação dos fatores economico-financeiros das empresas do setor de construção civil com os preços no mercado imobiliário. **Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências Contábeis da Uerj**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 4-16, 17 set. 2017.

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO NO CONDOMÍNIO
ALVORADA EM JOÃO PESSOA-PB**Ricardo Nóbrega Almeida¹Yuri Kerle Mendes Ribeiro²José Leonilo Romeu de Figueiredo Lima³**RESUMO**

A construção civil, setor que possui um enorme impacto na economia nacional, carrega consigo problemáticas passivas de correções, previsões e controle, mas que não podem ser evitadas de forma definitiva em sua totalidade: as patologias. Inserido no ramo da engenharia, o estudo sobre a ocorrência das patologias, das chamadas manifestações patológicas, busca encontrar a origem, compreender a evolução e descobrir as soluções desses defeitos provenientes das falhas construtivas nas edificações, de modo a evitar altos gastos, retrabalho, danos maiores às edificações e, acima de tudo, possíveis danos à vida das pessoas. De fissuras à até mesmo o rompimento de elementos estruturais, essa área de estudo vem crescendo ao decorrer dos anos, considerando que boa parte das manifestações se iniciam e se agravam ao longo do tempo. Diante do exposto, este trabalho objetiva explicar as manifestações patológicas mais comuns da construção civil e apresentar, através de um estudo de caso realizado em um condomínio na cidade de João Pessoa-PB, as origens e as soluções das manifestações patológicas encontradas na edificação em questão.

Palavras-chaves: Patologias; manifestações; soluções; defeitos; estudo.

ABSTRACT

Construction, a sector that has a huge impact on the national economy, carries with it problems that can be corrected, predicted and controlled, but that cannot be avoided altogether: pathologies. Inserted in the area of engineering, the study of the occurrence of pathologies, the so-called pathological manifestations, seeks to find the origin, understand the evolution, and find solutions for these defects that stem from construction flaws in buildings, in order to avoid high costs, rework, further damage to buildings, and, above all, possible harm to people's lives. From cracks to even the rupture of structural elements, this study area has been growing over the years, considering that most of the manifestations are initial and worsen over time. Given the above, this paper aims to explain the most common pathological manifestations of civil construction and present, through a case study conducted in a condominium in the city of João Pessoa-PB, the origins and solutions of the pathological manifestations found in the building in question.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil. E-mail: ricardonobregaalmeida@gmail.com

² Graduando do Curso de Engenharia Civil. E-mail: kerleyuri@hotmail.com

³ Professor Orientador, Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Especialização em Projeto, Dimensionamento e Detalhamento de Estruturas e Fundações pelo IPOG, Docente do Curso Superior em Engenharia Civil do UNIESP Centro Universitário. E-mail: leoniloengcivil@gmail.com

Keywords: Pathologies; manifestations; solutions; defects; study.

INTRODUÇÃO

O estudo de Patologias, área da Construção Civil globalmente discutida há muitos anos, vem cada dia mais sendo posto como ponto fundamental do pós-obra, tendo em vista que suas diretrizes buscam identificar as problemáticas, estruturais ou não, presentes nas edificações, para saná-las posteriormente.

De acordo com Bolina, Tutikian e Helene (2019), Patologia é a ciência que estuda a origem, os mecanismos, os sintomas e a natureza das doenças. Trata-se de uma área do conhecimento que busca identificar e entender qual é a doença desenvolvida, para que esta possa ser curada corretamente.

Cremonini (1988) descreve que esta área da engenharia civil busca catalogar, estudar e descrever as origens e propor soluções para diversas causas de desempenho insatisfatório de elementos que fazem parte das edificações, seguindo as normas técnicas vigentes.

Inspecionar, avaliar e diagnosticar as patologias da construção são tarefas que devem ser realizadas sistematicamente e periodicamente, de modo a que os resultados e as ações de manutenção devem cumprir efetivamente a reabilitação da construção, sempre que for necessária (GRANATO, 2002).

As Manifestações Patológicas são uma problemática que existe desde o princípio da construção civil, tendo em vista que a tecnologia e os métodos ainda não eram tão aprimorados quanto os de hoje. Observa-se que as causas de aparição e agravamento mais recorrentes das patologias são a ocorrência de reações químicas e a falta de manutenções preventivas e corretivas que, indiretamente, comprometem o desempenho máximo das construções e colocam em risco a vida de inúmeros civis (HELENE, 1993).

O estudo tem como objetivo a investigação das manifestações patológicas em edificações, apresentando as causas, riscos e possíveis soluções, assim como a urgente necessidade da realização de manutenções prediais preventivas e corretivas, usando como exemplo um estudo de caso real em um condomínio na cidade de João Pessoa-PB.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As manifestações patológicas se entendem como as degradações nas edificações, nas quais podem ser geradas durante o período de execução da obra, por problemas construtivos, utilização de materiais inapropriados, na própria fase de elaboração dos projetos ou ao longo do tempo pela utilização da edificação (RIPPER E SOUZA, 1998).

Segundo Lapa (2008), inicialmente é realizada uma investigação na edificação, no objetivo de identificar as manifestações patológicas presentes, possibilitando a realização dos diagnósticos e prognósticos. O profissional responsável segue para a etapa de seleção das melhores intervenções do problema em questão. Essas intervenções podem ser classificadas em três classes: reparo – que consiste em sanar pequenos danos; recuperação – que objetiva devolver ao elemento estrutural o seu desempenho inicial perdido; e o reforço – que visa aumentar o desempenho do elemento.

A norma técnica de inspeção predial NBR 16747 (ABNT, 2020) foi criada com o intuito de padronizar os procedimentos de inspeção nas edificações de qualquer tipologia. As inspeções consistem em uma avaliação global, analisando o estado de conservação e a conformidade com as manutenções periódicas. Essas manutenções são também padronizadas e regidas pela norma técnica NBR 5674 (ABNT, 2012).

Segundo Lichtenstein (1985), dentre as mais comuns e conhecidas manifestações patológicas presentes nas edificações de todo o mundo, algumas delas se destacam, como: infiltrações, fissuras, trincas, rachaduras, carbonatação do concreto, deslocamento do revestimento cerâmico, corrosão das armaduras, dentre outras.

1.1. INFILTRAÇÕES

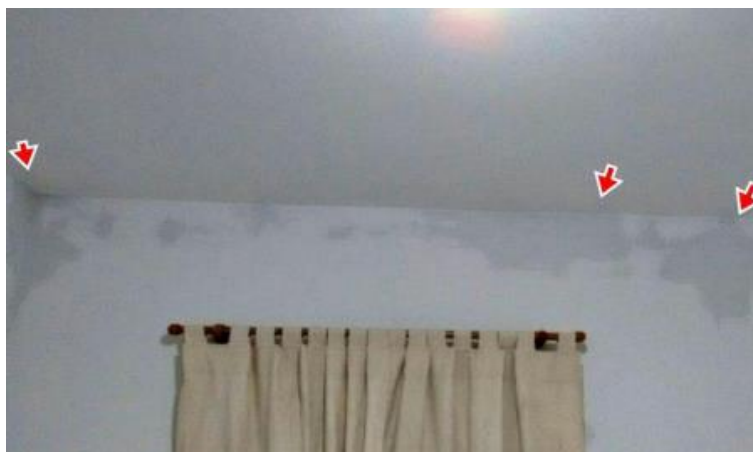
De acordo com Ulsamer (1989), para o homem a umidade sempre foi um problema desde a construção do mundo, onde o homem se abrigava em cavernas para se proteger das intempéries. Tudo isso levou o homem a aprimorar os seus métodos construtivos e elaborar procedimentos de manutenção e prevenção, protegendo melhor suas construções do calor e da água, evitando assim problemas nas suas estruturas.

A impermeabilização é um serviço especializado no meio da construção civil com o objetivo de evitar as infiltrações, sendo um serviço que exige experiência, onde qualquer erro em sua execução pode comprometer todo o trabalho executado. Um dos exemplos de uma infiltração é na parte superior da alvenaria, em apartamentos do último pavimento, indicando a entrada de umidade por cima, ou seja, pela cobertura, devido à impermeabilização ausente ou instalada de forma inadequada. As infiltrações em cobertas afetam diretamente os apartamentos do último pavimento, onde pode infiltrar pelo piso e paredes, percorrer toda a estrutura do prédio e danificar as armaduras dos elementos estruturais (PICCHI, 1986).

Pieper (1992) e Sousa e Melhado (1998) afirmam que o custo com impermeabilização em uma construção é em torno de 1% a 3% dos valores gastos na obra. Em um projeto de impermeabilização tem que ser definido o encaixe, o desnível, a espessura e o peso, detalhando exatamente a sua localização de acordo com os projetos elétricos e hidráulicos, evitando problemas na execução da construção.

A Figura 1 mostra uma infiltração na parte superior da alvenaria de um apartamento do último pavimento de uma edificação, indicando a entrada de umidade pela coberta.

Figura 1 - Infiltração aparente em parte superior da alvenaria de um apartamento.



Fonte: FERRAZ (2016).

FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS.

De acordo com Lordsleem Jr. (1997), as fissuras são decorrentes de esforços solicitantes superiores aos admissíveis na alvenaria ou peça estrutural. São

aberturas lineares, de espessuras diferentes, que podem afetar estética, funcional e estruturalmente. As fissuras na maioria das vezes elas não são perigosas, são apenas superficiais, porém significam o início de um problema. Elas correspondem a brechas finas de até 1 milímetro de espessura e são alongadas, atingindo apenas a pintura e o revestimento.

Quando as aberturas apresentam uma espessura de 0,5 a 1,5 milímetros, elas são chamadas de Trincas. Por serem mais espessas e profundas, essas aberturas podem dividir estruturas e paredes em duas partes diferentes. Já nesse estágio da abertura, é requerida bastante atenção. Quando as aberturas possuem entre 1,5 e 5,0 milímetros de espessura, são chamadas de Rachaduras. Essas aberturas podem permitir a passagem de vento e água de chuva e são facilmente identificadas (OLIVEIRA, 2012).

A Tabela 1 classifica os tipos de aberturas de acordo com a espessura, caracterizando cinco tipos de aberturas diferentes.

Tabela 1 – Tipos de aberturas encontrados nos elementos das edificações.

ANOMALIAS	ABERTURAS (mm)
FISSURA	Até 0,5
TRINCA	De 0,5 a 1,5
RACHADURA	De 1,5 a 5,0
FENDA	De 5,0 a 10,0
BRECHA	Acima de 10,0

Fonte: Oliveira (2012).

Fissuras por falta de desempenho em alvenarias

Segundo Zanzarini (2016 *apud* Holanda Jr, 2008), as fissuras podem interceder esteticamente nas alvenarias, nas características estruturais e na durabilidade da edificação. Essas fissuras aparecem de forma a aliviar as tensões solicitantes superiores à máxima resistente dos elementos estruturais ou das alvenarias.

A Figura 2 apresenta diversas fissuras no revestimento de um pilar em uma edificação antiga.

Figura 2 – Conjunto de fissuras em um pilar.



Fonte: Martins (2016).

Fissuras de origem térmica

De acordo com Zanzarine (2016), as fissuras de origem térmica ocorrem devido a um erro de dosagem da argamassa de revestimento, podendo ter cal em pouca quantidade e cimento em alta quantidade.

Oliveira (2012) diz que as fissuras são provocadas por movimentações térmicas, como as mudanças de temperatura durante o dia, quando os materiais utilizados em uma construção sofrem dilatações e contrações. Essas mudanças de temperatura ocasionam em movimentações no volume dos elementos das edificações. Essas movimentações são chamadas de Dilatação, que é quando o elemento se expande, e Contração, que consiste na retração do elemento. Tais movimentações, junto ao erro de dosagem do concreto, provocam o surgimento das fissuras.

Fissuras causadas por movimentação higroscópica

Segundo Leite (2018), movimentação higroscópica é a propriedade que certos materiais possuem de absorver água devido a sua porosidade, causando mudanças dimensionais, ou seja, dilatação e/ou contração. Quando a concentração de umidade nesses materiais aumenta, os mesmos sofrem expansão. Quando essa umidade diminui, o material se contrai. Esses movimentos de expansão e contração contínuos podem gerar fissuras nos elementos construtivos.

Fissuras causadas pela atuação de carga

Fissuras causadas por sobrecarga

Como é exposto por Casotti (2007), as sobrecargas atuantes produzem fissuras nos componentes estruturais, como vigas, lajes e pilares. Essa falha pode ser oriunda de uma execução mal administrada, erro nos cálculos estruturais, esforços solicitantes nas peças superiores aos previstos ou em elementos não estruturais, nos quais não são preparados para receber esse tipo de esforço.

Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado

Segundo Leite (2018), o efeito da lenta retração e deformação do concreto fazem com o que lajes e vigas se deformem naturalmente. É normal que as peças em concreto armado formarem flechas de deformação, não comprometendo as estruturas. Podem ser combinados com a capacidade de deformação de paredes e outros elementos construtivos que fazem parte dos edifícios.

Fissuras causadas por recalques de fundações

Segundo Oliveira (2012), recalque é o deslocamento descendente sofrido pela fundação da edificação em comparação com o nível pré-estabelecido de sua base. Esse deslocamento ocorre devido a deformação do solo proveniente do peso da edificação construída. Quando as fundações começam a sofrer recalque de forma isolada, chamamos de recalque diferencial. Esse recalque ocasiona em fissuras e até mesmo rachaduras na alvenaria com uma inclinação de 45 graus, iniciando na parte mais próxima da fundação recalçada.

CARBONATAÇÃO DO CONCRETO

Segundo Ferreira (2013), a carbonatação é um fenômeno natural que ocorre a partir da reação do CO_2 (dióxido de carbono) com os compostos contidos na pasta de cimento. Ao entrar em contato com a armadura do concreto, faz com que a mesma sofra corrosão e se expanda, levando a sua segregação. A carbonatação está relacionada tanto com a corrosão da armadura quanto ao concreto de cobrimento, que rege a entrada de agentes agressivos para o interior da pasta de

cimento.

De acordo com Parrott (1987), esse assunto tem grande importância do ponto de vista do crescimento das emissões de dióxido de carbono para a atmosfera, principalmente em ambientes urbanos e industriais. Com isso, chega-se à conclusão que quanto mais dióxido de carbono concentrado no ambiente, maior o desenvolvimento do fenômeno da carbonatação no concreto.

A Figura 3 mostra a carbonatação do concreto em dois corpos de prova, um cilíndrico e um prismático, através da adição da substância Fenolftaleína, que fica cor de rosa na presença de um meio básico, ou seja, pH maior que 7.

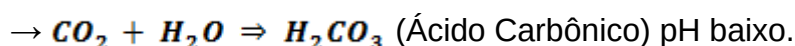
Figura 3 – Carbonatação do concreto constatada em corpos de prova.



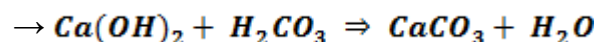
Fonte: Kulakowski (2002).

Segundo Barin (2008), devido a altas relações entre água e cimento, o concreto apresenta características porosas, aumentando as chances de difusão do CO_2 (Dióxido de Carbono) entre os poros. Ou seja, quanto maior essa relação, maior será essa porosidade, e como consequência, gera-se a propagação da carbonatação do concreto. Nos poros do concreto encontra-se H_2O (água) e $Ca(OH)_2$ (Hidróxido de Cálcio), e no meio ambiente encontra-se CO_2 (Dióxido de Carbono). Quando o CO_2 presente no meio ambiente entra no concreto, ele reage com a água formando o ácido carbônico, que tem um pH baixo.

A reação de carbonatação é descrita da seguinte forma:



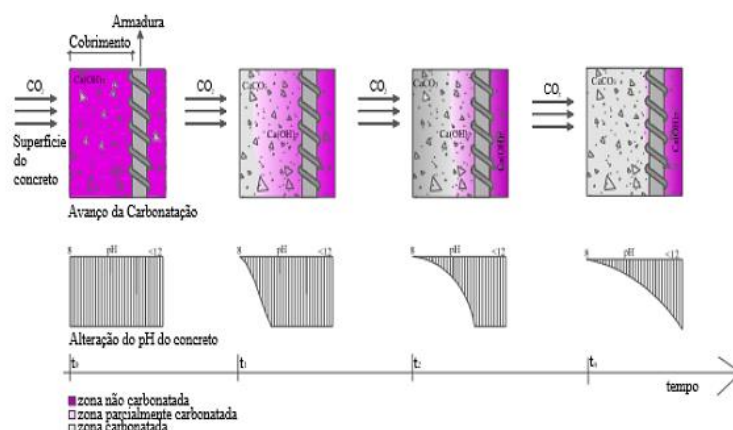
Logo, quando esse H_2CO_3 (Ácido Carbônico) reage com o $Ca(OH)_2$ (Hidróxido de Cálcio), forma-se o carbonato de cálcio, que é a carbonatação.



CaCO_3 (Carbonato de Cálcio) (pH neutro)

A Figura 4 apresenta a evolução da carbonatação de um elemento de concreto armado.

Figura 4 – Processo ilustrativo da carbonatação do concreto em uma estrutura armada.



Fonte: Possan (2010).

Cadore (2008) diz que a carbonatação é um processo físico-químico que faz com que seja reduzida a alcalinidade da parte líquida presente no concreto, ou seja, o pH do concreto, que se encontra elevado devido aos compostos hidratados presentes nele, é reduzido até a ocorrência da neutralização. Para a diminuição da alcalinidade da fase líquida do concreto, gases presentes na atmosfera penetram no concreto e neutralizam o hidróxido de cálcio.

A Tabela 2 classifica os níveis de Ph, variando de 0 a 14, como ácido, neutro ou básico, de acordo com o seu valor.

Tabela 2 – Classificação do teor de acidez com os níveis de Ph.

pH	$0 \leq \text{pH} < 7$	Ácido
pH	Igual a 7	Neutro
pH	$7 \leq \text{pH} \leq 14$	Básico

Fonte: Cadore (2008).

De acordo com Ngala e Page (1997), a porosidade do concreto diminui devido precipitação do CaCO_3 (carbonato de cálcio). No mesmo momento em que ocorre uma redução na porosidade como um todo, nota-se um aumento dos poros, (os

diâmetros podem chegar até 30 mm) e esse aumento é devido à decomposição do CSH (Silicato de Cálcio Hidratado). Outra consequência da carbonatação é a alteração do volume de poros do concreto, já que as reações químicas geradas nos processos proporcionam alteração na microestrutura, ocasionando uma mudança significativa na permeabilidade e uma alteração no volume de poros do concreto.

DESLOCAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO

Segundo Costa e Silva (2008), as manifestações patológicas nas edificações são os resultados, em sua grande maioria, de procedimentos inadequados nos sistemas construtivos, pelo não seguimento das recomendações das normas e falhas nas especificações de projeto e dos materiais utilizados. Nos revestimentos da fachada a ocorrência de manifestações patológicas é ainda mais alarmante em face das ações do meio ambiente a qual a fachada da edificação fica submetida ao longo do tempo, considerando que tal situação pode ser mais agravante com a falta de manutenção. As patologias associadas às fachadas das edificações são um dos problemas mais temidos pelos construtores, pelo fato de gerar altos gastos e colocar a vida das pessoas em risco.

Segundo Padilha Jr. (2007), a durabilidade, estética, desempenho e valorização da edificação é devido aos revestimentos cerâmicos.

Costa e Silva (2008) diz que, de todas as manifestações patológicas geradas em fachadas, a mais comum e que apresenta maior preocupação é o deslocamento de revestimento cerâmico, pois sua ocorrência e evolução pode gerar situações propensas a danos físicos e materiais.

Segundo Campante (2001), esse fenômeno que causa a perda da aderência é gerado por falhas ou ruptura entre a cerâmica e a argamassa adesiva provenientes de tensões surgidas que ultrapassam a capacidade máxima resistente das ligações. Quando o descolamento do revestimento cerâmico acontece na camada de argamassa adesiva, a origem da deficiência pode ser atribuída ao sistema construtivo por conta de falhas de aplicação do operário ou ao próprio material utilizado, com capacidade de aderência inadequada.

A Figura 5 mostra o deslocamento do revestimento cerâmico na garagem de um edifício.

Figura 5 – Deslocamento de revestimento cerâmico.



Fonte: Campante (2001).

CORROSÃO DE ARMADURAS

Segundo Helene (1993), a corrosão pode ser entendida como a influência destrutiva de um material com o meio ambiente, como resultado de reações de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas de degradação.

De acordo com Gentil (2011), a corrosão é definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, com ou sem ajuda dos esforços mecânicos. Várias patologias podem causar a ocorrência da corrosão, como a carbonatação do concreto, a reação álcalis-agregado, oxidação negra (ausência de oxigênio), corrosão por bactérias, ataque de ácidos e ação de íons cloreto.

A Figura 6 demonstra a armadura exposta em uma determinada seção de uma viga, apresentando corrosão e expansão.

Figura 6 – Corrosão de armadura em uma viga.



Fonte: Bolina, Tutikian e Helene (2019).

As manutenções corretivas de corrosão de armaduras devem ser executadas antes dos 20 anos de existência para um aumento da vida útil das edificações, levando em consideração que as intempéries causam patologias devido a dilatações nas estruturas de concreto (ANDRADE E SILVA, 2005).

Gentil (2011) define cinco principais tipos de corrosão:

1) Corrosão Uniforme: corrosão caracterizada pelo ataque em toda a superfície metálica que mantém contato com o meio corrosivo, com a consequente diminuição homogênea da espessura do metal.

2) Corrosão por pite: A corrosão por pites, ou pite, é uma forma de corrosão extremamente localizada que leva à geração de pequenos furos no metal, a ruptura localizada da camada passiva e o ataque corrosivo restrito a um ou mais pontos, podendo levar à perfuração da superfície exposta do aço.

3) Corrosão intergranular: A corrosão intergranular é caracterizada pela presença de carbonetos de cromo precipitados nos contornos dos grãos do metal, os quais promovem o empobrecimento de cromo nas regiões adjacentes aos contornos, propiciando a ocorrência de corrosão intergranular, fenômeno conhecido como sensibilização.

4) Corrosão intragranular ou transgranular: é aquela em que a corrosão ocorre nos grãos da rede cristalina do metal, que pode perder as suas propriedades mecânicas e, sobre a menor solicitação mecânica, vir a fraturar;

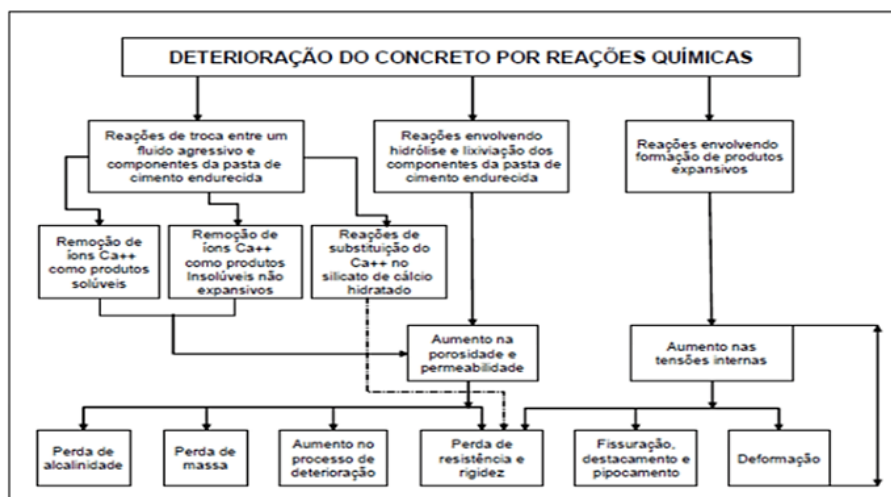
5) Corrosão por empolamento pelo hidrogênio: ocorre porque o hidrogênio, em seu estado atômico, tem grande capacidade de difusão em materiais metálicos. Dessa forma, se o hidrogênio for gerado na superfície de um material, ele migra para o interior e acumula-se em defeitos existentes, como laminações ou inclusões não metálicas, criando bolhas na superfície do metal.

Segundo Marques (2015), devido a um processo denominado Eletroquímico, a corrosão apresentada nas estruturas em concreto armado acontece em meio aquoso. A chamada Corrosão Aquosa é um efeito de natureza eletroquímica, que ataca no meio aquoso formado por uma pilha de corrosão, onde em trechos da superfície do aço há eletrólitos e diferença de potencial (ddp). A partir da umidade no concreto em contato com a armadura, forma-se o eletrólito, este é o tipo de reação mais encontrado em estruturas de concreto armado.

Vilasboas (2004) apresenta um fluxograma das três principais causas químicas de deterioração no concreto e suas consequências: reações de troca entre um fluido agressivo e componentes da pasta de cimento, reações de hidrólise e lixiviação dos componentes da pasta de cimento e reações de formação de produtos expansivos. Apesar das causas diferentes, existe a correlação entre elas em suas evoluções e consequências.

A Figura 7 apresenta o fluxograma de deterioração do concreto ocasionado por reações químicas.

Figura 7 – Fluxograma de deterioração do concreto.



Fonte: Vilasboas (2004).

METODOLOGIA

A categoria de estudo utilizado no presente artigo foi descritiva e exploratória em relação aos objetivos, proporcionando uma proximidade com a questão. Neste sentido, a metodologia envolve construir hipóteses e realizar entrevistas com pessoas que tiveram experiências ligadas diretamente com o problema pesquisado.

Os procedimentos de coleta dos dados supracitados foram através de pesquisa bibliográfica e documental, com abordagem quantitativa e qualitativa, no intuito de relacionar os dados para a interpretação.

O estudo foi realizado em um edifício situado na rua Santos Coelho Neto nº 51, CEP 58038-450, no bairro de Manaíra, na cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. O edifício em questão foi planejado para 05 (cinco) pavimentos, sendo eles 01 (um) térreo com garagens e quatro pavimentos tipo residenciais. Sua

construção começou, aproximadamente, em janeiro de 1987. Através de algumas visitas ao local e informações sobre a edificação, foi constatado que, com o passar dos anos, começaram a aparecer diversas manifestações patológicas.

Para iniciar esse estudo de caso, foram feitas revisões bibliográficas sobre algumas patologias das construções civis, visando sempre estar embasado diretamente no assunto.

Um roteiro de estudo foi elaborado para a análise da edificação no decorrer de três dias. As etapas da análise foram divididas em: análise das fachadas, análise da estrutura, análise interna e análise da coberta.

A Figura 8 apresenta uma planilha do roteiro das visitas de estudo e análise, com suas devidas etapas, feito no programa Microsoft Excel.

Figura 8 – Planilha de roteiro de estudo e análise da edificação.

VISITAS CONDOMÍNIO ALVORADA – ESTUDO DE CASO	
Dia	Etapas
17/set	Fachadas
08/out	Estrutura
22/out	Áreas internas e Coberta

Fonte: Acervo próprio.

A Figura 9 mostra a localização do edifício vista de cima, através do site *Google Maps*.

Figura 9 – Localização do edifício vista de cima.



Fonte: *Google Maps*.

A Figura 10 mostra uma foto em solo do edifício através da ferramenta *Street*

View do Google Maps.

Figura 10 – Foto em solo da fachada Norte e Oeste do edifício.



Fonte: *Google Maps*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

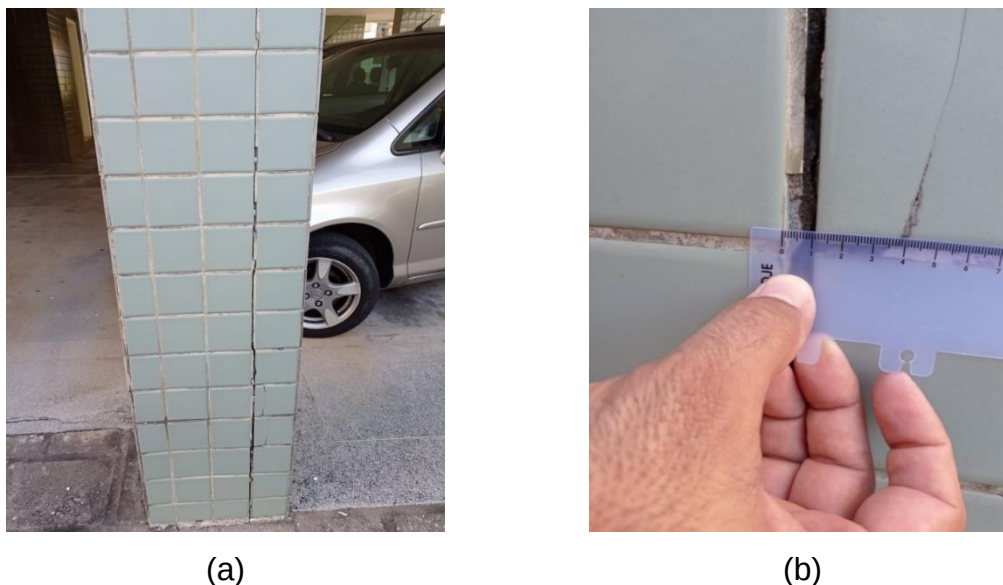
Durante o estudo, foram encontradas e listadas manifestações patológicas bastante aparentes, localizadas na fachada, cobertura e em alguns elementos estruturais. A edificação ainda não havia feito nenhum tipo de manutenção preventiva ou corretiva, ocasionando na evolução das manifestações patológicas ao decorrer dos anos. As manifestações encontradas e estudadas foram: rachaduras, infiltrações e deslocamento de revestimento cerâmico.

RACHADURA EM PILAR NO PAVIMENTO TÉRREO

Uma rachadura de 10 milímetros foi encontrada em um pilar na garagem da edificação. A rachadura se inicia no piso e segue a linha do rejunte do revestimento cerâmico até o fundo da laje.

A Figura 10 mostra uma rachadura em um pilar da garagem da edificação.

Figura 11 – Rachadura em um pilar (a) e sua ampliação para análise da espessura(b).



Fonte: Acervo próprio.

Segundo Helene (1992), os problemas com maior incidência nas estruturas de concreto armado, sobretudo em pilares, são as fissuras, trincas e rachaduras (a depender da espessura da abertura), nichos de concretagem (segregação dos materiais constituintes no concreto) e a corrosão de armaduras. No geral, construções feitas em concreto e alvenaria apresentarão algumas fissuras, ocasionadas em decorrência da baixa elasticidade dos materiais, sendo suscetíveis a movimentações da estrutura. Essas pequenas fissuras podem evoluir e aumentar a sua espessura, favorecendo a entrada de água e ocasionando a oxidação da armadura, causando o deslocamento do concreto e até mesmo o rompimento da ferragem. Ao longo do tempo, por conta da fragilidade do concreto no pilar, esse processo poderá gerar um outro fenômeno chamado Flambagem, que consiste na flexão horizontal do pilar. Com a degradação do cobrimento da armadura, favorece a penetração de CO_2 (gás carbônico), que reage com o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (hidróxido de cálcio), presente no concreto, reduzindo assim o pH do concreto para níveis inferiores a 9,0, promovendo a instabilidade da camada passivadora, que tem a função de proteger o aço contra a corrosão.

Desta forma, o aço oxida e expande, causando trincas na direção das armaduras longitudinais e até mesmo o subsequente deslocamento do concreto, expondo a armadura ao ambiente.

Em sua pesquisa, Helene (1992) mostrou que uma das soluções dessa manifestação patológica seria a recuperação do pilar, seguindo o seguinte procedimento:

- 1) Com a utilização de ferramentas adequadas, fazer o corte da área danificada.
- 2) Fazer a limpeza total da superfície, sem deixar nenhum resíduo de concreto ou pó.
- 3) Remover resíduos de ferrugem e, se necessário, fazer a utilização de uma escova de aço.
- 4) Realizar a aplicação de uma proteção anticorrosiva específica sobre a superfície das armaduras, devido a sua alcalinidade e baixa permeabilidade. Caso necessário, as armaduras deverão ser substituídas ou reforçadas.
- 5) Fazer a montagem da forma para o preenchimento com concreto de fck compatível.
- 6) Após a cura do concreto, refazer a camada de acabamento e revestimento.

INFILTRAÇÕES NA COBERTURA

As calhas e platibandas da coberta da edificação não possuem nenhum tipo de impermeabilização. Por esse motivo, o pavimento mais alto sempre apresentou infiltrações severas. Todas as lajes de cobertura são diretamente expostas ao sol e a chuva. Por esta razão, fissuras começam a aparecer e ao longo do tempo, por conta de possíveis intempéries, se dilatam, dando início às infiltrações. Dessa forma, a impermeabilização dessas áreas requer um material que, além de estanque, acompanhe as movimentações da estrutura, decorrentes, inclusive, das variações de temperatura, acabando com as infiltrações e reduzindo as temperaturas internas dos apartamentos do último pavimento.

A Figura 12 apresenta a falta de impermeabilização na platibanda no lado da coberta da edificação.

Figura 12 – Lado interno da platibanda sem impermeabilização com as telhas.



Fonte: Acervo próprio.

A Figura 13 mostra a falta de impermeabilização nas calhas de água pluvial na cobertura da edificação sendo visível alguns focos de acúmulo de umidade.

Figura 13 – Calhas da cobertura sem impermeabilização.



Fonte: Acervo Próprio

Segundo Vedacit (2010), essa ocorrência pode ser devido à cobertura exposta ao sol e à chuva. Mesmo que a argamassa ou o concreto possuam a característica de impermeabilidade, é necessária uma proteção com uma membrana flexível que se adapte às superfícies sujeitas às variações de volume por vibrações e por dilatações térmicas, impedindo que a água passe por fissuras e trincas ou pelo próprio concreto exposto. Os sistemas de impermeabilização flexíveis são

basicamente dois tipos: as membranas asfálticas, mais conhecida como manta asfáltica, e as argamassas poliméricas. Portanto, uma possível solução para essa manifestação é a impermeabilização com manta asfáltica. Em resumo, eficiência da manta asfáltica se dá pelas seguintes características:

- 1) Alta resistência mecânica
- 2) Alta proteção contra a umidade
- 3) Anti mofo
- 4) Fácil manutenção
- 5) Flexibilidade
- 6) Bom Custo-benefício

Em relação a sua composição, a manta asfáltica é um produto a base de asfalto modificado com polímeros estruturados, porém o material principal na manta é o asfalto por ser o responsável pela impermeabilização. Para o desempenho das outras propriedades dessa manta, outros materiais completam a sua composição, dando a resistência necessária para o desempenho em baixas temperaturas, flexibilidade e envelhecimento. Para a aplicação da manta asfáltica, primeiro se faz a limpeza do local, depois se aplica uma emulsão asfáltica (PRIMER), a frio em temperatura ambiente com um colo ou pincel, sobre a superfície a ser impermeabilizada. Em seguida, a manta deve ser desenrolada ao mesmo tempo em que é aquecida com um maçarico sobre a superfície pintada. Uma manta deve sobrepor no mínimo em 10 centímetros sobre a outra em suas laterais. A superfície deve estar regularizada e com no mínimo 1% de inclinação em direção aos ralos. Esse procedimento descrito serve para a aplicação de manta asfáltica aluminizada tipo III, modificada com polímeros e com espessura de 4 milímetros (VEDACIT, 2010).

DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO

Segundo Roscoe (2008), os deslocamentos de revestimentos cerâmicos começam a ocorrer cinco anos após a construção da edificação. É um período em que as solicitações somadas às perdas de aderência dos materiais utilizados na fixação, caracterizam falhas, que resultam em problemas de quedas. O deslocamento dos revestimentos cerâmicos em fachadas é causado pela perda de aderência das placas cerâmicas com a argamassa colante, quando surgem tensões

no revestimento cerâmico que ultrapassam o limite de resistência entre a argamassa colante e o revestimento cerâmico.

Campante (2001) adverte que um grande fator importante para esse tipo de patologia são as quebras de ligação mecânica entre todas as camadas do revestimento cerâmico da fachada, representando a principal causa dos deslocamentos no Brasil.

Nas Figuras 14 e 15 pode-se observar algumas regiões de deslocamento de revestimento cerâmico na platibanda e na fachada Sul da edificação.

Figura 14 – Deslocamento cerâmico na lateral da platibanda junto à coberta.



Fonte: Acervo próprio.

Figura 15 – Deslocamento cerâmico na fachada Sul da edificação



Fonte: Acervo próprio.

Os deslocamentos de revestimentos cerâmicos começam a ocorrer cinco anos após a construção da edificação. Esse é o período em que as solicitações somadas às perdas de aderência dos materiais utilizados na fixação, caracterizam falhas que resultam em problemas de quedas. O deslocamento dos revestimentos cerâmicos em fachadas é causado pela perda de aderência das placas cerâmicas com a argamassa colante, quando surgem tensões no revestimento cerâmico que ultrapassam o limite de resistência entre a argamassa colante e o revestimento cerâmico (ROSCOE, 2008).

De acordo com Campante (2001), os fatores incidentes no RCF (revestimento cerâmico de fachada) de maiores impactos para a origem dos problemas de destacamento são:

- Materiais: Movimentos térmicos, retrações, deformações estruturais e de fundações, reações álcali-agregados e falhas nas camadas de assentamento.
- Meio Ambiente: Chuvas ácidas, sol, poluição.
- Construção: Falha no processo construtivo como mistura inadequada da argamassa, falha na camada de superfície, falha na cura.
- Projeto: Falha na especificação do material, mau projeto, tipo de mistura.

Sabbatine (1990), divide os movimentos em revestimento de fachadas em quatro classes:

1. Movimentações devido a carregamentos permanentes do próprio RCF.
2. Movimentos devido a carregamentos variáveis sobre o RCF: ação do vento e abalos sísmicos e movimentações devido à temperatura.
3. Movimento devido à ação de umidade: Causada por retração na secagem, mudanças volumétricas provocadas pelas saídas e entradas de água dos elementos cimentícios e expansão por umidade.
4. Movimentações devido à deformação estrutural:
Elásticas: provocadas nas primeiras idades pela ação do peso próprio e sobrecargas permanentes.
Plásticas: Fluências das estruturas: deformação lenta ao longo do tempo.

Recalques devido a acomodação das fundações.

No caso do condomínio em estudo, não há queda do revestimento devido ao rejunte que dá sustentação entre as peças. Porém, quando há percussão desse revestimento, é possível ouvir um soco oco utilizando um martelo. Isso é sinal de que há um vazio entre a argamassa colante e as placas de revestimento.

A correção dessa manifestação patológica possui um alto custo, além de ser um serviço bastante trabalhoso. O reparo pontual não é suficiente para corrigir a manifestação, considerando a possibilidade de ocorrência em outros locais pelo mesmo motivo, logo é indicado que se faça a retirada e a substituição de todas as camadas de acabamento e revestimento da fachada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a coleta e análise de dados do estudo de caso, foi concluído que as manifestações patológicas presentes no Condomínio Alvorada ocorreram por falhas na execução dos processos de construção e por ação ambiental. Junto a isso, a falta de manutenções periódicas preventivas e corretivas ocasionou o agravamento dessas patologias, o que afetou diretamente o desempenho de alguns elementos estruturais, de vedação e de acabamento, além de interferir no bem-estar dos moradores.

As manifestações patológicas são defeitos que podem ser prevenidos e corrigidos, em sua grande maioria, se seguir os procedimentos corretos, tanto de prevenção como de correção. É importante que se siga os métodos de controle de qualidade e, principalmente, as normativas técnicas para garantir a segurança e o desempenho ideal das edificações.

É de suma importância que haja uma intensificação e aprimoramento no controle de qualidade de todo o processo de uma construção civil, desde a fase de projeto até o acabamento, assim como a realização de manutenções periódicas. As normas técnicas de inspeção e manutenção predial garantem a qualidade e a padronização dos serviços de preservação das edificações, admitindo critérios e regras para as possíveis ações necessárias para cada caso. Tais medidas não só aumentam a vida útil das edificações e evitam altos gastos, como também melhoram a qualidade de vida e previne possíveis danos à saúde e à integridade física e

psicológica dos que habitam esses ambientes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. **Patologia das Estruturas**. IBRACON. São Paulo. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edifícios - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747: Inspeção predial - Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento**. Rio de Janeiro. 2020.

BARIN, D. S. **Carbonatação e absorção capilar em concretos de cimento Portland branco com altos teores de adição de escória de alto forno e ativador químico**. Rio Grande do Sul: [s.n.], 2008.

BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. **Patologia das Estruturas**. 1ª Edição. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2019.

CADORE, W. W. **Estudo da carbonatação da camada de cobrimento de protótipos de concreto com altos teores de adição de minerais e cal hidratada**. Rio Grande do Sul: [s.n.], 2008.

CAMPANTE, E. F. **Metodologia de diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada**. São Paulo: [s.n.], 2001.

CASOTTI, D. E. **Causas e Recuperação de Fissuras em Alvenaria**. Itatiba: [s.n.], 2007.

COSTA E SILVA, A. J. D. **Método para gestão das atividades de manutenção de revestimento de fachada**. São Paulo: [s.n.], 2008.

CREMONINI, R. A. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre: recomendações para projeto, execução e manutenção**. Porto Alegre: [s.n.], 1988.

FERRAZ, B. T. B. **Estudo das Principais Manifestações Patológicas Causadas por Umidade e Infiltrações em Construções Residenciais**. Recife: [s.n.], 2016.

FERREIRA, M. B. **Estudo da carbonatação natural de concretos com diferentes adições minerais após 10 anos de exposição**. Goiás: [s.n.], 2013.

GENTIL, V. **Corrosão**. 6ª Ed. ed. Rio de Janeiro: Editora LCT, 2011.

GRANATO, J. E. **Patologia das Construções**. São Paulo: [s.n.], 2002.

HELENE, P. **Manutenção para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª Edição. ed. São Paulo: Editora Pini, 1992.

HELENE, P. R. D. L. **Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado**. São Paulo: [s.n.], 1993.

KULAKOWSKI, M. P. **Contribuição ao estudo da carbonatação em concretos e argamassas compostos com adição de sílica ativa.** [S.l.]: [s.n.], 2002.

LAPA, J. S. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto.** Belo Horizonte: [s.n.], 2008.

LEITE, A. A. B. **Fissuras Causadas por Recalques Diferenciais.** Maringá: [s.n.], 2018.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções:** procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações. São Paulo: [s.n.], 1985.

LORDSLEEM JR., A. C. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação:** avaliação da capacidade de deformação. São Paulo: [s.n.], 1997.

MARQUES, V. S. **Recuperação de estruturas submetidas à corrosão de armaduras:** definição das variáveis que interferem no custo. Rio Grande do Sul: [s.n.], 2015.

MARTINS, J. F. A. **Investigação de manifestações patológicas em sistemas estruturais de concreto armado:** estudo de caso em edificação pública. São Paulo: [s.n.], 2016.

NGALA, V. T.; PAGE, C. L. **Effects of carbonation on pore structure and diffusional properties of hydrated cement pastes.** [S.l.]: [s.n.], v. Vol. 27, 1997.

OLIVEIRA, A. M. D. **Fissuras, Trincas e Rachaduras Causadas por Recalque Diferencial de Fundações.** Belo Horizonte: [s.n.], 2012.

PADILHA JR., M. E. A. **Levantamento quantitativo das patologias em revestimento cerâmico em fachadas de edificações verticais na cidade de João Pessoa.** João Pessoa: [s.n.], 2007.

PARROTT, L. J. A Review of Carbonation in Reinforced Concrete. **Cement and Concrete Association**, 1987.

PICCHI, F. A. **Impermeabilização de Coberturas.** [S.l.]: Editora Pini, 1986.

PIEPER, R. "Só se nota a impermeabilização quando ela nao existe." **Revista Impermeabilizar**, São Paulo, Fevereiro 1992.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano.** Porto Alegre: [s.n.], 2010.

ROSCOE, M. T. **Patologia em Revestimento Cerâmico de Fachada.** Minas Gerais: [s.n.], 2008.

SABBATINE, F. H.; BARROS, M. M. S. B. D. **SABBATINI, F.H.; BARROS, M.M.S.B. Recomendações para a produção de.** São Paulo: [s.n.], 1990.

SOUSA, J. C. S. D.; MELHADO, S. B. **Diretrizes para a Seleção e Projeto de Impermeabilização dos Pisos do Pavimento-Tipo de Edifícios.** São Paulo: [s.n.], 1998.

SOUZA, C. M. D.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.** 1ª Edição. ed. São Paulo: Editora Pini, 1998.

ULSAMER, F. **Las Humedades en la Construcción**. Barcelona: [s.n.], 1989.

VALENÇA, D. V. D. C. **Análise da Deterioração do Concreto por Carbonatação Natural com Exposição às Classes de Agressividade Ambiental Marinha e Respingos de Maré**. Curitiba: [s.n.], 2016.

VEDACIT. **Manual Técnico: impermeabilização de estruturas**. 6ª Edição. ed. São Paulo: [s.n.], 2010.

VILASBOAS, J. M. L. **Durabilidade das edificações de concreto armado em Salvador: um contribuição para a implantação da NBR 6118:2003**. Salvador: [s.n.], 2004.

ZANZARINI, J. C. **Análise das Causas e Recuperação de Fissuras em Edificação Residencial em Alvenaria Estrutural - Estudo de Caso**. Campo Mourão - Paraná: [s.n.], 2016.

TIPOS E CARACTERÍSTICAS PATOLÓGICAS ENCONTRADAS DA RODOVIA DE PAVIMENTO FLEXÍVEL LOCALIZADA NA AVENIDA OCEANO ÍNDICO, BAIRRO DE INTERMARES, SUL DO MUNICÍPIO DE CABEDELO-PB

TYPES AND PATHOLOGICAL CHARACTERISTICS FOUND IN THE FLEXIBLE PAVEMENT HIGHWAY LOCATED ON AVENIDA OCEANO ÍNDICO, DISTRICT OF INTERMARES, SOUTH OF THE MUNICIPALITY OF CABEDELO-PB

Rodrigo do Ó Catão Bongiovi¹
José Leonilo Romeu de Figueiredo Lima²

RESUMO

O presente artigo aborda a problemática relativa ao estudo das patologias em pavimento flexível, trazendo como cerne, a avenida Oceano Índico, bairro Intermares, Cabedelo/PB. O objetivo da pesquisa é avaliar a pavimentação na avenida Oceano Índico, de modo a decifrar possíveis ausências de estudos prévios, de drenagens e até mesmo, de projetos em sua estrutura. Sabe-se que é de grande importância, que sejam realizados estudos prévios, de topografia, reconhecimento do leito e subleito, para a devida elaboração do projeto de pavimentação e de drenagem, com o intuito de garantir que a execução esteja em concordância com os projetos previamente elaborados e assim, ao menos amenizar futuras patologias na estrutura do pavimento flexível. A metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho é a de natureza qualitativa, através de um estudo de caso de índole descritivo e exploratório, de forma a evidenciar maiores informações acerca da origem dos problemas patológicos que podem afetar os pavimentos flexíveis, mediante a análise de um levantamento bibliográfico sobre o assunto. Os resultados alcançados contribuem para a conclusão de que na pavimentação da avenida em estudo foram encontradas algumas patologias que mereciam a devida atenção, a fim de que a pavimentação voltasse a tornar-se exitosa.

Palavras-chave: pavimento flexível; vias urbanas; patologias.

ABSTRACT

This article approaches the problem related to the study of pathologies in flexible pavement, bringing as its core, the Oceano Índico Avenue, Intermares neighborhood, Cabedelo/PB. The objective of the research is to evaluate the paving on the Avenida Oceano Índico, in order to decipher the possible absence of previous studies, drainage and even projects in its structure. It is known that it is of great importance that prior studies are carried out, in topography, recognition of the bed and subgrade,

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil – UNIESP Centro Universitário, Cabedelo – PB. E-mail: rodrigobongiovi@hotmail.com

² Professor Orientador, Graduado em Engenharia Civil, pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Especialização em MBA Projeto, Execução e Desempenho de Estruturas e Fundações, pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, Docente do Curso de Engenharia Civil da disciplina de Estruturas, Mecânica dos Sólidos e Resistência dos Materiais. E-mail: leoniloengcivil@gmail.com

for the proper preparation of the paving and drainage project, in order to ensure that the execution is in accordance with the projects previously elaborated and thus, at least alleviate future pathologies in the structure of the flexible pavement. The methodology used in the development of the work is qualitative in nature, through a descriptive and exploratory case study, in order to provide more information about the origin of pathological problems that can affect flexible floors, through the analysis of a survey bibliographic on the subject. The results achieved contribute to the conclusion that in the paving of the avenue under study some pathologies were found that deserved due attention, so that the paving could become successful again.

Keywords: flexible pavement; urban roads; pathologies.

INTRODUÇÃO

Este trabalho aborda um estudo de caso sobre o pavimento flexível com problemas patológicos, evidenciando as principais causas que corroboram para o aumento dessas patologias nessas estruturas, destacando a importância de estudos prévios, a fim de elaborar-se um projeto de pavimentação e drenagem que venha, ao menos, amenizar a sua futura deterioração. Sabe-se que não há como impedir a deterioração do pavimento em si, porém, é importante enfatizar que há meios eficientes e que podem ser utilizados para evitar prejuízos de grandes proporções que com o tempo, venham surgir.

Assim, a temática levantada pela pesquisa, referem-se ao estudo do pavimento flexível com problemas patológicos na Av. Oceano Índico, bairro Intermares, na cidade de Cabedelo/PB, de forma a destacar que, na execução dos serviços de pavimentação, deve existir, além de estudos prévios no local para saber as atuais condições do local onde será realizado o serviço, uma mão de obra qualificada, com a intenção de que – futuramente – não venha ocorrer problemas na estrutura edificada. (MARQUES, 2006).

Salienta-se que, o aumento do tráfego de veículos de pequeno e grande porte no Brasil e também da população, acabam enaltecendo a necessidade de crescimento da malha viária brasileira, bem como, enfatizando a imprescindibilidade de investimentos nos processos de manutenção e/ou restauração das vias já existentes. (CNT, 2019).

Com isso, acaba trazendo grandes problemas à economia, diminuindo a capacidade de transporte de caminhões de carga, aumentando taxas de acidentes

nas estradas e custos relacionados a manutenção dos carros (NIKOLAIDES, 2014). Este trabalho mostra-se de grande relevância para a comunidade científica e também para a sociedade, visto que aborda um assunto atual e de extrema importância para uma boa qualidade de vida da população, já que a realização de serviços de pavimentação é primordial para a consecução do interesse público como um todo (JACOBS, 2000), já que acaba beneficiando toda a coletividade por meio da disponibilidade de um espaço urbano correlato às necessidades sociais.

Dessa maneira, salienta-se ainda que, estudos relacionados às obras de infraestrutura viária, sobretudo as que envolvem pavimentação, se tornam cada vez mais importantes, tendo em vista o constante crescimento desta malha em todo o país. Além disso, a imprescindibilidade de um projeto contendo todas as diretrizes, adicionado à uma mão de obra qualificada para executar todas as etapas necessárias do serviço, acabam evitando possíveis patologias que são geralmente oriundas da ausência de qualificação para a sua edificação e também, falta de manutenção adequada, afetando de forma negativa, a qualidade de vida das pessoas e o pleno desenvolvimento dos espaços urbanos (RABAIOLLI, 2012).

Dessa forma, a problemática da pesquisa visa responder a seguinte indagação: quais os principais fatores que contribuem para com os problemas patológicos dos pavimentos flexíveis e como esses contratempos podem ser evitados? A justificativa para essa perscrutação é justamente a essencialidade de um planejamento prévio de pavimentação altamente rigoroso, que venha a adotar uma execução qualificada para esta estrutura, garantindo assim, a sua não deterioração em curto espaço de tempo, de maneira a evidenciar a importância da pavimentação como elemento estruturador da sociedade, proporcionando assim, conforto e uma melhoria na qualidade de vida populacional, contribuindo para com o desenvolvimento urbano e social (ROSSI, 2017).

A par disso, a importância da realização do presente estudo refere-se ao fato de que o mesmo apresenta assunto pertinente para o campo acadêmico, assim como, para a área profissional, visto que traz informações pertinentes e fidedignas a respeito do tema em questão, cooperando até mesmo, para que a conjuntura social conheça melhor as condições físicas de uma das vias mais importantes do bairro de Intermares.

Desse modo, o objetivo geral do estudo é avaliar a pavimentação na avenida Oceano Índico, de modo a decifrar possíveis ausências de estudos prévios, de drenagens e até mesmo, de projetos em sua estrutura. Por outro lado, os objetivos específicos, serão analisar conceitos e definições de pavimentos, as principais características dos pavimentos flexíveis, patologias nesses tipos de pavimentos, além de abordar brevemente alguns aspectos geológicos sobre o assunto.

É com essa intenção que o presente trabalho passa a enfrentar – por meio de tópicos – os objetivos específicos traçados no desenvolvimento da pesquisa, a fim de alcançar-se o objetivo geral proposto, que é justamente analisar as patologias em pavimentos flexíveis, decorrentes da falta de manutenção ou oriundos da ausência de planejamentos e estudos prévios, levando em conta o estudo de caso da avenida Oceano Índico do bairro de Intermares, na cidade de Cabedelo/PB.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O estudo do pavimento flexível com problemas patológicos revela-se de suma importância para o contexto social atual em que vive o Brasil, pois trata-se de um assunto que atinge, ainda que indiretamente, a qualidade de vida da população, que entre outros direitos, possui a prerrogativa de ter acesso a um espaçamento urbano correlato as suas necessidades básicas de sobrevivência, usufruindo de um ambiente público adequado e devidamente preservado (RABELO; FALEIRO, 2019). SEGUNDO ESSE AUTOR, a infraestrutura das vias brasileiras afeta diretamente o estilo de vida da população, até porque, o tráfego de passageiros corresponde a 90% do seu uso, devendo, portanto, que tais estruturas estejam sempre em boas condições, oferecendo conforto e segurança para todas as pessoas. Os tipos de pavimentos que podem ser citadas, são os flexíveis ou asfálticos, os rígidos oriundos do concreto/cimento e os semirrígidos, que são aqueles que possuem a base de cimento e o revestimento de asfalto (AGUIAR, 2018).

PAVIMENTO: definições e conceitos

Sabe-se que atualmente, as vias brasileiras carecem de maior atenção por parte das autoridades públicas que possuem o dever de garantir uma boa qualidade

do tráfego de pessoas e outros, pois se nota na prática que as rodovias brasileiras possuem inúmeros defeitos ou deformidades que poderiam ser evitadas pelo Estado, ocasionando com isso, insegurança para todos os cidadãos. Os estudos relacionados às obras de infraestrutura viária, sobretudo que envolvem pavimentação, tornam-se cada vez mais importantes, tendo em vista o constante crescimento da malha viária e a necessidade de mão de obra qualificada no setor. (FERNANDES,2019).

A camada superior do pavimento é conhecida como camada de revestimento ou capa de rolamento. Essa camada recebe diretamente a ação do tráfego com a função de melhorar a superfície de rolamento e resistir ao desgaste, proporcionando aumento da durabilidade. As demais camadas do pavimento são pré-dimensionadas de acordo com os estudos de tráfego de cada região. O dimensionamento de uma espessura do pavimento vai depender de fatores como os estudos de tráfego, estudos geotécnicos e materiais a serem utilizados (SOLANKI, 2017).

O conforto do usuário de uma via rodoviária está diretamente ligado à camada superficial onde trafegando irá sentir os desconfortos gerados por irregularidades causadas por defeitos na superfície do pavimento. O surgimento das patologias vai surgindo à medida que o pavimento vai sendo submetido às intempéries do ambiente e aos esforços gerados pela carga de tráfego local, sendo muitas vezes inevitáveis seus surgimentos. No pavimento ocorre a absorção de esforços entre camadas de forma dividida, onde as tensões verticais estão nas camadas inferiores com concentração próximo a aplicação da carga (BALBO, 1997; SILVA, 2008).

Caracterização dos Pavimentos Flexíveis

Enfatiza-se que o pavimento de rodovias são estruturas compostas por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados, adequadas para atender – estrutural e operacionalmente – ao tráfego, de maneira durável e geralmente, com reduzido custo financeiro, pois o que gera grandes prejuízos desta índole, é justamente os serviços de reparação das patologias que porventura venham a surgir, sendo, pois, mais vantajoso ao Poder Público, adotar mecanismos eficientes e de boa qualidade, ainda na fase de pavimentação inicial das vias (BALBO, 1997).

Sendo este pavimento definido como uma estrutura de múltiplas camadas, cujo objetivo é distribuir os esforços oriundos do tráfego, proporcionando conforto e segurança ao transitar. Quando há carga sobre o pavimento flexível, todas as camadas que formam esse sistema trabalham de maneira conjunta de modo que os esforços sejam distribuídos em parcelas de forma equivalentes, evitando inúmeras adversidades e a consequente erosão do solo. Isso porque, pavimento flexível é aquele onde há várias camadas constituintes que sofrem uma deformação elástica quando se aplica um carregamento, de forma que a carga tende a se espalhar de forma equânime entre as camadas (MELO, 2021).

Desse modo, dentre as vantagens do pavimento flexível ou asfáltico, pode-se mencionar os seus revestimentos betuminosos³, que são aqueles pavimentos compostos por materiais betuminosos e agregados, que ao se aglutinarem, acabam tornando-se o principal constituinte do asfalto construído (COSTA; BATISTA, 2019). Este tipo de pavimento tem como vantagem, uma melhor aderência das demarcações viárias em relação ao pavimento rígido, devido à sua textura rugosa, além de ser uma alternativa mais econômica e ecológica em comparação à pavimentação rígida, já que diminui os impactos ambientais de cunho negativo e assim, acaba preservando os recursos naturais. Entre as desvantagens desse tipo de pavimentação, podem ser citados a necessidade maior de manutenções, pois possui superfície mais escorregadia quando molhada e ainda, menor índice de reflexão de luz. (FERNANDES, 2019).

PATOLOGIAS EM PAVIMENTO FLEXÍVEL

Existem diferentes formas de desgaste em pavimentos de asfalto, cada uma ligada a um motivo específico (como: projeto mal elaborado, construção ou condições ambientais inadequadas, falta de drenagem urbana) e a maioria acontecendo como resultado das altas cargas de tráfego (MALLICK; EL-KORCHI, 2008). Seguindo essa premissa, para o desenvolvimento do presente estudo de caso, foi realizado um levantamento da condição visual da avenida Oceano Índico, também conhecido como levantamento de desgaste, sendo a primeira etapa para a

³ Revestimento asfáltico composto por betume.

avaliação funcional do pavimento, podendo ser considerado o mais imprescindível (NIKOLAIDES, 2014).

Mediante a aferição visual das condições físicas da pavimentação da mencionada avenida, foram identificados vários tipos de patologias, entre elas, as mais comuns, comumente encontradas nas malhas rodoviárias do país, sendo elas: as fendas, as trincas, os afundamentos, os remendos e as placas. Assim, a inspeção realizada neste pavimento foi feita através da observação visual da pavimentação, por intermédio de um acervo fotográfico alcançado, após ter sido percorrido toda a extensão da avenida, nos dois sentidos do tráfego (CAVA, 2018).

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Por conseguinte, destaca-se que, o município de Cabedelo, localizado no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil consiste em uma área densamente urbanizada sobre bases geológicas compostas por sedimentos quaternários praias e fluviais, com formas de relevo planas, caracterizadas por cordões litorâneos desenvolvidos quando do recuo do mar após a última transgressão marinha, além de planícies marinhas e planícies interdiais atuais, possui um tipo de solo geralmente muito argiloso, tornando melhor a utilização do pavimento flexível que possui como características, várias camadas, menor rigidez, além do menor investimento inicial, já que os gastos com manutenção sempre normalmente são maiores (FREITAS *et al*, 2020). Dessa forma, além de ser mais econômico, o pavimento flexível acaba se destacando por ser também um revestimento seguro. O pavimento flexível, também chamado de asfáltico, é um conjunto de estruturas em camadas construídas para suportar diversos tipos de cargas e outros tráfegos, sendo, no entanto, a camada de revestimento asfáltico – superficial – considerada a mais importante de todas as outras (SOUZA, 2020).

Diversas causas – até mesmo naturais – podem contribuir para o surgimento de patologias nos pavimentos das rodovias brasileiras, até mesmo o próprio tráfego que diariamente é registrado, que por ser de grande envergadura, acaba ocasionando certas dilacerações nos asfaltos das vias, fazendo com que as patologias se originem. É justamente em razão da grande quantidade de pavimentos asfálticos no território brasileiro, que a ocorrência de patologias acaba se tornando

corriqueira nessas vias, sendo imprescindível um estudo aprofundado sobre as possíveis causas que pode contribuir para o aumento desses problemas (FRANÇA; FERNANDES, 2017), com o objetivo de evitá-las ou saná-las de imediato.

Dessa maneira, os pavimentos estão sujeitos a patologias que podem aparecer a qualquer tempo, desde precocemente devido a erros ou trabalhos inadequados ou, a médio ou longo prazo, em razão da frequente utilização tráfego ou ainda, outros fatores (OLIVEIRA; MALUF, 2019). Nesse ínterim, a presença de patologias nos pavimentos são defeitos que afetam a qualidade das vias, geralmente ocorridas na superfície das estruturas pavimentadas, podendo ser agravadas caso não sejam realizadas manutenções preventivas (LIMA, 2020).

O que ocasiona as manifestações patológicas nas vias rodoviárias são as rupturas dos pavimentos, classificando-se de acordo com o caráter visual, conforme já foi visto. Esses defeitos ou deformações, caso não sejam sanados de imediato, podem se agravar e tornar-se de difícil recuperação (SANTOS, 2021). Segundo esse autor, as patologias nos pavimentos asfálticos e quais as causas mais corriqueiras que podem incentivar a sua aparição na pavimentação das vias.

As principais patologias de pavimentos asfálticos são descritas como “doenças” na construção civil, cuja origem deve-se a má execução de projeto, problemas construtivos, falha na seleção de materiais, inadequações nas operações de conservação e manutenção, entre outros fatores. Esses defeitos provocam a deterioração do revestimento e das camadas subjacentes, prejudicando o rolamento, conforto e a segurança na via, trazendo também prejuízos aos usuários e aos veículos. (AGUIAR, p. 24, 2018)

Dessa forma, fatores como falhas na própria execução do projeto de pavimentação, assim como, má qualidade dos materiais impregnados na construção dela, são fatores que incentivam o aparecimento de patologias nas vias e que podem ser evitadas, basta apenas que os executores do projeto adotem as medidas e os meios mais eficientes para a realização da obra (ALMEIDA, 2019).

Destaca-se que, as patologias nas vias urbanas são consideradas como um verdadeiro desafio a ser enfrentado pelas empreiteiras, pois se sabe que há a necessidade da realização de serviços de manutenção recorrentes, para que as qualidades das vias sejam mantidas (ALMEIDA, 2019) e para que isso aconteça, geralmente é preciso desembolsar grandes quantias a fim de reverter as patologias, situação que pode ser evitada antes mesmo da via ser pavimentada, mediante um

estudo prévio e adoção de mecanismos de qualidade para a execução do serviço de pavimentação em si.

METODOLOGIA

O tipo de pesquisa utilizada no presente artigo foi descritivo e, exploratória em relação aos objetivos, visto que, as informações levantadas não são representadas em expressões numéricas. Já o método de pesquisa adotado, foi o estudo de caso, levando em conta as seguintes etapas: pesquisa bibliográfica, levantamento das patologias encontradas e após, a análise dos resultados alcançados.

Nesse sentido, a pesquisa envolve à procura de um arranjo bibliográfico, através de livros, artigos publicados em conceituadas revistas e ainda, por meio da análise de outros trabalhos acadêmicos relacionados ao tema em estudo.

O procedimento de coleta de dados supracitados, além da pesquisa bibliográfica e documental, foi realizado por meio de uma investigação de campo, por intermédio de registros fotográficos, com a finalidade de identificar as possíveis patologias existentes na pavimentação da avenida, ressaltando-se o fato de que, tal estudo visual foi realizado entre 2013 a 2019, podendo atualmente as situações retratadas terem sido agravadas ou amenizadas até o desenvolvimento final deste estudo. Por intermédio dos dados obtidos, identificando os problemas patológicos na avenida em estudo, será possível realizar-se a elaboração de métodos eficientes para a solução dos problemas constatados, através do levantamento visual das condições da localidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o decorrer dos anos, pela falta de um estudo prévio das condições do local, erros na execução e falta das devidas manutenções preventivas das pavimentações das rodovias, estas acabam tornando-se palco de várias patologias que poderiam ser evitadas. De modo inicial, frisa-se que, defeitos são definidos como manifestações de erros de construção, bem como os efeitos danosos ocasionados ao longo do tempo pelo trânsito e também, pelo meio ambiente. Essas deformidades abrangem uma ampla variedade de fissuras e distorções da superfície (PAPAGIANNAKIS; MASAD, 2007), atrapalhando o fluxo da malha viária.

De forma a interpretar os dados coletados com a pesquisa, o estudo passa a relatar o ponto de vista concluído com o alcance de todas as informações colhidas com a realização do trabalho, demonstrando para isso, figuras fotográficas tiradas do pavimento em análise, para melhor esclarecer os principais fatores que corroboram a estrutura em si. Realizado o estudo na avenida Oceano Indico no bairro de Intermares em Cabedelo/PB, infere-se que diversas patologias foram encontradas na sua pavimentação como destacado nas figuras, sendo elas: fendas, afundamentos, remendos e painéis. Dessa maneira, o pavimento, apresenta-se com diversas patologias, destacando-se a falta de serviço de manutenção preventiva no local e o grande fluxo de veículos na via.

Nesse sentido, apresenta-se a seguir algumas patologias similares as identificadas e também medidas de reparação que podem contornar os defeitos encontrados na pavimentação da Av. Oceano Índico, visto que, no caso em questão, os problemas verificados como falta de projeto de drenagem urbana, e falhas construtivas durante a execução, resultando em várias patologias no local e diversos contratempos no tráfego da avenida, tanto para os pedestres como para os motoristas, que por muitas vezes tinham que fazer desvios por outras avenidas para seguir o seu trajeto.

Fendas/trincas

As fendas ocorrem do interior para as superfícies, tratando-se de uma descontinuidade na base superficial do pavimento, sendo os tipos mais comuns, as trincas couro de jacaré, isoladas de retração, trincas em blocos, de bordo e trincas transversais ou longitudinais (ALMEIDA, 2019). São basicamente rachaduras que acabam tornando-se visíveis em decorrência da falta de manutenção preventiva da via, ficando desconforme com a superfície do pavimento. Lima (2020), realça o conceito das fendas, destacando o fato de que podem se apresentar de diversas formas e por meio de vários graus de deformação, como apresentado no trecho transcrito a seguir.

Fendas são deformações no asfalto que causam desconformidades na superfície do pavimento, que podem ser distinguidas pela aparência visível como trincas ou fissuras. A olho nu podem ser vistas fendas a uma distância de menos de 1,5m, e trincas podem ser vistas a uma distância de mais de 1,5m. Esses tipos de defeitos no pavimento podem se manifestar de várias maneiras, com vários graus de deterioração (LIMA, p. 19, 2020).

Assim sendo, analisando visualmente trechos da pavimentação da Av. Oceano Índico, foi constatada algumas trincas com deformações permanentes, frutos da ausência de manutenção preventiva da via, gerando com isso, certo desconforto para as pessoas que precisavam utilizar a via para trafegar (Figura 1).

Figura 1 – Trincas com deformação permanente apresentando visíveis desgastes



Fonte: Cava (2018).

Percebe-se que, as fendas observadas na avenida possuem aberturas de vários tamanhos e as trincas encontradas neste pavimento, apresentam-se em estado avançado de deterioração, quase formando placas, devido a ação do tráfego. Dessa forma, vários são os fatores que contribuíram para o atual estado do pavimento em estudo, dentre eles, as mudanças abruptas de temperatura, péssimas técnicas de construção, deflexão excessiva do asfalto, drenagem ruim, materiais de baixa qualidade, frágil compactação do solo e enfraquecimento da sub-base. (PAPAGIANNAKIS; LALAS; GEORGOPOULOU, 1997).

Afundamento

Os afundamentos são deformações permanentes do revestimento asfáltico ou de suas camadas constituintes. O defeito na superfície do asfalto pode aparecer em curto, médio ou longo prazo, acarretado por erros de projeto, uso de materiais inadequados e também pela falta de drenagem. (BERNUCCI, *et al*, 2008). De acordo com Nikolaidis, (2014), observando alguns trechos da avenida ora estudada, foram observados afundamentos decorrentes de deformações permanentes, podendo ter

tido como causas principais, a falta de drenagem e o acúmulo de águas pluviais na via. Esse tipo de afundamento, pode ser chamado de plástico e se dá pela própria deformação das camadas do pavimento, quando submetidas as cargas normais de tráfego (Figura 2).

Figura 2 – Afundamento com trilho de roda



Fonte: Marcos Fábio Porto de Aguiar (2016).

Remendo

Remendo é uma porção de pavimento superficial, que é removida e substituída por um novo material aplicado sobre a construção da mesma que foi danificada. (MACHADO, 2013). Assim, no estudo em questão, a doutrina especializada aduz que: “Os remendos são o tipo de operação mais comum em processos de recuperação de rodovias, processo no qual a superfície do pavimento recebe correções, conhecido como processo tapa-buraco, que consiste em tapar os buracos já existentes no pavimento” (LIMA, p. 22, 2020). Segundo esse autor, o remendo é mais corriqueiro do que se imagina, pois muito se fala em ruas ou avenidas que estão precisando de um “remendo”, tendo em vista a apresentação de panelas nas mesmas, exigindo-se assim do Estado um reparo nessas patologias.

Apesar da nomenclatura e de ser um tipo de método de reabilitação do pavimento, o remendo é considerada uma patologia quando executado de forma incorreta. O remendo é a retirada e substituição de uma camada do pavimento por outra. Podendo ser classificado como superficial ou profundo o remendo afeta toda a estrutura do pavimento e consequentemente reflete o comportamento da mesma. O remendo mais comum é o superficial, e

geralmente não costuma comprometer a integridade da via. (PINHEIRO; SILVA; SALOMÃO, p. 10, 2021)

Ainda, foi observado em um trecho da avenida em estudo, alguns remendos (tapa-buracos), que apresentaram deteriorações decorrentes dos procedimentos da execução do próprio pavimento, pois foram feitos tais remendos, sem a regularização do colchão de areia. (DNIT, p. 3, 2003), como demonstrado na fotografia a seguir (Figura 3).

Figura 3 – Remendos realizados no pavimento



Fonte: Cava (2018).

Panela

As panelas são resultantes da desintegração localizada, sob a ação do tráfego e em presença de água, apresentam a fragmentação do pavimento, após a ocorrência de trincas por fadiga ou desgaste. (MACHADO, 2013). São também chamadas de buracos, bem conhecidas e geralmente de natureza grave, visto que atinge a estrutura de todo o pavimento, reduzindo a segurança do tráfego e ocasionando maiores custos para a sua reparação. (ANTUNES, 2017). França e Fernandes (2017), destaca esse tipo de patologia, enfatizando que as suas consequências geralmente são de longo prazo, afetando negativamente na boa fluidez do tráfego, como expresso a seguir.

Essa patologia prejudica severamente a estrutura do pavimento e com isso as águas superficiais têm acesso ao interior da base. Outrossim, é muito prejudicial em relação ao ponto de vista funcional, uma vez que esse

problema irá causar uma irregularidade longitudinal, interferindo na segurança do tráfego e no custo do transporte. (FRANÇA; FERNANDES, p. 28, 2017)

Nikolaides (2014), averiguando a avenida em estudo, foram encontrados alguns trechos com panelas ou buracos que obrigam aos motoristas a desviarem, contendo em um dos buracos, muita água, mostrando que não houve drenagem no local, além disso, foram vistos outros defeitos, como trincas que corroboram para com o aparecimento de panelas quando não são devidamente corrigidas. (Figura 4).

Figura 4 – Panela, patologia gravíssima



Fonte: Cava (2018).

Medidas corretivas de execução da pavimentação

Posteriormente, é forçoso salientar que, uma nova empresa realizou o serviço na avenida, porém, de modo diverso, ou seja, obedecendo todos os padrões e normas técnicas para a execução da obra, conseguindo corrigir todas as falhas construtivas deixadas pela empresa que a executou anteriormente. Desse modo, identificadas patologias na Av. Oceano Índico, aponta-se as medidas tendentes a repará-las, conforme verificadas a seguir na (Figura 5).

Figura 5 – Escavação mecanizada de valas



Fonte: Pbnews (2015).

Após identificado a ausência da drenagem das águas pluviais, foi realizado em um trecho específico a escavação mecanizada com o uso de uma retroescavadeira, com o intuito de escavar as valas onde iriam ser colocadas as tubulações de concreto e realização da drenagem pluvial no seu pavimento. A seguir, é mostrada a fotografia de uma drenagem urbana das águas pluviais na avenida em análise, como mostra (Figura 6).

Figura 6 – Realização da drenagem urbana das águas pluviais.



Fonte: Pbnews (2016)

A figura mostra a realização do início drenagem urbana da avenida Oceano Índico, pela qual foram instaladas tubulações de drenagem e condutos em concreto armado, para que pudesse haver esse desvio com orientação para o mar. A próxima figura apresenta a execução de obra do colchão de areia em sua pavimentação, a

fim de dar maior suporte para as camadas de ligação e do revestimento asfáltico (Figura 7)

Figura 7 – Execução da sub-base (colchão de areia).



Fonte: Elias Martins (2016)

Essa é a etapa construtiva conhecida como execução da sub-base (colchão de areia), onde há a compactação, foi realizada para que os paralelepípedos fiquem bem fixados na sua estrutura, mediante aplicação do meio fio em concreto, próximo aos canteiros e em seguida, o assentamento de paralelepípedos, de forma a preparar adequadamente a base para a aplicação das camadas de ligação e de revestimento asfáltico. (SOUZA, 2020). Já a imagem que se segue, mostra cabalmente um trecho dela recuperada, após a realização dos serviços essenciais de reparação de patologias (Figura 8).

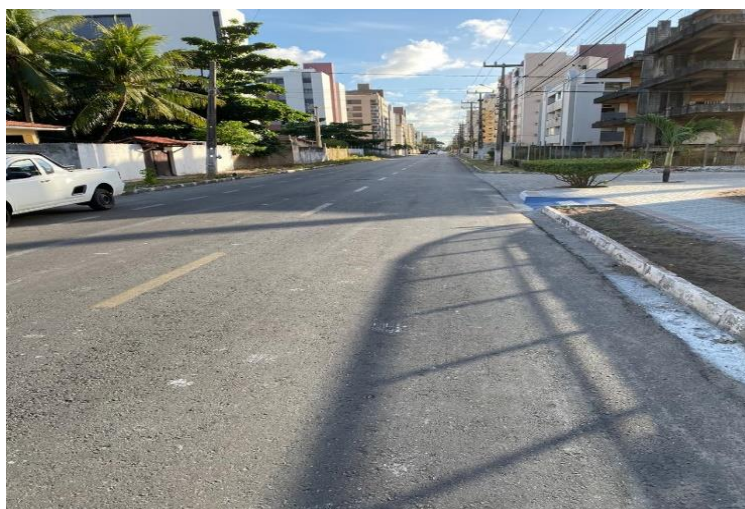
Figura 8 – Via recuperada.



Fonte: o Autor (2019)

Esse ponto já mostra a via recuperada, cuja teve a finalidade de solucionar as patologias identificadas e prolongar a vida útil da avenida Oceano Índico, através de pavimentação realizada com paralelepípedos, com camada de ligação e superfície com revestimento asfáltico em sua estrutura. E a próxima imagem destaca uma parte da avenida com pavimentação finalizada e bem-sucedida, pelo qual poderá ocorrer normalmente o tráfego de pessoas e veículos (Figura 9).

Figura 9 – Pavimentação finalizada com êxito



Fonte: o Autor (2019)

A figura 9 retrata a avenida Oceano Índico finalizada e liberada para trafegar, seguindo todas as etapas construtivas conforme especificações e normas técnicas, de modo que não venham a existir problemas posteriores. Assim, tal fato corrobora para a necessidade de sempre haver manutenções periódicas do local, a fim de evitar contratempos futuros e, quando apresentado algum defeito por mínimo que seja, que venha a ser logo reparado, para que não aumente os riscos patológicos. (ALMEIDA, 2019).

Infere-se que, foi realizado os serviços de remoção da camada de asfalto danificada e limpeza dela, seguido de um projeto de drenagem urbana, onde foram instalados tubulações de drenagem e condutos em concreto pré-fabricado para drenagem pluvial, além disso, a realização da terraplanagem em sua estrutura, com a execução posterior do colchão de areia, fornecimento e assentamento do meio-fio pré-moldado, seguindo-se do assentamento do paralelepípedo e – depois de preparado a sub base – colocação de uma nova camada de ligação que fixa a base, finalizando assim a manutenção do revestimento asfáltico. (figura 9)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou uma análise objetiva das patologias encontradas em pavimentação flexível, sendo o objeto de estudo, a Av. Oceano Índico, do bairro de Intermares, em Cabedelo/PB, destacando os problemas patológicos da localidade e as possíveis medidas de correção. Dessa forma, além de terem sido identificados os problemas patológicos no pavimento asfáltico em estudo, foram expostas as medidas de reparação utilizadas a fim de sanar tais deformações na pavimentação, de forma a proporcionar maior segurança e conforto para os pedestres e, para os motoristas.

Ao longo do estudo, as principais ideias aferidas foram relacionadas à constatação de cerca de quatro tipos de patologias na avenida em análise, sendo elas: as fendas, os afundamentos, os remendos e as panelas, sendo esta última a mais prejudicial, já que afeta diretamente a segurança dos motoristas que por ali passavam com os seus veículos.

Por meio do levantamentos de todas as informações aqui apresentadas, possivelmente temos a ideia de que, a falta de sistemas efetivos de drenagem para o controle de acúmulo de água no local foi, no mínimo, um fator relevante para o aparecimento das patologias, demonstrando-se a imprescindibilidade da drenagem como um método de reparação e ainda, é preciso considerar que, a utilização de bons materiais e boas técnicas de construção, acabam tornando-se fatores importantes para a longevidade das vias.

Realça-se que, de modo geral, o presente trabalho contribuiu para o entendimento acerca da importância da realização da pavimentação, assim como, da manutenção das vias, pois a ausência de tais serviços, colabora para uma piora na qualidade de vida dos indivíduos e para o desenvolvimento urbano, destacando-se que, é por meio de métodos técnicos e científicos aliados à estudos prévios, que as pavimentações podem ser construídas de maneira correta, e, dessa forma, evitará graves problemas – futuramente – para todos os cidadãos.

Contudo, o estudo do tema não se resume a esta pesquisa, pois o assunto ainda pode ser enfrentado em outros tempos e em novas pesquisas dessa índole, servindo até como base para outros trabalhos acadêmicos e científicos.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, V. C. N. **Análise de patologias em pavimentação asfáltica – estudo de caso da Rua Francisco Ciriaco de Carvalho**. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil das Faculdades Doctum de Caratinga. 2018. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/183/1/TCC%20-%20VANESSA%20CRISTINA%20NEVES%20AGUIAR.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.
- ALMEIDA, C. da S. **Patologias em vias urbanas: estudo de caso na cidade de Maceió-Alagoas**. 2019. 37 f. Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito final, para conclusão do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Cesmac. Maceió - AL. 2019. Disponível em: <https://ri.cesmac.edu.br/bitstream/tede/642/1/Patologias%20em%20vias%20urbanas%20Estudo%20de%20caso%20na%20cidade%20de%20Macei%C3%B3%20e%2080%93%20Alagoas.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.
- ANTUNES, G. C. **Patologias em estradas ocorridas por compactação deficiente**. 2017. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso Superior de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhauçu. 2017. Disponível em: <http://www.pensaracademico.facig.edu.br/index.php/repositorio/tcc/article/view/660/571>. Acesso em: 28 out. 2021.
- BALBO, J. T. **Pavimentos asfálticos: patologia e manutenção**. São Paulo: Plêiade, 1997. Disponível em: https://repositorio.usp.br/single.php?_id=000978935. Acesso em: 20 de maio de 2021.
- BERNUCCI, L. B.; [et al]. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: Petrobrás, 2008.
- CAVA, F. **Os 15 Defeitos em Pavimentos Flexíveis**. Disponível em <<https://alemdainercia.com/2018/05/16/os-15-defeitos-em-pavimentos-flexiveis/>> Acesso em: 07 de outubro de 2021.
- CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de Rodovias: Relatório Gerencial**. CNT/SEST/SENAT: Brasília-DF, 2019. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/relatorio-gerencial>. Acesso em: 20 de maio de 2021.
- COSTA, M. R; BATISTA, T. de O. **Um estudo sobre patologias em pavimento flexível na cidade de Manhauçu – MG**. V Seminário Científico do UNIFACIG – 7 e 8 de novembro, p. 1-12, 2019. Disponível em: <http://www.pensaracademico.facig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/1366/1148#>. Acesso em: 28 out. 2021.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT 005/2003. **TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. Rio de Janeiro, 2003.
- FERNDADES, A. **Pavimento rígido X Pavimento flexível**. Disponível em:

<<https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/pavimento-rigido-flexivel/>>. Criciúma, 2019.

FRANÇA, F. L; FERNANDES, T. M. J. **Patologias em Pavimento Asfáltico**. 2017. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO. 2017. Disponível em: http://45.4.96.19/bitstream/aee/907/1/20172_TCC_Frederico_E_T%C3%A1rsis.pdf. Acesso em: 27 out. 2021.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. – 1 ed. – São Paulo: Martins Fontes, 2000.

FREITAS, S. [et al]. **Prevenção e possíveis soluções para patologias no asfalto e custo de restauração do asfalto demolido ao erário**. Revista Construção Civil: Engenharia e Inovação. v. 4, p. 253-269, 2020. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/107>. Acesso em: 28 out. 2021.

LIMA, E. S. de F. R. de. **Patologias em pavimentos asfálticos: análise de um trecho da rodovia RO-140, município de Cacaulândia-RO-Brasil**. 2020. 40 f. Trabalho de conclusão de curso, para a obtenção do Grau em Engenharia Civil apresentado a Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA. 2020. Disponível em: https://repositorio.faema.edu.br/bitstream/123456789/2790/1/TCC%20Euclides%20-%20Ficha%20e%20Relat%c3%b3rio%20Final_assinado_assinado_assinado1608141464.pdf. Acesso em: 28 out. 2021.

MACHADO, D. M. C. **Avaliação das normas de identificação de defeitos para fins de gerencia de pavimentos flexíveis**. São Paulo, 2013.

MALLICK; R. B.; EL-KORCHI, T. **Pavement Engineering**. – 1. Edition – Boa Raton: Engineering & Technology, 2008.

MARQUES, G. O. **Pavimentação TRN 032**. Minas Gerais, 2006.

MELO, D. O. **Patologias em pavimentos das vias de tráfego no DIMIC-Catalão**. 2021. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade de Catalão – Campus Santo Antônio. 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/17300/1/TCC%20-%20Daniel%20Oliveira%20Melo.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

NIKOLAIDES, A. **Highway engineering: pavements, materials and control of quality**. CRC Press, 2014.

OLIVEIRA, S. R. F; MALUF, R. S. **Diagnóstico de patologias e avaliação funcional em trecho de pavimentação asfáltica do campus UFMA – Bacanga**. Revista eletrônica de Engenharia Civil, v. XX, n. X, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/4433/1/S%c3%a2mia%20Regina%20F.O..pdf>. Acesso em: 27 out. 2021.

PAPAGIANNAKIS, A. T.; MASAD, E. A. **Pavement Design and Materials**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. Disponível em: [http://ypitco.com/Uploads/Article2/Pavement%20Design%20and%20Materials_Papagiannakis%20_2008%20\(2\).pdf](http://ypitco.com/Uploads/Article2/Pavement%20Design%20and%20Materials_Papagiannakis%20_2008%20(2).pdf). Acesso em: 29 out. 2021.

PAPAGIANNAKIS, L.; LALAS, D.; GEORGOPOULOU, E. **A multicriteria decision aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option.** European Journal of Operational Research, Volume 103, Issue 1, 16 November: 1997, Pages 38-54. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221796002639>. Acesso em: 29 out. 2021.

PBNEWS. **Obras de pavimentação e drenagem em Intermares devem ser concluídas em março de 2016.** João Pessoa, 2015. Disponível em: <http://pbnews.com.br/cidades/cabedelo/2015/11/obras-de-pavimentacao-e-drenagem-em-intermares-devem-ser-concluidas-em-marco-de-2016.html>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

PBNEWS. **Após nova licitação, obras de pavimentação em Intermares são retomadas e devem ser concluídas até o mês de junho.** João Pessoa, 2018. Disponível em: <https://pbnews.com.br/cidades/cabedelo/2018/01/apos-nova-licitacao-obras-de-pavimentacao-em-intermares-sao-retomadas-e-devem-ser-concluidas-ate-o-mes-de-junho.html>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

PINHEIRO, A. V. S; SILVA, M. F. de S; SALOMÃO, P. E. **Análise de patologias no pavimento flexível da BR116 trecho Sudeste: Teófilo Otoni – Itambacuri (Minas Gerais/Brasil).** Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro. v. 1, p. 1-33, 2021. Disponível em: https://www.revistas.unipacto.com.br/storage/publicacoes/2021/607_analise_de_patologias_no_pavimento_flexivel_da_br116_trecho_sudeste_te.pdf. Acesso em: 28 out. 2021.

RABAIOLLI, D. T. **Análise experimental da influência dos diferentes procedimentos de cura nas propriedades mecânicas de vigas de concreto armado.** Criciúma. 2012. 14 f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Universidade do Extremo Sul Catarinense - Unesc. 2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/17168012-Analise-experimental-da-influencia-dos-diferentes-procedimentos-de-cura-nas-propriedades-mecanicas-de-vigas-de-concreto-armado.html>. Acesso em: 29 out. 2021.

RABELO, G. C. F.; FALEIRO, L. F. de S. **Caracterização de patologias: análise da avenida 24 de outubro – Goiânia.** 2019. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário de Goiás – UniANHANGUERA. 2019. Disponível em: <http://repositorio.anhanguera.edu.br:8080/bitstream/123456789/304/1/TFC%20%20-%20GABRIELLA%20CAROLINA%20E%20LORENA%20FREITAS.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

ROSSI, A. C. **Etapas de uma obra de pavimentação e dimensionamento de pavimento para uma via na ilha do fundão.** Rio de Janeiro, 2017.

SANTOS, R. A. M. dos. **Incidências de manifestações patológicas na pavimentação asfáltica de trechos urbanos do município de Upanema/RN.** 2021. 56 f. Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil – Mossoró. 2021. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6537/1/RubenAMS_MONO.pdf. Acesso em: 28 out. 2021.

SILVA, A. **Secretaria de Serviços Urbanos de Cabedelo iniciou a pavimentação no bairro Intermares.** [2008]. Disponível em: <http://renascereinformacao.blogspot.com/2013/08/secretaria-de-servicos-urbanos-de.html>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

SOLANKI, P; ZAMAN, M. **Design of semi-rigid type of flexible pavements.** International Journal of Pavement Research and Technology, 2017. v. 10, p. 99-111. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1996681416301110?token=A9D1296A89321C5992C3359AB7CAB71EAAAC7E29831D5A1EC5E1A7AA1C6555C9FCF0A52127B2F705CBE1C72B192796DC8&originRegion=us-east-1&originCreation=20211031211611>. Acesso em: 30 out. 2021.

SOUZA, M. C. R. de. **Levantamento de patologias em pavimentos asfálticos.** Anais do V CONASPESC. – Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2020/TRABALHO_EV138_MD1_SA23_ID1382_22112020205944.pdf. Acesso em: 28 out. 2021.

A INFLUÊNCIA DA PONTA NA CAPACIDADE DE CARGA DE UMA ESTACA ESCAVADA: UM ESTUDO DE CASO.

Sara Grazielle Ribeiro Trajano¹
Carlos Rolim Neto²

RESUMO

Ao adentrar em canteiros de obras, em muitos casos, percebe-se a tentativa de agilizar processos e aumentar a produtividade, a fim do cronograma ser fiel ao estipulado. Com isso, pode-se perceber que ao pensar em eficiência na execução das fundações, o desafio diário para os engenheiros de execução será o controle rigoroso de manter as solicitações de esforços previstas em projetos sem incremento ou perda da sua capacidade de carga na fase de execução. A metodologia do presente trabalho refere-se à execução de estacas escavadas – O uso destas são normalmente em solos não saturados e coesos, em que o objetivo é analisar as cargas admissíveis e de ensaio para comparação com o desempenho do projeto, tendo como base os dados de parâmetros de ensaio do SPT (*Standard Penetration Test*) durante obra e formulações semiempíricas desenvolvidas por Aoki-Velloso (1975), Décourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996) enquanto fase de projeto a fim de avaliar a qualidade das estacas através dos três resultados de provas de carga estática deste estudo. Este artigo evidenciou, através da importância do estudo da prova de carga, um resultado discrepante na redução da capacidade de carga e aumento do recalque total em uma estaca, ocasionando efeitos na perda do desempenho final da estaca e sua influência sendo fator limitante para a resistência da ponta.

Palavras-chaves: Fundações Profundas; Prova de Carga Estaca; Estacas Escavadas.

ABSTRACT

When entering construction sites, in many cases, one notices the attempt to streamline processes and increase productivity, in order for the schedule to be faithful to the stipulated. With this, one can realize that when thinking about efficiency in the execution of foundations, the daily challenge for execution engineers will be the rigorous control of maintaining the load requests foreseen in projects without increasing or losing its load capacity in the execution phase. The methodology of the present work refers to the execution of excavated piles - Their use is usually in unsaturated and cohesive soils, where the objective is to analyze the admissible and test loads for comparison with the design performance, based on SPT (*Standard Penetration Test*) test parameters data during construction and semiempirical formulations developed by Aoki-Velloso (1975), Décourt-Quaresma (1978) and Teixeira (1996) during the design phase in order to evaluate the quality of the piles through the three static load test results of this study. This article evidenced, through the importance of the load test study, a discrepant result in the reduction of load

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil. E-mail: saragrazy@gmail.com

² Professor Orientador, Graduado em engenharia civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Mestrado em Engenharia civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Especialização em Engenharia Geotécnica pela Universidade Paulista (UNIP). Docente do Curso Superior em Engenharia Civil da disciplina de Fundações. E-mail: carlosrolim@yahoo.com

capacity and increase of the total settlement in a pile, causing effects in the loss of the pile's final performance and its influence being a limiting factor for the tip's resistance.

Key words: Deep Foundations; Pile Load Testing; Hollow Piles.

INTRODUÇÃO

A busca incessante pela garantia da segurança nos projetos evidencia a responsabilidade da classe de engenheiros. A profissão de um geotécnico é lidar diariamente com obras que serão construídas em elementos naturais que normalmente apresentam características singulares, assim sendo, cada construção é única. Por isso, interessa aos projetistas serem minuciosos e garantir a eficácia de seus projetos.

De acordo com a ABNT (2019) (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a norma vigente que rege os projetos e execuções das fundações destaca a importância dos projetos de geotecnia para um bom desempenho e segurança da edificação, como um todo.

A característica do solo é um fator limitante para a escolha do tipo de fundação visto que existem dois tipos: Fundações diretas ou indiretas. As fundações diretas são aquelas que destinam as cargas para o solo através de sua superfície, já as indiretas são as fundações profundas existentes que transmitem os esforços ao longo do comprimento e base do elemento que estará em uma cota de comprimento onde há aderência e segurança para a estrutura.

Não sendo viável utilizar fundações diretas, a ABNT (2019) esclarece que estacas são elementos que permitem a interação indireta da estrutura-solo, seu uso é indicado para quando há baixa capacidade de carga nas primeiras camadas de solo, assim sendo preciso aprofundar o assentamento da fundação para conseguir estabilizar a estrutura. São executadas por ferramentas e equipamentos para perfuração do solo, uma vez que, em teoria, transmite o peso da estrutura para o solo, através de seu corpo e sua base, feitas em aço, madeira, concreto ou misto.

Na norma ABNT (2019), escavada é um tipo de estaca normalmente recorrente no Brasil como solução no meio geotécnico para solos coesos, ou seja, solos com resistência ao cisalhamento e prioritariamente o comprimento final da estaca tem que estar acima do lençol freático (nível d'água) para que sua perfuração

se mantenha estável, sem risco de material desagregar ou estreitar seu diâmetro. Estudos de Branco (2006) apontam uma boa eficiência, produtividade, pouco ruído e vibração ao executá-la.

Teixeira (1993) discorre que na geotecnia tem-se ainda pouco conhecimento de métodos de previsão para estacas escavadas, pois esse novo tipo de fundação era novidade no ramo da engenharia e os ensinamentos predominantes para este tipo são aquelas com base empírica ou semiempírica.

Milititsky *et al* (2015) pontua problemas acerca das fundações, pois seu estudo está relacionado desde o comportamento do solo aos pós construção da fundação. Em seu livro, ele conclui que o desfecho positivo ou negativo da estrutura depende de vários aspectos, alguns às vezes imperceptíveis, pois em canteiros de obra, várias atividades são realizadas por profissionais de formação acadêmica distinta. Em seu desenlace, nem todas as informações acerca da execução são repassadas ao responsável técnico, deixando mudanças e acontecimentos acerca do local e observações pertinentes ao comportamento dos elementos que podem acarretar interferências não calculada em projeto e irreversíveis para sua construção.

Este artigo tem como objetivo explicar as causas e consequências do comprometimento de uma estaca escavada pelo seu método exequível, através de cálculos semiempíricos, e explicar a suma importância de ensaios *in loco* durante fase de execução.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A geotecnia é a investigação, interpretação e uso dos conhecimentos da engenharia para com o solo e rochas. O estudo instiga a resolução de problemas acerca da variabilidade constante da crosta terrestre, pois o solo é uma variável mandatória na escolha da solução, instiga a aplicação de métodos científicos e dimensiona suas obras em prol da segurança na execução de obras. Teixeira *et al* (2012) evidencia e expõe metodologias que podem precaver as incertezas dos projetos geotécnicos, avaliando testes para melhor aproveitamento dos coeficientes de segurança na fase de projeto.

O projeto geotécnico consiste em diversas etapas, a ABNT (1983) dispõe de exigências para criação do mesmo, esta norma abrange conhecimentos preliminares

e executivos para a engenharia geotécnica. Os responsáveis por ela subdividem os projetos em fases para desenvolvimento, o primeiro é a fase de projeto, o qual procura definir a fundação de acordo com as características do solo e viabilidade da construção; fase de projeto básico (etapa de cálculos estruturais e memoriais descritivos) e fase de projeto executivo (revisões e detalhamento para elaborar instruções de execução com clareza).

A ABNT (2020a) informa sobre o procedimento para a sondagem de simples reconhecimento que atua como um intermediador de informações da obra com o engenheiro calculista que irá projetar através dos dados desses testes feitos em campo, informando acerca da posição do nível de água, resistência a penetração do solo e tipos de solos presentes.

Após estudos de viabilidade do solo, os geotécnicos decidem o tipo de fundação adotado para a obra e suas exigências em fase de projeto. As fundações profundas, segundo a ABNT (2019) são classificadas a partir as estacas em deslocamento e substituição. A maior diferença é a promoção de retirada de solo para executar a estaca (substituição), caso não tenha a previsão de deslocar a superfície de interação será a de deslocamento. Elas têm a vantagem de transmitir cargas da estrutura por meio do atrito lateral e sua ponta, ou seja, o corpo e a base da estaca atuam para transmitir esforços que serão decompostas em parcelas nas camadas mais estáveis para evitar maiores recalques e esforços de tombamento.

Militisky *et al* (2015) é centrada em apontamentos de patologias acerca das fundações, como também observa a importância de ensaios durante execução das fundações para uma análise de desempenho mais confiável e com exatidão para sanar dúvidas do seu futuro comportamento, seja erro de projeto ou de execução como autores acima descrevem.

Amann (2010) discorre sobre a determinação de valores teóricos para expressar a realidade de uma estrutura, ele observa que estes métodos podem ser teóricos, empíricos ou semiempíricos, porém, atualmente os estudiosos da área preferem a metodologia semiempírica que une a teoria de fundações com ensaios de campo como as sondagens, por exemplo. Souza (2015) afirma em sua tese que não se tem muitas informações acerca de cálculos para determinação das cargas máximas de estacas escavadas, por ser recente e ter poucas pesquisas entorno deste novo método.

Souza (2015) e a análise de Dantas (2018) segue o mesmo pensamento, afirmando que no Brasil, os métodos semiempíricos são mais costumeiros para cálculo da capacidade de carga do sistema. Para este cálculo, são necessários informações pertinentes ao solo (dados da sondagem SPT) para ter-se fundamentos no desenvolvimento dos projetos.

Segundo a ABNT (2019), os resultados competentes para um bom funcionamento das fundações é quando a carga de ensaio atingida seja a carga de trabalho atuante multiplicada pelo fator de segurança do projeto em um período de tempo. Assim a curva carga x recalque projetada será admissível com o executado.

Souza (2015) discorre sobre os fatores externos que podem ocasionar ruptura, mesmo que os cálculos prezem uma máxima segurança.

Estacas escavadas são estacas de substituição realizadas *in loco*, por meio da perfuração e concretagem de um furo executado por trado espiral, são realizadas em locais onde o subsolo tenha características tais que o furo se mantenha intacto sem necessidade de revestimento ou de fluido estabilizante. A ABNT (2019) deixa claro a limitação do uso deste, à ausência de água durante todo o processo executivo. A Figura 1 demonstra as características recomendadas do solo, percebe-se a não existência de água nas camadas do furo, boa resistência e estabilidade sem utilização de revestimento em suas paredes, o que é recomendável pela ABNT (2019).

Figura 1 - Concretagem de uma estaca escavada.



Fonte: Rolim Neto (2021)

Velloso e Lopes (2010), destaca que uma vez realizada a perfuração no comprimento prescrito no projeto, faz-se a limpeza da cota final da escavação para

remover o material que desagrega durante esta etapa para logo após começar a concretagem, ele recomenda ter o auxílio de um funil para não desunir o solo das paredes da estaca.

Conforme estudos de Sliwinski (1979), o valor da resistência de ponta de uma estaca escavada resultará na capacidade de carga da profundidade em que está finalizada, caso a execução não modificar as informações prévias da camada, ou seja, se não tiver material solto no fundo da escavação, e não haver perda de propriedades químicas do concreto. Para enfim, ser garantido fielmente a idealização da ponta do constituinte.

Neste contexto, Teixeira (1993), estuda sobre a capacidade última de uma estaca escavada e aponta sobre alguns efeitos que acarretam em influências negativas acerca do comportamento na carga admissível, analisou por exemplo, que a absorção de água no solo pode intervir em seus resultados, ou seja, a infiltração do solo produz uma perda da resistência da carga. Este problema foi identificado por provas de cargas executadas para efeito de segurança. Branco (2006) também relata em sua tese, pontas modificadas de estacas escavadas que reduzem significativamente a resistência do atrito do elemento final, levando em consideração a saturação do solo em que foi feita, importunações da execução, material solto no fundo da estaca são exemplos para perda da resistência ideal pelo projeto.

O ideal pela ABNT (2019) é que, ao perfurar o solo, seja feita a concretagem no mesmo dia, ou seja, no canteiro precisa de uma mobilização para o caminhão betoneira, caminhão bomba, a perfuratriz e uma retroescavadeira para conseguir tal etapa. A logística da obra normalmente é analisada antecipadamente para visar o mínimo de custo para as construtoras na etapa de fundações, utilizando o máximo dos equipamentos durante aluguel das máquinas. Silva (2014) aborda, em sua tese, os efeitos de uma ponta modificada em uma estaca escavada, em seus estudos, o autor observa a prática costumeira de concentrar várias perfurações para conseguir aproveitar e executar a concretagem em um dia.

De acordo com Silva (2014), pela estaca ser uma escavação sem fluido estabilizante, pode ocorrer uma desunião de solo na parede do entorno deste elemento. Ao passar do tempo em aberto pode facilitar a entrada de material e o processo de perfuração impede a limpeza total do fundo ao retirar o trado helicoidal,

uma vez que estes problemas podem acarretar à perda da capacidade de carga lateral.

Em estudo detalhado, Branco (2006) classifica influências na execução quando há queda e deposição de material na base da perfuração, e a variação da precipitação pluviométrica que pode inundar o solo e a escavação.

Militisky *et al* (2015) descreve os principais problemas acerca das estacas escavadas: Concretagem descontinuada, espaçadores para cobrimento incorretos, desabamento parcial da lateral da escavação, entre outros, em sua tese aponta sobre o descaso de compartilhamento acerca de patologias, o que dificulta muitas vezes informações estatísticas de seus episódios e possíveis soluções para compartilhamento na comunidade científica.

Em posse dos resultados obtidos na fase de projeto, segundo a ABNT (1983), concomitantemente a execução recomenda-se averiguar o funcionamento da estrutura em interação ao terreno comportado. Estas investigações trazem no mínimo os dados para verificar os recalques e deslocamentos para obra. No mesmo ideal para prevenção de uma interferência danosa as fundações que não foram previstas em teoria, Falconi (1998) e a ABNT (2019) apontam ensaios que podem ser feitos durante a fase de execução, como a Prova de Carga Estática (PCE) para prever informações acerca dos deslocamentos limites de projetos mediante a aplicação de cargas nos elementos em contato com o solo em um período de tempo.

METODOLOGIA

CAPACIDADE DE CARGA GEOTÉCNICA

Os métodos aplicados a este trabalho serão os métodos semiempíricos, conhecidos para estimar os cálculos de uma fundação, principalmente a capacidade de carga do elemento em contato direto com o solo (estacas). O semiempírico desenvolve formulações teóricas em conjunto com ensaios averiguados no local que deseja ser estudado. Normalmente utilizado dados do CPT (Ensaio de penetração do cone) ou SPT (Teste de sondagem a percussão), estes testes consistem na cravação de uma ponteira em uma certa velocidade que permite medir a resistência da ponta e do atrito lateral.

O conceito de capacidade de carga da estaca refere-se principalmente a característica da interação solo-estrutura. Esta depende do solo que está apoiada a fundação (processo teórico), profundidade e dimensões da fundação para cálculo da capacidade da estaca e, assim conferir segurança, obedecendo às exigências máximas de deformações para a estrutura.

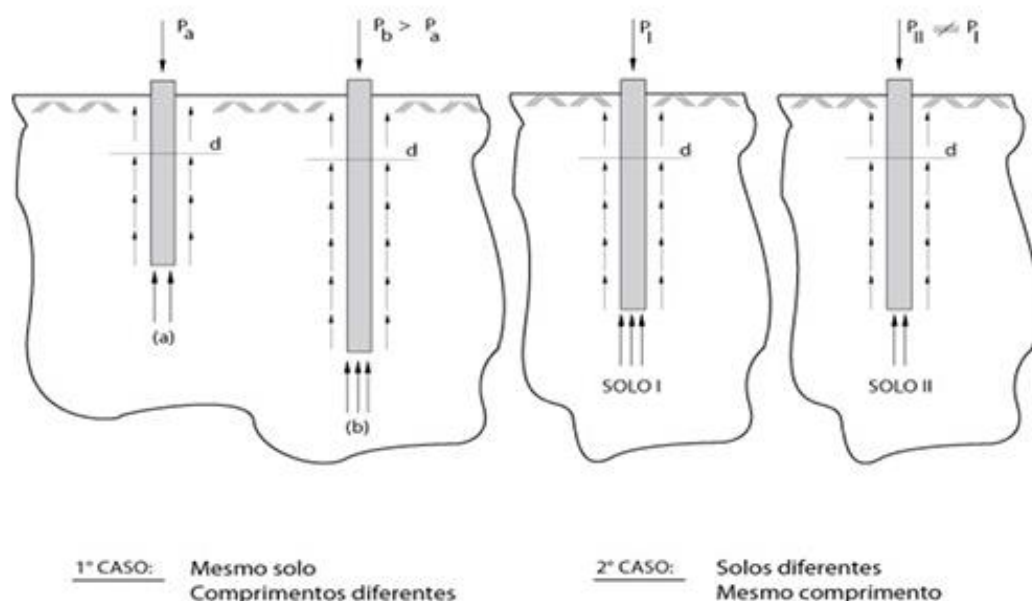
Amann (2010) discorre sobre a projeção de uma fundação, onde é importante verificar se a carga admissível do elemento estrutural suporta os recalques que será proposto na condição de trabalho, bem como, é necessário permitir a adequação da proximidade da capacidade de carga estrutural com a capacidade de carga geotécnica (estado de limite último).

Caso ocorra perda do equilíbrio estático da fundação ou deslocamento superior ao permitido, esta carga-limite é conhecida como cargas de ruptura que pode provocar e comprometer o desempenho dos elementos estruturais, normalmente definidas pela interpretação da curva carga-recalque.

Em estudos de Marangon (2018) aponta que a situação mais susceptível a problemas é a resistência do solo, pois em uma determinada situação tendo o caso de uma estaca em comparação com outra, calculado para suportar a mesma carga vinda do elemento acima contendo o mesmo solo porém com comprimentos diferentes, é observado resultados para capacidade de carga distinta; e caso compare a mesma fundação (igualmente o tipo de estaca e comprimento) todavia em solos diferentes, haverá discrepância e terá um impacto significativo na resistência de sua capacidade.

Estudos de Aoki Velloso (1975) indicam uma separação da resistência em lateral e ponta da estaca, como indicado pelas setas da Figura 2. A resistência lateral nada mais é que as cargas que vem da estrutura serão propagadas ao longo da área em contato com o solo e a resistência de ponta será a carga difundida pela base da estaca.

Figura 2: Comportamento de estacas em dois casos, conforme Marangon, 2018.



Fonte: Marangon (2018)

Observando estes aspectos, Velloso e Lopes (2010) destacam a formulação da Equação 1:

$$Q_{ult} + W = Q_{p,ult} + Q_{l,ult} \quad (1)$$

Onde Q_{ult} significa a capacidade de carga referente à estaca

W = peso próprio da estaca

$Q_{p,ult}$ = Capacidade de carga da ponta/resistência da ponta

$Q_{l,ult}$ = Capacidade de carga do fuste/atrito lateral médio

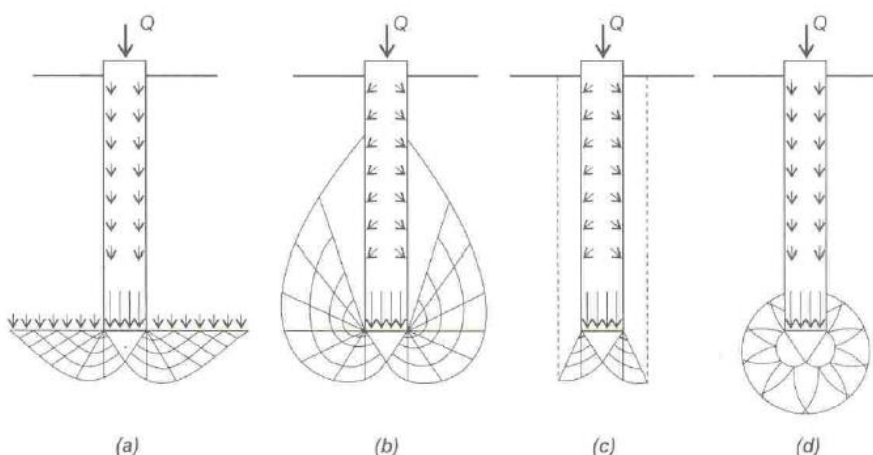
Reformulando e isolando a capacidade de carga última, tem-se a Equação 2:

$$Q_{ult} = Q_{p,ult} + Q_{l,ult} - W \quad (2)$$

Os autores Velloso e Lopes (2010) evidenciam em que na maioria dos casos os projetistas desprezam o valor do peso próprio da estaca.

A Figura 3 demonstra estacas frente ao comportamento das forças atuantes da estrutura e como são expressas em contato com o solo, importante citar que existem uma complexa gama de representação e Vesic (1965) observa sobre alguns autores e sua abordagem em relação a função da superfície. Portanto, se ocorrer uma ruptura do solo abaixo da base da estaca, consequentemente ocorrerá deslocamento do solo para toda uma área ao redor do elemento, conforme o (b) e (c), enquanto o (a) e (d) são situações onde o solo próximo é mais compressível assim sendo, as tensões cisalhantes tornaram-se nulas ao longo do seu comprimento.

Figura 3: Representação da ruptura em estacas



- a) Modelo de Terzaghi, Buisman
- b) De Beer, Jaky
- c) Vésic, Berezantsev
- d) Bishop, Hill

Fonte: Vesic (1965) *apud* Velloso (2010)

A analogia de Amann (2010) comenta que os casos (a) e (c) da Figura 3, podem ser correlacionados aos métodos que expressam o valor de um SPT na ponta da estaca, enquanto o (d) expressa casos em que são utilizados três SPTs em volta da ponta, o caso (b) tem-se um embutimento da ponta em torno de 3 vezes o diâmetro e na lateral do material, 8 vezes o diâmetro.

Existem inúmeras formulações criadas para avaliar o atrito lateral (chamados de acordo com autor de $Q_{l,ult}$ ou P_{su}) e a resistência de ponta ($Q_{p,ult}$ ou P_{bu}), pois são baseadas em opiniões distintas para avaliar e quantificar os reais valores destes atritos.

Observações pertinentes ao assunto: Se os resultados de $Q_{p,ult} > Q_{l,ult}$ diz-se, então que a estaca trabalha pela ponta, se for o inverso, a estaca trabalhará mais por atrito ($Q_{l,ult} > Q_{p,ult}$).

Aoki-Velloso (1975)

Proposto para cálculos de fundações pertinentes a estacas, este método fora apresentado durante o 5º Congresso Panamericano de Mecânica dos solos e Engenharia de Fundações em Buenos Aires, propõe a correlação entre os resultados de CPT (penetração estática) e SPT (dinâmico). Estes autores partiram da premissa de correlacionar o valor N obtido nos testes de penetração para saber resistência do solo, seguinte na Equação 3:

$$Q_{p,ult} = K \times N \quad (3)$$

$Q_{p,ult}$ = Resistência unitária de ponta

N = Valor da resistência a penetração

K = Constante correlacionadas para os solos brasileiros

Utilizam de dados oferecidos de Costa Nunes e Velloso (1969) para obtenção do K, uma unidade constante comparada ao tipo de solo que está sendo proposto a fundação que está proposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Ofertados valores de K para fórmulas Semiempíricas

Tipo de solo	K
Argilas, argilas siltosas e siltes argilosos	2,0
Argilas arenosas e siltes arenosos	3,5
Siltes arenosos	5,5
Areias argilosas	6,0
Areias	10,0

Fonte: Costa Nunes e Velloso (1969) *apud* Marangon (2018)

Após o conceito da fórmula acima, o autor implica em estabelecer que:

$$Q_{l,ult} = \alpha \times Q_{p,ult} \quad (4)$$

$Q_{l,ult}$ = Resistencia unitária por atrito lateral

α = Parâmetro do tipo de solo (Tabela 2)

R_p = Resistência da ponta

Tabela 2 –Parâmetro do solo

Tipo de solo	α (%)
Areias finas e médias	1,2 – 1,6
Areias siltosas	1,6 – 2,2
Siltes arenoso-argilosos	2,2 – 4,0
Argilas	> 4,0

Fonte: Costa Nunes e Velloso (1969) *apud* Marangon (2018)

Após estes dados obtidos pelas formulações acima, são permitidas uma estimativa destes parâmetros pelas seguintes expressões matemáticas:

$$Q_{p,ult'} = \frac{Q_{p,ult}}{F_1} = \frac{K \times N}{F_1} \quad (5)$$

$$Q_{l,ult'} = \frac{Q_{l,ult}}{F_2} = \frac{\alpha \times K \times N}{F_2} \quad (6)$$

Os valores de K, F1 e F2 foram constantemente avaliados por pesquisadores para acordar a diferença do comportamento da estaca real e modelo concluído por uma amostragem da sondagem ou cone (CPT).

Aoki e Velloso (1978) avaliaram conforme estudos os valores de F1 e F2 conforme Tabela 3, enquanto na Tabela 4 foram avaliações de Laprovitera (1988) para a Equação 5 e 6. A Tabela 5 encontra valores para o K e α das formulações anteriores.

Tabela 3 – Valores de acordo com Aoki e Velloso (1978)

Tipo de estaca	F1	F2
Franki	2,5	5,0 – 2,0
Metálica	1,75 – 1,7	3,5 – 3,0
Pré-moldada de concreto d < 60cm	1,75 – 1,9	3,5 – 1,4
Pré-moldada de concreto d > 60cm	2,5	1,4
Escava d < 60cm	3,0 – 6,1	6,0 – 5,2
Strauss	4,2	3,8

Fonte: Aoki e Velloso (1978) *apud* Marangon (2018)

Tabela 4 – Valores reavaliados em 1988 por Laprovitera.

Tipo de estaca	F1	F2
Franki	2,5	5,0 – 2,0
Metálica	1,75 – 1,7	3,5 – 3,0
Pré-moldada de concreto d < 60cm	1,75 – 1,9	3,5 – 1,4
Pré-moldada de concreto d > 60cm	2,5	1,4
Escava d < 60cm	3,0 – 6,1	6,0 – 5,2
Strauss	4,2	3,8

Fonte: Laprovitera (1988) *apud* Marangon (2018)

Tabela 5 – Valores reavaliados de K e α por Laprovitera (1988)

Tipo de solo	K(KGF/CM ²)	α (%)
Areia	10,0 – 6,0	1,4
Areia siltosa	10,0 – 6,0	2,0 – 1,9
Areia silto argilosa	10,0 – 6,0	2,4
Areia argilosa	10,0 – 6,0	3,0
Areias argilo-siltosa	10,0 – 6,0	2,8
Silte	10,0 – 6,0	3,0
Silte arenoso	10,0 – 6,0	2,2 – 3,0

Silte areno-argiloso	10,0 – 6,0	2,2 – 3,0
Silte argiloso	10,0 – 6,0	3,4
Silte argilo—arenoso	10,0 – 6,0	3,0
Argila	10,0 – 6,0	6,0
Argila arenosa	10,0 – 6,0	2,4 – 4,0
Argila areno-siltosa	10,0 – 6,0	2,8 – 4,5
Argila siltosa	10,0 – 6,0	4,0 – 5,5
Argila silto-arenosa	10,0 – 6,0	3,0 – 5,0

Fonte: Laprovitera (1988) *apud* Marangon (2018)

A partir da obtenção dos valores das formulações acima, para questão de dimensionamento, o valor final da capacidade de carga na ruptura será multiplicado por suas áreas correspondentes:

$$Q_{p,ult} = A_{base} \times q_u \quad (7)$$

$$Q_{l,ult} = A_{fuste} \times f_u \quad (8)$$

Recomenda-se pela ABNT (2019) que a profundidade de assentamento da ponta da estaca esteja a duas vezes a carga admissível da estaca, ou seja para priorizar a segurança, em cálculos, a ruptura só acontecerá se a estaca obter duas vezes a carga que foi dimensionada para suportar.

Ou seja:

$$Q_{adm} = \frac{Q_{ult}}{2} \quad (9)$$

Décourt-Quaresma (1978/1996)

O método estático dos engenheiros Luciano Décourt e Arthur Quaresma determina estimativas de cálculos para determinar a carga admissível de estacas a partir dos valores e características presentes no solo obtido no ensaio SPT.

Para estimativa da resistência unitária de ponta, é utilizado a Equação:

$$Q_{p,ult} = C \times N \quad (10)$$

N é o valor médio da resistência que terá a ponta, o anterior e seu sucessor.

C é um coeficiente retirado da Tabela 6.

Tabela 6: O valor de “C”

	Sem lama betonítica (1978)	Com lama betonítica (1996)
Tipo de solo	C (t/m ²)	C (t/m ²)
Argilas	12	10
Siltes	20	12
argilosos		
Siltes	25	14
arenosos		
Areias	40	20

Fonte: Adaptado de Decourt-Quaresma (1978/1996) *apud* Marangon (2018)

Marangon (2018) observa que Decourt-Quaresma (1978), apesar de estudarem sobre as estacas pré-moldadas de concreto, admite-se que também seja apropriado para as estacas Franki, Estrauss e estacas escavadas.

Decourt-Quaresma (1996) determina valores de majoração e minoração para cálculo da resistência de ponta e lateral de uma estaca.

$$Q_{p,ult} = \alpha \times q_p \times A_p + \beta \times q_s \times A_s \quad (101)$$

Ou ainda, os autores propõem:

$$Q_{p,ult} = \alpha \times K \times N \times A_p + 10 \times \beta \times [(N_{spt} s/3 + 1) \times A_s] \quad (12)$$

N é o valor médio da resistência que terá a ponta, o anterior e seu sucessor.

N_{spt s} é o N_{spt} ao longo do fuste da estaca.

Para os coeficientes de α e β tem-se a Tabela 7.

Tabela 7: Coeficientes de α e β (Décourt-Quaresma)

Estaca	Cravada (estaca padrão)		Escavada (em geral)		Escavada (c/ betonita)		Hélice contínua		Raiz		Injetada (alta pressão)	
	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
Solo												
Argilas	1*	1*	0,85	0,8	0,85	0,9**	0,3**	1**	0,85**	1,5**	1**	3**
Solos***	1*	1*	0,6	0,65	0,6	0,75**	0,3**	1**	0,6**	1,5**	1**	3**
areias	1*	1*	0,5	0,5	0,5	0,6**	0,3**	1**	0,5**	1,5**	1**	3**

*Valores para o qual a correlação inicial foi desenvolvida

**Valores apenas indicativos diante do reduzido número de dados disponíveis

***Solos intermediários

Fonte: Adaptado de Decourt-Quaresma (1978/1996) *apud* Marangon (2018)

Com estes valores, consegue-se dimensionar a fundação de acordo com o método semiempírico de Décourt-Quaresma.

TEIXEIRA (1996)

Para Teixeira o parâmetro de α para a resistência de ponta será conforme o tipo de solo que está sendo colocada sua base. Em seus estudos, ele utiliza das seguintes Tabelas 8 e 9 para desenvoltura de seu método:

Tabela 8: Parâmetro α conforme Teixeira (1996)

Parâmetro α (KPA)	
Solo (4 < spt < 40)	Escavada
Areia	270
Areia siltosa	240
Areia siltoargilosa*	220
Areia argilosa	200
Areia argilossiltosa*	220

Silte*	110
Silte arenoso	160
Silte arenoargiloso*	135
Silte argiloso	110
Silte argiloarenoso*	135
Argila*	100
Argila arenosa	130
Argila arenossiltosa*	115
Argila siltosa	100
Argila siltoarenosa*	115

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)

* Valores adaptados linearmente para preencher os dados não existentes na tabela original.

O autor particulariza o parâmetro para cálculo da resistência lateral conforme Tabela 9:

Tabela 9: Parâmetro α conforme Teixeira (1996)

PARÂMETRO β (KPA)	
Tipo de estaca	β (kPa)
Vibrada concreto **	4
Centrifugada concreto**	4
Madeira **	4
Metálica	4
Strauss **	4
Escavada	4
Estação **	4
Apilada **	5
Franki	5
Raiz	6
Hélice contínua **	4

Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)

** Valores adaptados de acordo com o tipo de estaca para completar os valores não disponíveis na tabela original.

Detalhamento da obra

O objeto de estudo é uma obra situada no centro de João Pessoa – Paraíba, conforme demonstra na Figura 4.

Figura 4: Mapa territorial de João Pessoa.



Fonte: Adaptado de IBGE (2021)

Rolim Neto (2018) discorre acerca da geomorfologia do município de João Pessoa, alegando a presença dos Baixos Planaltos Costeiros e as Planícies Fluviais e Marinhas. Os Baixos Planaltos Costeiros estão firmes sobre os sedimentos instáveis da Formação Barreiras. Este artigo foca na Formação Barreiras, onde há rochas sedimentares areno-argilosos.

A obra, objeto de estudo, tem como solução de engenharia estacas escavadas sem fluido estabilizante. Foram realizados dois furos de sondagem no local de execução do edifício, em primeira análise foi observado a não presença de lençóis freático, a semelhança dos testes foi nos 5 primeiros metros de camadas de solo aparece silte argiloso nos dois ensaios. Tem-se uma pequena diferença nas duas comparações, além da distinção do limite da sondagem, na sondagem SP-03 (Anexo 2) nos 5,5 metros a 7 metros observa a presença de argila siltosa e presença de areia siltosa após os 10 primeiros metros, enquanto no ensaio SP-11 (Anexo 1 e 3) tem silte argiloso até 7,5m e após os 8 metros de profundidade aparece areia siltosa, um bom condicionante para a escolha deste tipo de estaca.

A Tabela 10 mostra de forma resumida as estacas objeto do estudo e suas devidas configurações que foram ensaiadas. Nos Anexos 1, 2 e 3 estão as respectivas sondagens.

Têm-se três elementos de estacas estudados, a estaca de número 24 do pilar 9, onde a cota da base foi definida em 11 metros de profundidade, estaca de número 31 do pilar 9 que tem 9 metros de comprimento e a estaca de número 80 do pilar 44, com 11 metros de extensão de concreto.

As informações passadas do projetista estão presentes na Tabela 10. Para a execução do estudo deste artigo foram retirados a base de dados dos relatórios de prova de carga estática.

Tabela 10: Dados de projeto das estacas.

Estaca	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)	Sondagem
E24P9	400	11,0	SP-03
E31P9	400	9,0	SP-03
E80P44	600	11,0	SP-11

Fonte: Relatório Técnico dos PCE'S

Como dito anteriormente, com os resultados calculados a partir de diversos métodos, a ABNT (1983), Falconi (1998) e a ANBT (2019), entre outros autores, recomenda utilizar ensaios que possam prever o sistema interação solo-estrutura, como exemplo adotado nesta obra, ensaios de Prova de Carga Estática (PCE), em simultâneo a etapa de fundações. Assim sendo, estes testes podem ser averiguados a continuidade ou deslocamento da estrutura abaixo do solo.

A cargo de especificações para o ensaio local foram adotadas as exigências mínimas de cargas conforme repassado pelo projetista para contribuição das informações, a seguir na Tabela 11.

Tabela 11: Dados para execução do PCE

Estaca	Carga de trabalho (tf)	Carga de ensaio (tf)	Sondagem
E24P9	52,0	104,0	SP-11
E31P9	32,0	64,0	SP-03
E80P44	90,0	180,0	SP-11

Fonte: Relatório Técnico dos PCE'S

Como dito neste presente trabalho (tópico 3.1), a carga de trabalho é a carga geotécnica que foi especificada para o elemento de transição condicionar uma tensão que será admissível para o solo estudado e a carga de ensaio é a carga máxima que será exigida para a estaca em questão, normalmente utilizado o fator de segurança igual a 2 para fundações, por isso esta carga será o dobro da carga admissível pedido.

Prova de carga estática

A carga de ruptura é estimada para avaliar a curva carga-recalque interpretada normalmente através de ensaios em campo, como a prova de carga estática (PCE).

Segundo Teixeira (1993) o recalque pode ser analisado e formulado através de dados como:

- a) Compressão elástica da estaca em estudo
- b) Compressão do solo em situação plástica
- c) Deformação irreversível do solo em relação a descarregamento

Em teoria, a Norma técnica referente aos ensaios para execução e instrumentação de provas de cargas é a atual ABNT (2020b). O PCE é um sistema de reação sendo por plataforma cargueira, projetada visando a segurança e cujo seu peso total consiga ultrapassar a carga máxima prevista em projeto em no mínimo 20%, normalmente tem-se tirantes ancorados nas estacas para constituir os elementos de tração e estas plataformas serem elementos para compressão.

A Figura 5 demonstra a montagem da prova de carga do E31P9 onde tem um bloco de coroamento no eixo de uma estaca e mais acima um conjunto de vigas metálicas ancoradas em barras de tirantes que advém de outras estacas ao redor.

Figura 5: Montagem do ensaio da estaca 31 do Pilar 9.



Fonte: CONCRESOLO, RT PCE 005.20-00, 2020.

Seguindo a Norma, o ensaio de PCE do tipo lenta é realizado em estágios iguais e sucessivos, existem no local deflectômetros que medem os deslocamentos verticais do topo da estaca. A observação existente nestes ensaios é que a carga de cada estágio deve ser estagnada dentro do limite de +/-25% do valor acrescentado de carga. Cada estágio tem o tempo mínimo de 60 minutos e em caso de não estabilizar, o tempo máximo é de 120 minutos.

O estágio referido no texto é um período de tempo, normalmente 5, 10, 15 e 30 minutos, para que haja leitura dos deslocamentos verticais dos 4 deflectômetros em uma carga aplicada com o macaco hidráulico.

O cálculo para a estabilização dos deslocamentos é atendido quando:

$$\frac{Dl - Dla}{Dl - Dea} \leq 0,05 \quad (13)$$

Dl= Deslocamento médio da leitura atual (mm)

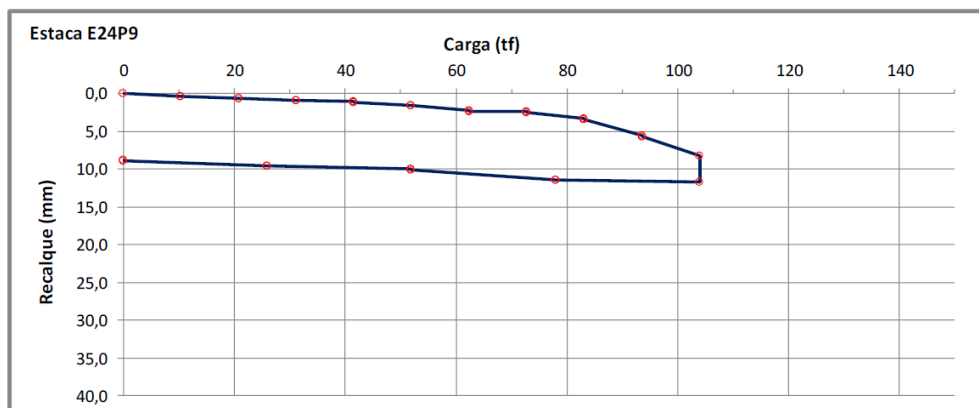
Dl= Deslocamento médio da leitura anterior (mm)

Dl= Deslocamento médio final do estágio anterior (mm)

Para compreender estes ensaios normalmente fazem relatórios contendo todas as informações de projeto de cargas e os registros de todas as leituras da execução, além da curva carga X recalque e tempo X deslocamento.

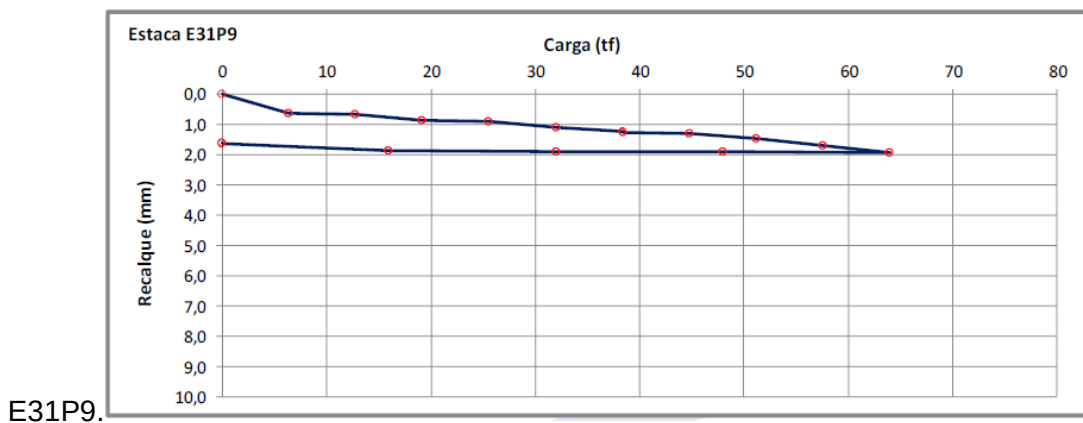
Esta determinada obra tem-se os seguintes dados apresenta na Figura 6, 7 e 8 da curva carga X recalque das provas de cargas.

Figura 6: Curva carga X recalque do E24P9.



Fonte: CONCRESOLO, RT PCE 003.20-00, 2020.

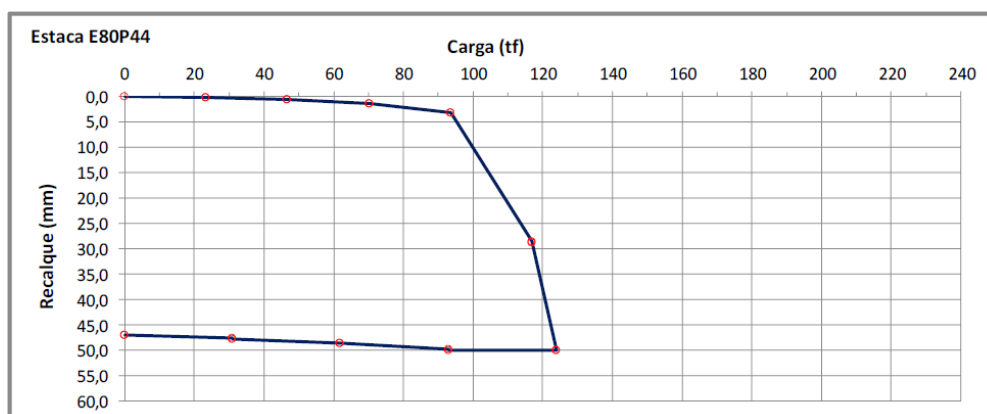
Figura 7: Curva carga X recalque do



E31P9.

Fonte: CONCRESOLO, RT PCE 005.20-00, 2020.

Figura 8: Curva carga X recalque do E80P44.



Fonte: CONCRESOLO, RT PCE 004.20-01, 2020.

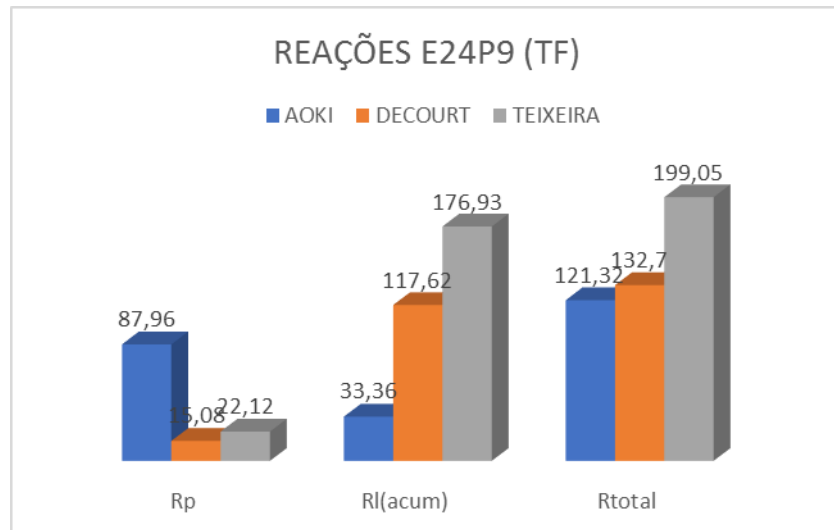
RESULTADO E DISCUSSÃO

Tendo como base as formulações semiempíricas estudadas neste relatório das Equações existentes sobre fundações profundas dos meios de encontrar a capacidade de cargas resultante da soma da carga lateral mais a carga de ponta (Equação II), é possível haver comparações dos resultados de acordo com os métodos escolhidos por Aoki-Velloso (1975), Decourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996), além de haver uma análise acerca dos valores adotados pelo projetista da fundação, cabendo uma averiguação se ocorreu um subdimensionamento das soluções prestadas por este.

A Figura 6 e 7 demonstram um gráfico proporcional e satisfatório ao recalque admissível conferido pela carga referente a um determinado espaço de tempo pelo ensaio de prova de carga estática. Já a Figura 8, nota-se uma inconformidade referente a carga mínima de ensaio exigida no ensaio, onde o ensaio precisava chegar a uma carga de ensaio de 180tf.

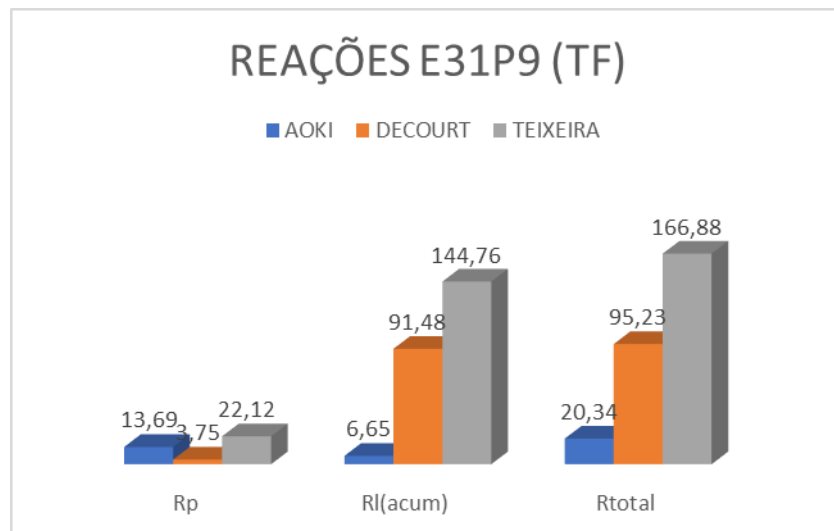
As Figuras (9, 10 e 11) demonstram as tensões referentes ao cálculo das formulações para resultado da capacidade de carga.

Figura 9: Capacidade de carga de ponta, lateral e total da estaca E24P9.



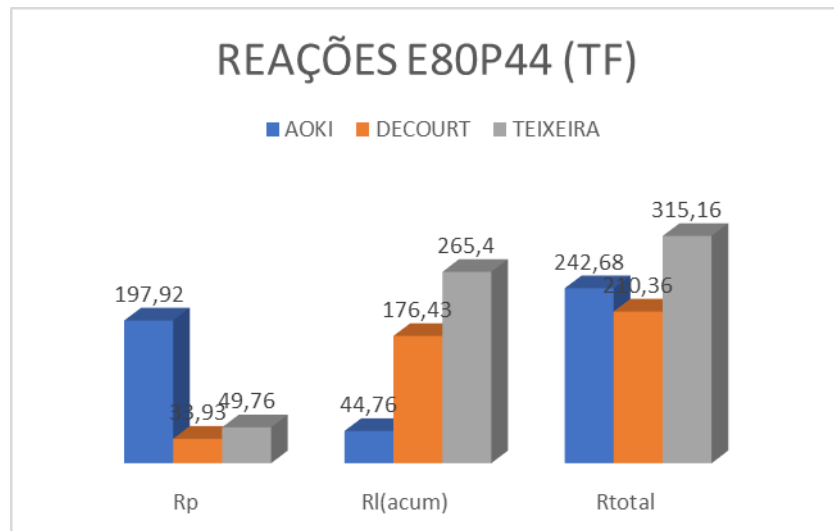
Fonte: Arquivo, 2021.

Figura 10: Capacidade de carga de ponta, lateral e total da estaca E31P9.



Fonte: Arquivo, 2021.

Figura 11: Capacidade de carga de ponta, lateral e total da estaca E80P44.



Fonte: Arquivo, 2021.

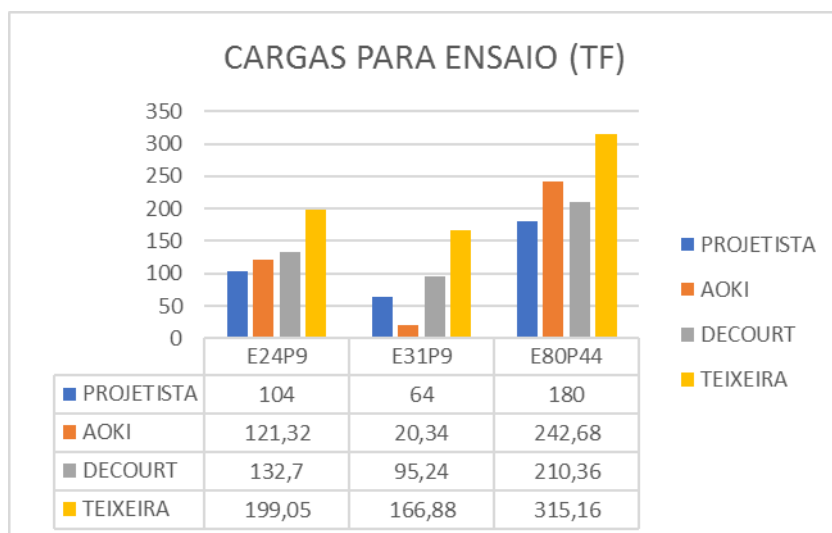
Para obtenção de valores da carga admissível da estaca é preciso primeiramente calcular a capacidade de ponta mais a soma da capacidade lateral, conforme cálculos das fórmulas anteriores de cada metodologia, assim sendo, cada estaca e de acordo com os estudiosos terão seus resultados.

A Figura 9 retrata a estaca E24, onde observa valores diferentes de acordo com o estudo de cada autor e com ênfase na menor carga de resistência total da estaca. A Figura 10 retrata a estaca E31 e Figura 11 retrata a estaca E80 do pilar 44, para logo mais comparar-se os resultados semiempíricos com a carga proposta no ensaio de prova de carga.

Após estes cálculos da carga do fuste e ponta com as fórmulas demonstradas, consegue-se dimensionar a carga máxima de ruptura das estacas e compreender os dados do relatório de provas de carga onde há as cargas referentes de projeto.

A Figura 12 demonstra os resultados de cálculos pela soma da capacidade da base (Rp) e lateral (RL) e os valores do Rtotal das Figuras 9, 10 e 11 das estacas, como também, dados do relatório da prova de carga estática onde tem os valores de ensaio de projeção do projetista. Para efeito de comparação, foi feito esta análise figurativa para poder ser observado.

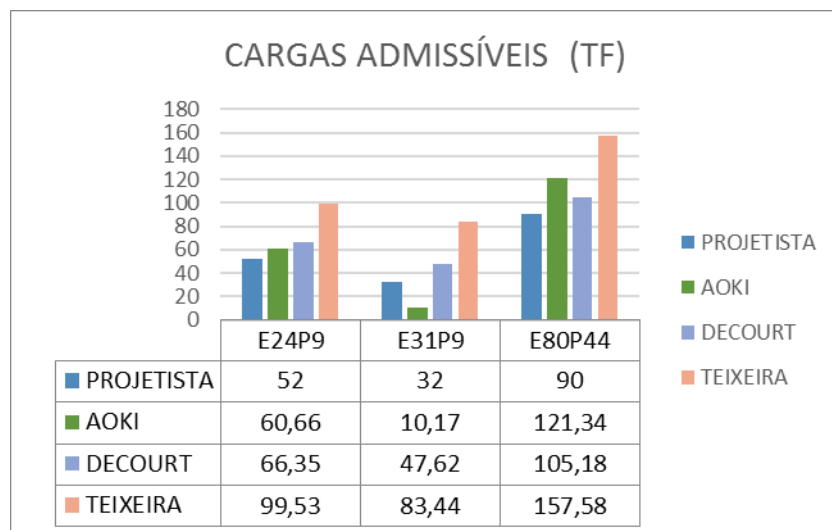
Figura 12: Cargas de ruptura dos métodos propostos.



Fonte: Arquivo, 2021.

Assim sendo, a Figura 12 mostra que na primeira estaca, a menor carga de ruptura é a do engenheiro responsável, já na segunda estaca a menor será do método de Aoki-Velloso e a terceira será a de Decourt-Quaresma, estas mudanças são correlacionadas aos critérios e análises modificadas por cada autor. A fim de ter-se o valor dimensionado admissível de projeto, divide-se a carga de reação (Figura 11) por dois (dois é o valor do fator de segurança admitido pela ABNT (2019)), Equação 9, conforme Figura 13.

Figura 13: Cargas admissíveis dos métodos propostos.



Fonte: Arquivo, 2021.

Em termo de comparação, os estudos semiempíricos com a capacidade das estacas adotadas pelo projetista, somando-se as cargas admissíveis referentes a Aoki, Decourt e Teixeira para cada estaca e fazendo uma média, Tabela 12, pode-se perceber que as estacas não foram excedidas em tensões na carga de trabalho, ficando claro que quando ensaiadas todas as três poderiam chegar ao dobro da carga proposta para estas estacas, sem deslocamento ou recalque exacerbado.

Tabela 12: Média das Q_{adm} dos 3 métodos para as estacas estudadas.

	E24P9	E31P9	E80P44
MÉDIA	56,635TF	35,308TF	96,025TF

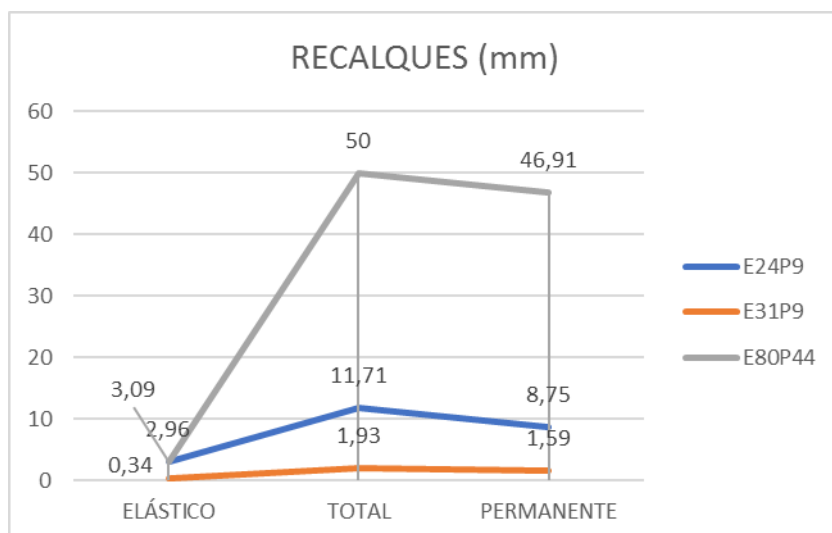
Fonte: Arquivo, 2021.

Percebe-se que, ao analisar a Figura 13, onde há os valores relacionados ao projeto, escolhida como carga admissível desta fundação estudada pelo projetista e a Tabela 12 com as médias das cargas propostas pelas três metodologias de estudos na geotecnia, a carga que o engenheiro calculista da obra utilizou será menor que as cargas admitidas pelos métodos semiempíricos e ainda menor que a média de três estudos para fundações profundas, intervindo-se uma solução eficaz para evitar problemas acerca de um dimensionamento fatídico da estrutura.

Porém, a principal causa do estudo é a investigação de projeto. Concluído que não houve interferência negativa em sua resolução, é importante o estudo dos resultados dos ensaios de PCE'S nos elementos geotécnicos para procurar a causa do efeito exacerbado da curva carga x recalque do pilar 44.

Normalmente, ao estudar um gráfico de tensão e deformação é sugerido uma parte elástica (a deformação é insignificante para o corpo completo do elemento) e a parte permanente, onde há uma deformação suficiente para uma ameaça a estrutura, tendo em vista esta observação, foram retirados dados dos valores de recalque dos três relatórios, que serviu de base para este trabalho, para a criação do próximo elemento visual, Figura 14 onde indica por meio de linhas uma anomalia significativa na estaca E88P44.

Figura 14: Valores das deformações e recalque total.



Fonte: Arquivo, 2021.

Ou seja, a estaca 24 do pilar 9, correspondente há uma carga de trabalho de 52 Tonelada-força foi aplicada uma carga de 104TF e o recalque máximo foi de 11,71mm, assim dando após o descarregamento, a estaca tende a querer voltar ao seu estado inicial, o seu recalque cai para 8,75mm.

A estaca 31 do pilar 9 que corresponde há uma carga de trabalho de 32TF de acordo com o projetista da fundação, foi aplicado uma carga de ensaio de 64TF e seu recalque total foi de 1,93mm, em fase de descarregar o ensaio teste, ao final de 5 etapas, a estaca tem seu recalque estabilizado em 1,59 mm.

Já a estaca 80 do P9, indicado nas Figuras 8 e 14, mostram que a carga máxima atingida no teste foi de 124TF, pois seu recalque não foi estabilizado entre estágios conforme pede a Norma ABNT (2020b) e de acordo com a Equação 13, atingindo um recalque de 50mm. Ou seja, o objetivo da prova de carga era levar a estaca a uma carga de 180TF (carga admissível multiplicado com o fator de segurança previsto nas Normas de provas de cargas e de projetos geotécnicos) e assim o ensaio demonstrou um recalque maior que o permitido para desempenho e segurança da fundação.

Em vista desses detalhes, houve-se uma investigação e comunicação para com os engenheiros responsáveis pela execução, ao longo destas percepções foi concluído que enquanto execução da perfuração da estaca E80 do pilar 44, em um

período de tempo, aconteceu interferência pluviométrica enquanto o elemento estava com sua abertura realizada a perfuração com um período em aberto esperando concretagem. Este acontecimento influi na aderência das partículas do solo, oferecendo umidade em um solo que precisa ser coesivo, deixando a estaca trabalhar só por atrito lateral, perdendo sua ponta. Por isso, como dito anteriormente por autores como Branco (2006), Silva (2014), Militisky (2015) e a própria ABNT (2019) à estaca escavada deixa claro sua limitação de uso para que, em hipótese nenhuma, haja água durante todo o processo executivo, pois caso haja um movimento de massa (processo que envolve o desprendimento e transporte de solo) em direção a ponta da estaca, o valor da resistência da ponta da estaca será perdido.

É notório, portanto, a necessidade de compreender além de projetos, apesar de poucas informações nos livros bibliográficos acerca da estaca escavada, tecnologia recente, os livros identificam barreiras quanto a execução e que problemas como este fossem evitados, ficando claro, a importância da investigação em campo e comunicação oportuna para/com a execução para minimizar os possíveis problemas existentes durante esta fase que possa influenciar em cálculos não previstos durante fase de projeto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os estudos das cargas para as estacas é perceptível a coerência dos dados de projetos para com os dados da sondagem feita no local de aplicação. Ou seja, o tipo e dimensionamento da fundação está conforme o pedido na literatura semiempírica da geotecnia, o projeto dimensionado, na teoria não chega a recalques e tensões maiores que a correlação das metodologias estudadas.

Em vista disso, o artigo procura deixar claro que além da importância dos projetos teóricos, os riscos da execução podem comprometer todo o estudo de fundações caso não tenha o cuidado nesta fase de uma estaca escavada a seco, sem fluido estabilizante.

Este estudo provoca uma sensibilidade para entender o valor do encurtamento do tempo entre a perfuração e a concretagem, o qual, normalmente

não é instantâneo e sucessivo em canteiros de obras. Fica claro, portanto, que em um decorrido tempo em aberto, a perfuração, ocorreu desprendimento de material das paredes da perfuração, acúmulo de material solto no fundo da perfuração, migração da água em sua base. Assim sendo, os resultados da prova de carga evidenciaram que as características preliminares do solo foram alteradas e o comportamento da fundação foi reajustado negativamente com a redução da capacidade de carga e aumento do recalque admissível.

Por isto, para retirar incertezas de projetos, falhas construtivas ou informações perdidas da execução para os projetistas sobre observações que podem gerar interferências não correspondidas em cálculo, faz-se necessário a importância de verificar no local da obra como está funcionando os elementos executados em cada etapa. Neste estudo de caso, com os ensaios de provas de cargas, foi possível detectar um resultado discrepante e inaceitável, atestando a ineficiência do elemento de fundação, para assim solucionar com um reforço antes do término da obra.

Por fim, reconhecer o erro, interpretar os resultados e solucionar as interferências externas enquanto execução das fundações garantiu a qualidade e totalidade do empreendimento.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**. Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**. Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2020a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8044**. Projeto geotécnico: Procedimento. Rio de Janeiro, 1983.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16903**. Solo – Prova de carga estática em fundação profunda. Rio de Janeiro: ABNT 2020b.

AMANN, K. A. P. **Metodologia semiempírica unificada para a estimativa da capacidade de carga de estacas**. 2010. 430 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Geotecnia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

AOKI, N.; CINTRA, J. C. A. **Fundações por estacas: Projeto geotécnico**. Editora Oficina de texto, 96p, São Paulo, 2010.

AOKI, N.; VELLOSO, D. A. (1975). **An approximate method to estimate the bearing capacity of piles**. In: PAN AMERICAN CSMFE, 5. 1975, Buenos Aires. Proceeding... Buenos Aires, v. 1.

AOKI, N. **O dogma do fator de segurança**. In: Curso Probabilidade de Ruína na Engenharia de Fundações, 2009, São Carlos. Anais...São Carlos: 2009. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, 2009. p. 1-21.

BRANCO, C. J. M. C. **Provas de carga dinâmica em estacas escavadas de pequeno diâmetro com ponta modificada**. 2006. 186f. Tese (Doutorado em Engenharia-Área Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, 2006.

CONCRESOLO. **Relatório técnico de prova de carga estática 003.20-00**. João pessoa -PB maio de 2020.

CONCRESOLO. **Relatório técnico de prova de carga estática 004.20-01**. João pessoa -PB julho de 2020.

CONCRESOLO. **Relatório técnico de prova de carga estática 005.20-00**. João pessoa -PB Junho de 2020.

DANTAS, Pedro Daniel Uchôa. **Análise de provas de carga estática em estacas do tipo Hélice Contínuas na Região Metropolitana do Recife**. Recife, 2018.

DÉCOURT, L; QUARESMA, A. R. (1978). **Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT**. In: CBMSEF, 6., Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, v. 1.

DÉCOURT, L.; QUARESMA, A. R. **Análise e Projeto de Fundações Profundas**. Em Hachich, W., Falconi, F., Saes, J.L., Frota, R.C.Q., Carvalho, C.S., Niyama, S. Fundações: Teoria e Prática. 1a edição. São Paulo, PINI, 1996. p.275-276.

FALCONI, Frederico F., et al. **"Fundações: teoria e prática"**. Oficina de textos (2019).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA (IBGE). **João Pessoa: Área territorial 2020**. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/joao-pessoa.html>>. Acesso em: 07/11/2021.

LAPROVITERA, H. (1988). **Reavaliação de método semi-empírico de previsão da capacidade de carga de estacas a partir do Banco de Dados**. Dissertação (Mestrado) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

MARANGON, M. **Capacidade de carga de fundações profundas**. Unidade 06 – Geotecnia de fundações e Obras de Terra, 2018.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; Schnaid Fernando. **Patologia das fundações**. 2ª ed. Ver. e ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

ROLIM NETO, C. (2018). **Caracterização geotécnica e estudo da capacidade de carga de estaca escavada, instrumentada, submetida à compressão axial em solo de Formação Barreiras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, 210 p.

ROLIM NETO, Carlos. **Fundações profundas**. Apostila para aula de engenharia civil – Universidade de Educação Superior da Paraíba – Paraíba – PB, 2021.

SILVA, Anderson Antonio Gervásio da. **Avaliação do efeito da modificação da ponta na capacidade de carga de estacas escavadas tipo trado mecanizado**. 2014. xviii, 134 f., enc.: il.

SLINWINSKI, Z.J. (1979), **Conditions for effective end bearing of bored, cast in situ piles**. Recent Developments in the Design and Construction of Piles Ice, London, United Kingdom, p. 73-80.

SOUZA, Gabriel Sicchieri de. **Aplicação da Teproa da confiabilidade em estacas escavadas de grande diâmetro para obtenção das superfícies resistentes de projeto**. Guaratinguetá: [s.n], 2015. 85 f.: il. Bibliografia: f. 84-85.

TEIXEIRA, A. CORREIA, A. GOMES, *et al.* **Avaliação de coeficientes de segurança para dimensionamento de estacas de betão armado recorrendo a técnicas de fiabilidade**. Encontro Nacional Betão Estrutural – BE2012 FEUP, 2012.

TEIXEIRA, A. H. (1996). **Projeto e execução de fundações**. In: SEFE, 3., São Paulo. Anais... São Paulo, v. 1.

TEIXEIRA, C. Z., **Comportamento de estacas escavadas em solos colapsíveis**. 1993. Tese (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos 1993.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações: Critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas** – São Paulo, Oficina de Textos, 2010.

VESIC, A. S. **Ultimate loads and settlements of deep foundations in sand, Bearing Capacity and Settlement of Foundations**, Symposium held at Duke University Durham, North Carolina, 1965.

UMA ATUALIZAÇÃO DE BASES E CONCEITOS NA UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

AN UPDATE OF BASES AND CONCEPTS IN THE USE OF PREFABRICATED CONCRETE IN CIVIL CONSTRUCTION WORKS

Tiago Charles Santos de Luna¹
Williams da Silva Guimarães de Lima²

RESUMO

Apesar de representar importante parcela do Produto Interno Bruto (PIB) do país, o setor da construção civil tem sido considerado um ramo atrasado quando comparado a outros ramos industriais, pois apresenta, de maneira geral, baixa produtividade, desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade. Diante de tais constatações, mostra-se relevante a utilização de novas técnicas e mecanismos para diminuir esse atraso no ramo da construção civil, sendo uma delas o uso dos elementos pré-fabricados de concreto, tendo em vista que o seu emprego vem ganhando espaço, devido, sobretudo, à economia de materiais e otimização e eficiência em todo processo produtivo, já que não há desperdícios na execução e na montagem da estrutura dos elementos. Desta forma, o presente trabalho objetiva discorrer sobre este segmento que tem apresentado importante crescimento no Brasil, assim como os seus produtos, tais como: lajes, vigas, pilares, painéis, estacas, telhas, escadas etc., que podem ser aplicadas em vários tipos de construções, devido uma das suas principais características, que consiste na otimização e redução do tempo das construções. Nessa perspectiva, propõe-se realizar um levantamento na literatura a partir da análise da evolução dos pré-fabricados de concreto na construção civil, sua evolução e aplicação no Brasil, e a possibilidade de emprego de técnicas nas construções de unidades habitacionais de pequeno porte. Como resultado, identificar e discutir as principais vantagens e desvantagens do seu uso como uma importante forma de corroborar para a redução do déficit habitacional do país.

Palavras-chave: Construção Civil. Pré-Fabricados. Unidades Habitacionais.

ABSTRACT

Despite representing an important portion of the country's Gross Domestic Product (GDP), the civil construction sector has been considered a backward branch when compared to other industrial branches, as it generally presents low productivity, waste of materials, slowness and low quality control. Given these findings, it is relevant to use new techniques and mechanisms to reduce this delay in the field of civil construction, one of them being the use of prefabricated concrete elements, given that their use has been gaining ground, due, above all, to the saving of materials and optimization and efficiency in the entire production process, since there

¹ Graduando em Engenharia Civil, e-mail: tiagocsluna@gmail.com

² Professor Orientador Graduado em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba, Mestre em Geodinâmica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Docente do Curso de Graduação Bacharelado em Engenharia Civil do UNIESP – Centro Universitário. e-mail: prof1638@iesp.edu.br

is no waste in the execution and assembly of the structure of the elements. Thus, this work aims to discuss this segment that has shown significant growth in Brazil, as well as its products, such as: slabs, beams, pillars, panels, piles, tiles, stairs, etc., which can be applied in various types of constructions, due to one of their main characteristics, which is the optimization and reduction of construction time. From this perspective, it is proposed to carry out a survey in the literature based on the analysis of the evolution of prefabricated concrete in civil construction, its evolution and application in Brazil, and the possibility of using techniques in the construction of small housing units. As a result, identify and discuss the main advantages and disadvantages of its use as an important way of supporting the reduction of the country's housing deficit.

Keywords: Construction. Pre-Fabricated. Housing Units

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil no Brasil tem sido considerado um ramo que, apesar de representar importante parcela do Produto Interno Bruto (PIB), mostra-se atrasado quando comparado a outros ramos industriais, pois apresenta de maneira geral, baixa produtividade, considerável desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade (CAVALCANTI, 2017). Apesar disso, é um dos setores que mais impulsionam a geração de renda no país representando aproximadamente 6,2% do Produto Interno Bruto – PIB, segundo apontou o Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE, 2020).

Segundo Franco (1992), mostra-se relevante a utilização de novas técnicas e mecanismos para diminuir esse atraso no ramo da construção civil. Uma dessas técnicas consiste no uso dos elementos pré-fabricados de concreto, tendo em vista que o seu emprego vem ganhando espaço, devido, sobretudo, à economia de materiais, já que não há desperdícios na execução e na montagem da estrutura. Partindo desse pressuposto, o controle de qualidade, facilidade de produção em larga escala e quantidade, além da maior facilidade de manuseio e transporte, acaba resultando em ganho de tempo, celeridade na execução, bem como, na padronização das obras.

Ferreira (2003) aponta que a indústria de pré-moldados e pré-fabricados tem apresentado importante crescimento no Brasil, assim como, os seus produtos (lajes, vigas, pilares, painéis, estacas, telhas, escadas etc.), que podem ser aplicadas em vários tipos de construções, devido uma das suas principais características, que consiste na otimização e redução do tempo das construções.

Após tais constatações, mostra-se que o emprego e uso dos elementos pré-fabricados podem melhorar o problema do déficit habitacional do país, dado as disparidades existentes na sociedade brasileira no que diz respeito às políticas habitacionais, que dificultam o adequado planejamento em relação às habitações de interesse social (ANVERSA, 2021). Com base na constatação da necessidade de adotar as técnicas de uso dos elementos pré-fabricados de concreto, este trabalho tem como objetivo geral a compreensão de sua inserção no âmbito da construção civil e sua aplicação atual no cenário brasileiro. Já como objetivos específicos, o estudo pretende observar como esta aplicação pode ser introduzida, especialmente, em construções habitacionais de pequeno porte, destacando-se como o emprego dessas técnicas tem suas vantagens e desvantagens, como uma perspectiva de redução do déficit habitacional que pode ser introduzida no país.

Partindo desse pressuposto, se faz necessário que a presente pesquisa tem como objetivo subsidiar uma atualização de bases e conceitos acerca da utilização de pré-fabricados em obras de concreto na construção civil. Para isso, se faz necessário estabelecer objetivos específicos acerca do padrão de qualidade, celeridade e menor custo no orçamento da obra de uma edificação. Deve-se adotar mecanismos e técnicas que possibilitem a otimização de tempo, diminuição de desperdícios, priorizando o aumento da produtividade e eficiência na execução de obras que adotam o pré-moldado e/ou pré-fabricado, facilitando todo processo de montagem que representam uma perspectiva econômica, durável e segura, em construções habitacionais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A NECESSIDADE DA INSERÇÃO DO PRÉ-FABRICADO DE CONCRETO ARMADO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

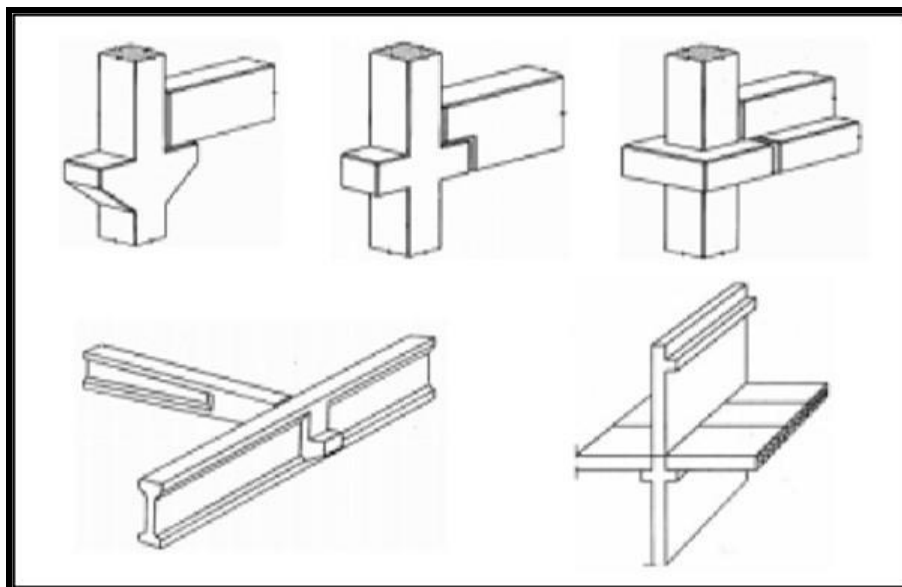
A busca por qualidade, rapidez e menor custo no âmbito das construções civis tem impulsionado consideravelmente a evolução deste ramo, na medida em que se busca conciliar o seu crescimento com meios que possibilitem a otimização de tempo, diminuição de desperdícios, aumento da produtividade e eficiência na execução. Um dos meios necessários à evolução da industrialização da construção

civil consiste na pré-fabricação com controle de qualidade, racionalização, aumento da produtividade e redução de custos (ALMEIDA, 2015). Segundo esse autor, surgem dois importantes elementos no cenário da construção civil: o elemento pré-moldado, que é aquele executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade menos rigorosos, que devem ser inspecionados individualmente, ou por lotes, através de inspetores do próprio construtor, da fiscalização do proprietário, organizações especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias. Já o elemento pré-fabricado, é aquele executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Os termos pré-moldado e pré-fabricado são frequentemente usados como sinônimos. Entretanto, segundo a NBR 9.062/2017, existem diferenças entre ambos, pois essa normativa, afirma que o concreto pré-moldado é produzido fora do local no qual será definitivamente empregado e sendo produzido segundo os procedimentos de controle de qualidade prescritos pelas NBRs 14.931/2004, e 12.655/2015. Vale ressaltar que o pré-fabricado é também moldado previamente fora do destino de uso, sendo executado industrialmente, numa fábrica, em instalações permanentes de uma empresa destinada para este fim, ou seja, fora do canteiro de obras. Estes elementos proporcionam a resolução de algumas deficiências, tais como, baixa produtividade, grande desperdício de materiais, demora na execução e baixo controle de qualidade. Além de sanar as deficiências mencionadas, o elemento pré-moldado visa a redução de tempo, desperdícios e custos (ABNT, 2017).

Segundo Andrade (2014), o pré-moldado tem estado presente desde edifícios de alto padrão, prédios comerciais e industriais, além de inúmeros modelos de casas modernas, populares e modernas de forma sustentável ao redor do mundo preservando o meio ambiente. Para esse autor, os pré-moldados possuem diversas maneiras de utilização, seus elementos mais utilizados são estacas, vigas, pilares, escadas pré-fabricadas, painéis de fechamento, dentre outros (Figura 1).

Figura 1. Pilares elementos que funcionam como espécie de coluna, compondo estrutura pré-fabricada, em seções quadrada ou retangulares, atingindo grandes alturas, chegando até trinta (30) metros de altura.



Fonte. Van Acker, 2002.

Andrade (2014), sugere que a versatilidade de elementos como os pilares de concreto pré-moldado, que podem ser utilizados desde em edifícios de alto padrão até em casas populares, sendo que uma das vantagens de sua utilização consiste na possibilidade de adequá-los a outras estruturas diferentes, como as partes moldadas *in loco*, tais como as alvenarias estruturais e as estruturas metálicas (Figura 2).

Figura 2. Escadas pré-moldadas, elemento único, fabricadas mediante a utilização de moldes contendo degraus e patamares, após a moldagem e secagem da peça, resultam na escada pronta.



Fonte. ArchiEXPO (2019).

Em relação às escadas pré-moldadas, também se observa que o seu uso proporciona economia, praticidade e segurança, tanto na fase de obra quanto na sua utilização, após serem instaladas. Isto porque o seu uso reduz a mão de obra e a

quantidade de equipamentos no local da instalação, além de obedecer às normas rígidas de produção e controle tecnológico (ANDRADE, 2014). Segundo esse autor, pode-se constatar que, atualmente, o desenvolvimento dos sistemas pré-fabricados otimiza não apenas o processo de fabricação, mas também, facilita o processo de transporte, montagem e economia. Portanto, a atividade de construção passa a ser executada sob uma perspectiva econômica, durável, estruturalmente segura e com versatilidade, isto porque a indústria de pré-fabricados está continuamente fazendo esforços para atender às demandas da sociedade.

A economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade são os principais exemplos que podem ser citados. Sugere-se que a forma mais efetiva de promover a industrialização do setor da construção civil, recai na transferência do trabalho realizado nos canteiros de obras para fábricas que possibilitem, por exemplo, eficiência, racionalidade e qualidade na produção (VAN ACKER, 2002).

Sobre a sustentabilidade no contexto abordado, Tokudome (2005) ensina que:

Entende-se como sustentabilidade a utilização responsável de recursos naturais para atender as necessidades do presente sem comprometer o atendimento das gerações futuras. Este conceito é amplo e deve ser considerado no âmbito social, ambiental e econômico.

Desta forma, além de economiza em termos de custos, a utilização dos elementos pré-fabricados também possibilita uma economia em relação aos recursos naturais, de modo que o gasto com água e energia, por exemplo, é menor do que as construções convencionais.

A industrialização da construção é o processo evolutivo, pois através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho, técnicas de planejamento, além do controle objetiva incrementar a produtividade, além do nível de produção que aprimora o desempenho da atividade construtiva (FRANCO, 1992).

De acordo com esse autor, pode-se inferir que os elementos pré-fabricados apresentam como vantagem em relação aos métodos tradicionais, a redução do custo de materiais das estruturas de concreto, tendo em vista que os materiais utilizados são concretos e armadura. Isto implica em uma economia considerável,

pois, não há utilização de outros elementos, como formas e cimbramento que geram elevado custo no concreto armado feito em obra.

O pré-fabricado quando comparado com outras formas de construção, como a alvenaria convencional, tende a se destacar com suas vantagens, proporciona uma maior economia, produzindo-se mais com menos custo e em menor tempo, sendo importante o planejamento da entrega e da fabricação dos elementos (DALDEGAN, 2016).

Considera-se de grande importância a existência do planejamento da entrega e fabricação dos elementos, uma vez que estes estão regulamentados através da NBR 9.062 (ABNT, 2017). Esta norma busca diferenciar os elementos pré-moldados dos elementos pré-fabricados, na medida em que estabeleceu controle de qualidades, especificações de projeto e produção (VIEIRA e GONTIJO, 2020). Desta forma, unindo-se a regulamentação com o potencial de otimização, eficiência e redução de custos, é que o uso dos elementos pré-fabricados desponta como importante inovação na construção civil, despertando o interesse das empresas e construtora para incrementar a produtividade, bem como, elevar o nível de produção, buscando aprimorar o desempenho da atividade construtiva.

A APLICAÇÃO DO PRÉ-FABRICADO E DO PRÉ-MOLDADO NAS CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS

O emprego de pré-fabricados de concreto está fortemente ligado às construções populares oriundas do pós-guerra. Em estudo realizado sobre estes tipos de construções na Itália no período pós-segunda guerra, pode-se destacar a coerência entre as tipologias de implantação, os sistemas construtivos, a cidade e ambiente em torno das edificações (CERROTI, 2008). Neste ambiente pós-guerra, destaca-se a construção na Alemanha de residências e edifícios de apartamentos pré-fabricados projetados dentro de uma concepção estrutural de painéis como elementos estruturais e fechamento. Nesse cenário, buscou-se atender às necessidades básicas de moradias estáveis, secas e aquecidas, além de um baixíssimo custo (MAUTNER e ALVES, 2014).

Conforme levantamento realizado pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS - ABRAINC, através de estudo da FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV, no Brasil, o déficit de moradias ultrapassa os 7,7 milhões. Esse número cresceu cerca de 7%, entre os anos de 2007 e 2017. A

pesquisa apontou que para solucionar o problema, seria necessário erguer 1,2 milhão de habitações até o ano de 2029 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS, 2017).

O pré-fabricado comporta desde edifícios de alto padrão e prédios comerciais de vários pavimentos, até as residências populares. Isto porque as vantagens de se utilizar essa técnica construtiva em construções com menores prazos para entrega, proporciona a garantia de retorno financeiro rápido, buscando maior qualidade, produtividade e redução de desperdícios SOARES (2017). Assim, uma forma de amenizar o problema do déficit habitacional, se dá pela utilização dos elementos pré-fabricados mostrando-se uma alternativa eficiente, devido, por exemplo, ao baixo custo dos materiais, e aponta os elementos mais utilizados nesses tipos de construções, como por exemplo, vigas, pilares, lajes, painéis de fechamento, contextualizados na íntegra a seguir:

- Vigas: podem ser armadas ou protendidas. Em relação ao formato, podem variar em retangulares ou em "I". Dentro de uma estrutura de pré-fabricados, as vigas devem apresentar a maior repetitividade possível. Isto é, devem ser projetadas com a máxima racionalidade e facilidade de execução.
- Pilares: são as peças mais complexas e com maior dificuldade de execução, tanto nas definições de projeto quanto na fábrica. Consistem em elementos menos padronizados do sistema de pré-fabricados, dado que os consoles com formatos muito recortados implica em um processo de fabricação quase artesanal.
- Lajes: a grande eficiência estrutural do modelo de laje de maior êxito no mercado, as lajes alveolares, consiste em seu menor custo, visto que são alcançadas quanto maior a padronização e racionalização do projeto, sendo que o produto é totalmente industrializado e envolve baixo número de mão-de-obra na sua produção.

No segmento habitacional, a utilização dessas tecnologias, do pré-fabricado, (executado na indústria) e, do pré-moldado, (executado no canteiro de obras), fora do local final de utilização, estão associados aos prazos, qualidade e baixa intensidade de mão de obra, escassa no setor de construção civil diga-se de

passagem. Além disso, essas técnicas têm apresentado desempenho igual ou superior aos métodos tradicionais, o que tem impulsionado cada vez mais a sua utilização, como resposta imediata ao grande problema decorrente da má-estrutura da política habitacional do país (SOARES, 2017).

Franco (1992), em relação especificamente às habitações populares, o pré-fabricado em concreto é uma solução muito racional, principalmente, em construções com algum adensamento vertical. Segundo esse autor sugere que as inovações tecnológicas em habitações, usando sistemas pré-fabricados, tendem a surtir efeitos positivos na construção de habitações populares, tendo em vista que o processo de pré-fabricação exige um planejamento mais cuidadoso da obra, os serviços acabam sendo beneficiados de forma geral (Figura 3).

Figura 3. Construção pré-moldada na construção de conjunto habitacional, cuja vantagem é o desempenho igual ou superior aos métodos tradicionais.



Fonte. Archdaily, 2019.

A utilização de tais técnicas é um estímulo à cadeia produtiva no país, por possibilitar a rapidez da obra, que representa um diferencial enorme. Enquanto uma casa convencional, normalmente, leva mais de 90 dias para ser construída. Uma casa pré-fabricada pode ser construída em 30 dias, as edificações menores e mais simples, entre 60 e 90 dias, além das maiores, com baixo custo, projetos direcionados, possibilidade de financiamento e o menor uso de mão de obra qualificada (PRATA, 2021). Segundo esse autor, a utilização de concreto pré-moldado em edificações está relacionada a uma forma de construir em que é

possível obter vantagens do ponto de vista econômico, de durabilidade, eficiência, segurança e versatilidade arquitetônica (Figura 4). Aliando-se a isto a rapidez na construção, o que tende a otimizar o tempo comumente dispensado em construções com técnicas mais convencionais.

Figura 4. Modelo de construção pré-moldada como conjunto habitacional, que tem se mostrado como solução racional, principalmente, em construções com algum adensamento vertical.



Fonte. Archdaily, 2019.

Assim, no segmento habitacional, a utilização das duas tecnologias abordadas mostra-se como saídas viáveis, rápidas e eficientes que podem contribuir consideravelmente para o grave problema do déficit habitacional no Brasil. Um dos maiores argumentos para a aplicação do pré-fabricado em sistemas construtivos é a rapidez e versatilidade de execução.

A construção passa a ser realizada com velocidade e a montagem racional da obra propicia a utilização de tecnologias avançadas empregadas em projetos pré-fabricados, que resultam em um produto com qualidade aumentada comparada ao concreto moldado no local da obra (LIMA, 2004). Segundo esse autor, é possível traçar mecanismos que sejam capazes de amenizar o problema do déficit habitacional brasileiro, mediante a utilização dos elementos pré-fabricados, que tem se mostrado como uma alternativa eficiente, dado, sobretudo, o baixo custo dos materiais, e demais vantagens já apontadas no presente trabalho.

METODOLOGIA

O tipo de pesquisa utilizada no presente artigo se deu de forma descritiva e exploratória abordando um panorama histórico que compreenda a evolução dos elementos pré-fabricados inseridos no país, desde os primórdios até sua viabilidade em utilizá-los em obras de construção civil. Neste sentido, a metodologia envolveu pesquisa em bibliografia especializada no tema, coletando dados através de pesquisa bibliográfica e documental, adotando uma abordagem quantitativa e qualitativa, com o intuito de relacionar os dados para posterior interpretação.

Ao longo da construção da pesquisa, o primeiro procedimento realizado diz respeito à inserção das técnicas do uso de pré-fabricados de concreto no âmbito da construção e os dados analisados foram transformados em elementos contextual e infográficos para melhor descrever acerca do tema. Após essa etapa, foi realizada interpretação tanto em quantidade como em qualidade para se constatar qual melhor perfil de técnica que deve ser adotado, levando em consideração o custo-benefício voltados para as obras de construção civil.

A primeira fase do presente trabalho realizou-se um levantamento do estado da arte, buscando entender a adoção das técnicas de uso dos elementos pré-fabricados de concreto na construção civil no cenário brasileiro. Foram coletados dados acerca da temática, inicialmente contextualizando a necessidade da inserção do pré-fabricado de concreto armado em construções civis, e foi elaborado uma breve análise histórica do surgimento do pré-fabricado de concreto e sua aplicação no Brasil.

A segunda parte da pesquisa também consiste na utilização de materiais bibliográficos, onde foram consultados autores que discorressem sobre os respectivos assuntos, no que diz respeito à possibilidade do emprego das técnicas do uso de pré-fabricados e pré-moldados na construção de unidades habitacionais, e como seu uso pode ser considerado vantajoso numa perspectiva de redução do déficit habitacional do país. A terceira e última fase se deu, na finalização do trabalho desenvolvendo uma análise crítica, concomitantemente com as outras etapas realizadas, onde os dados gerados foram interpretados e descritos conforme as avaliações de forma qualitativa do produto gerado em aplicação ao modelo.

Essas informações geradas pelas pesquisas têm suas respectivas considerações, através das quais pretende-se discutir as principais vantagens e desvantagens do uso das técnicas de utilização dos elementos pré-fabricados,

especialmente nas unidades habitacionais, com base em estudos e levantamentos realizados na literatura. Vale ressaltar que a maturidade organizacional e as informações geradas pelas pesquisas têm suas respectivas considerações e sugestão final.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

BREVE HISTÓRICO DO SURGIMENTO DO PRÉ-FABRICADO DE CONCRETO E SUA APLICAÇÃO NO BRASIL

Apesar de não ser possível precisar, com exatidão, quando a pré-fabricação passou a ser utilizada e difundida, sugere-se que a sua utilização se deu a partir do surgimento do concreto armado. A utilização do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem de elementos, fora do local de seu uso, sendo possível afirmar que a pré-fabricação começou com a invenção desse tipo de material, ao passo que a realização de estruturas com concretagem local surgiu posteriormente (VASCONCELOS, 2002). De acordo com Salas (1988), a utilização dos pré-fabricados de concreto pode ser dividida em três etapas a saber:

- A primeira ocorreu entre 1950 e 1970, considerando o contexto de devastação provocado pelas guerras, que ensejou a construção de variados edifícios com compostos de elementos pré-fabricados, cujos componentes eram procedentes do mesmo fornecedor, constituindo o que se convencionou de chamar de ciclo fechado de produção;
- A segunda, ocorreu entre 1970 e 1980, período em que ocorreram acidentes com alguns edifícios construídos com grandes painéis pré-fabricados, que provocaram uma profunda revisão no conceito de utilização nos processos construtivos em grandes elementos pré-fabricados, tendo culminado com a queda do ciclo fechado de produção;
- A terceira etapa, ocorreu na década de 1980, caracterizando-se pela demolição de grandes conjuntos habitacionais e consolidação da pré-fabricação de ciclo aberto, baseada no uso de componentes compatíveis de origens diversas.

Vasconcelos (2002), considera em se tratando de cenário brasileiro, a utilização de elementos de pré-fabricados teve sua origem em 1926, com a construção do hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro. Observando esse panorama histórico, esse autor destaca a construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen responsável pela execução da obra aplicando os elementos pré-fabricados, como por exemplo, as vigas, estacas nas fundações e cercas no perímetro da área reservada ao hipódromo (Figura 5).

Figura 5. Primeira construção Pré-moldada no Brasil hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro, obra executada pela construtora Christiani-Nielsen com aplicações de vigas e estacas nas fundações.



Fonte. Emília Machado, 2016.

Somente na década de 1960 é que, no Brasil, começou a se suscitar a preocupação com a industrialização propriamente dita de maneira mais sistemática. Nesta época, algumas experiências com componentes pré-fabricados leves foram observadas na construção civil brasileira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1980). Já na segunda metade da década de 1970, foram adotadas novas diretrizes para o setor, com a finalidade de redirecionar a sua atuação para o atendimento das necessidades de camadas de menor poder aquisitivo. Nesta época, começou a se observar a introdução de novas tecnologias, como a construção com elementos pré-fabricados de concreto

De acordo com Oliveira (2002), na década de 1980, por sua vez, foram relatadas denúncias acerca da situação precária de moradias na cidade de São Paulo, onde constatou-se o uso de material inadequado na confecção de painéis e deficiência na execução de peças estruturais dos edifícios, o que gerou a corrosão

generalizada das armaduras dos elementos estruturais. Após estes fatos, os elementos pré-fabricados praticamente deixaram de existir, somente retornando na década de 1990.

Observa-se que a utilização dos elementos pré-fabricados no Brasil teve uma evolução que culminou na sua aplicação até os dias atuais, visto que, apesar de relativamente nova, sobretudo se comparada com outros países, é possível perceber o seu desenvolvimento, que implica na utilização de materiais que trazem maior benefício para o conjunto do sistema estrutural, elevando o potencial de otimização, eficiência e redução de custos (OLIVEIRA, 2002).

As empresas das regiões Sul e Sudeste entraram na tão esperada industrialização, assim, parte da produção foi retirada dos canteiros e passou a ser realizada em ambientes fechados trazendo assim, aumento na produtividade das peças. Com o crescimento de construções de grande porte, como shoppings centers, hotéis, flats e grandes escritórios o pré-fabricado viu realmente sua ascensão chegar pois demandaram grande velocidade de execução e exigiram um alto padrão de acabamento e requinte do produto final, que resultaram, no retorno e ascensão do uso de pré-moldados, no Brasil (VIEIRA e GONTIJO, 2020).

De acordo com o texto acima, é possível deduzir que devido às vantagens dos elementos pré-fabricados de concreto, o seu emprego ganhou considerável espaço no setor de construções no Brasil, tendo em vista a economia de materiais e a ausência de desperdícios na execução, além da montagem da estrutura. Atualmente é possível observar o elevado nível de utilização desta técnica que inclui: controle de qualidade, facilidade de produção, maior facilidade de manuseio e transporte, considerando sua difusão pelo país, nos mais variados tipos de edificações (Figura 6).

Figura 6. Construção pré-moldada vantagens dos elementos pré-fabricados de concreto, dado o uso de elementos que garantem mais agilidade no processo de construção com eficiência e redução de custos.



Fonte. Plataforma Sienge, 2015.

Vieira e Gontijo (2020), constata que o uso de estruturas pré-moldadas, que utilizam elementos estruturais fabricados externamente à obra, como na imagem acima, confere à construção: redução de custos com estrutura pré-moldada; mais qualidade e economicidade à construção; aumento da velocidade na execução e resultado do projeto; maior previsibilidade de custos; canteiro mais limpo, seguro e organizado; e a obra mais sustentável (Figura 7).

Figura 7. Construção pré-moldada, identificando as estruturas de unidades com um mesmo padrão, representando a evolução da utilização em âmbito da construção civil no Brasil



Fonte. Mapa da Obra, 2019.

Portanto, o Brasil possui uma fértil experiência com a utilização dos elementos pré-fabricados, apesar de ser recente o uso desta tendência no país, o que tem possibilitado grande diversidade de materiais e um melhor aproveitamento estrutural podendo ser aplicadas nos mais variados tipos de construções, mediante a otimização e redução do tempo das construções (VIEIRA e GONTIJO, 2020). Diante da constante evolução na construção civil, através da utilização de novas técnicas e mecanismos que visem otimizar este setor, é que se optou pela realização do presente estudo, com foco na necessidade de adotar as técnicas de uso dos elementos pré-fabricados de concreto.

A indústria de pré-moldados e pré-fabricados tem apresentado importante crescimento no Brasil, assim como os seus produtos (lajes, vigas, pilares, painéis, estacas, telhas, escadas etc.), que podem ser aplicadas nos variados tipos de construções, devido uma das suas principais características, que consiste na otimização e redução do tempo das construções (FERREIRA, 2003). Analisou-se

como esta aplicação pode ocorrer, destacando-se como o emprego dessas técnicas pode ser considerado vantajoso, ou não, numa perspectiva de redução do déficit habitacional do país, para discutir as principais vantagens e desvantagens do uso das técnicas de utilização dos elementos pré-fabricados, especialmente nas unidades habitacionais, com base em estudos e levantamentos realizados na literatura (EL DEBS, 2000). Assim, pode-se elencar como principais vantagens no uso de pré-fabricados de concreto:

- O aprimoramento das tecnologias utilizadas pela engenharia civil, através de pesquisa e capacitação profissional, possibilitando o avanço na aplicação dos elementos pré-fabricados e sua expansão no cenário brasileiro, especialmente nas construções de unidades habitacionais;
- A celeridade na execução, por meio da padronização de processos na pré-fabricação, em que é possível reduzir o tempo e emprego de materiais, resultando em um melhor custo-benefício do produto;
- A possibilidade de proporcionar construções com ganhos de produtividade, otimização de resultados, rapidez na execução e custo competitivo, através de elementos elaborados com alto controle de qualidade e alta produtividade assegurado pela obediência às Normas Técnicas Brasileiras;
- O desenvolvimento sustentável e limpeza no canteiro de obras, considerando a redução dos desperdícios e o aumento da eficiência na produção, além da organização no canteiro, que implica melhoria na diminuição tanto do impacto visual quanto físico. Podendo fomentar, ainda, o uso de placas solares, captação de água da chuva e outros elementos;
- A facilidade do reaproveitamento dos elementos pré-fabricados, sendo possível proceder com a remoção desses elementos em sua integridade, sem necessidade de demolições, por exemplo. Ainda, a possibilidade de reutilização das fôrmas, um dos grandes motivos para a diminuição de custos e perdas de materiais;
- A possibilidade de auxiliar de forma significativa na redução do déficit habitacional brasileiro, como uma junção de todas as vantagens já

mencionadas, de forma que com menor custo, maior otimização e eficiência, é possível que famílias de baixa renda, por exemplo, tenham possibilidade de construir sua “casa própria”.

Soares (2017), sugere que o pré-fabricado, comporta desde edifícios de alto padrão a prédios comerciais de vários pavimentos, até as residências populares, pois aponta como umas das vantagens ao se utilizar essa técnica construtiva com prazos menores no tocante a entrega, além de proporcionar a garantia de retorno financeiro e celeridade na obra, objetivando maior qualidade, produtividade e redução de desperdícios.

Observa-se que os sistemas pré-fabricados otimizam não apenas o processo de fabricação, mas também, facilitam todo processo de montagem e representam uma perspectiva econômica, durável e segura, sendo viável a sua utilização em obras de construção civil. Por outro lado, a utilização dessas técnicas também pode acarretar algumas desvantagens.

Segundo a El Debs (2000), uma das desvantagens da utilização da pré-fabricação, estão relacionados a preço relativamente alto, se houver necessidade do projeto ser modular, pois existe a possibilidade de apresentar fissuras na junção entre placas e mão-de-obra especializada. Outra desvantagem se dá devido a colocação das peças pré-fabricadas nos locais definitivos, limitação no transporte diante do cuidado na carga e descarga, além da sua movimentação. São apontados ainda como desvantagens no uso de pré-fabricados, alguns aspectos mais relevantes a saber:

limitação em relação ao formato, pois, dependendo do tipo de projeto escolhido, evidencia-se a dificuldade em encontrar materiais industrializados ou formas em geometrias mais específicas;

A necessidade de se elaborar um projeto bem detalhado, com a finalidade de que a margem de erros e improvisos seja mínima. Logo, no caso de famílias de baixa renda, por exemplo, há uma maior dificuldade em acessar um projeto deste tipo sem que haja custos consideráveis;

A dificuldade em relação ao acesso a empresas de pré-fabricados, tendo em vista que nem todas as localidades são atendidas por este segmento, o que ocasiona também a dificuldade no transporte. Dado que o Brasil é um país com dimensões continentais, há dificuldade na utilização de algumas tecnologias,

especialmente nas cidades localizadas no interior do país. Nesse sentido, Porto (2010), enfatiza que:

O Brasil é um país muito grande. Temos regiões muito afastadas – como a Amazônia – onde, às vezes, torna-se muito difícil entrar com os pré-moldados tornando muitas vezes inviável o transporte de peças por longas distâncias”. E nossas estradas nem sempre apresentam boas condições de tráfego, o que pode fazer com que as peças se danifiquem durante o transporte.

A necessidade de comprar um volume mínimo para viabilizar financeiramente a obra em determinados métodos construtivos, tanto em perspectivas de fabricação quanto pela logística.

No geral, observa-se que em relação às vantagens e desvantagens do emprego dessas peças, as desvantagens são consideradas baixas, diante dos benefícios da utilização destas, o que torna viável, e muitas vezes lucrativo, numa perspectiva de celeridade, eficácia, eficiência, reaproveitamento, segurança, diminuição de desperdícios, além da técnica limpa e segura.

Desta maneira, diante do material bibliográfico e dos levantamentos realizados no presente estudo, considera-se que as principais vantagens da utilização dos elementos pré-fabricados de concreto se dá diante do tipo de método construtivo propiciando a utilização de tecnologias avançadas empregadas em projetos pré-fabricados, resultando em produto com qualidade aumentada se comparada ao concreto moldado no local da obra, além disso a celeridade, diminuição de custos e desenvolvimento sustentável, são avanços conquistados nas últimas décadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi fundamentada em bibliografia específica na área, apontando como o uso do sistema pré-fabricado de concreto vem ganhando espaço no ramos de obras de construção civil, ocasionado por fatores, que envolvem à economia de materiais, ausência de desperdícios durante a sua execução e montagem da estrutura, sendo estes, elementos principais levando em consideração

no tocante aos aspectos voltados a uma excelente alternativa capaz de acelerar o processo construtivo de habitações de pequeno porte no Brasil.

Sendo assim, dentro de uma perspectiva voltada para construção de edifícios de pequeno porte, direcionadas para as famílias de baixa renda, é possível se pensar no uso dos elementos pré-fabricados, buscando reduzir o déficit habitacional, pois as disparidades existentes na sociedade brasileira no que diz respeito às políticas habitacionais, dificultam o adequado planejamento em relação às habitações de interesse social.

Deve-se considerar também, que as técnicas abordadas no presente trabalho têm sido apresentadas apenas como alternativa voltadas numa maior eficiência à atividade de construção civil, principalmente para os projetos de habitações residenciais de pequeno porte. É importante levar em consideração as questões do ponto de vista da qualidade, celeridade e menor custo em torno das construções civis, para que seja possível, cada vez mais, adotar mecanismos e técnicas que possibilitem a otimização de tempo, diminuição de desperdícios, priorizando-se o aumento da produtividade e eficiência na execução de obras. Os sistemas pré-fabricados otimizam não apenas o processo de fabricação, mas também, facilitam todo processo de montagem e representam uma perspectiva econômica, durável e segura.

Os produtos pré-fabricados ditos inovadores, devem atender à crescente demanda de “industrialização da obra”, o que pode ser positivo quando considerado seus aspectos de racionalização. Partindo desse pressuposto, os sistemas construtivos e componentes mais leves destacam-se intensamente por suas vantagens construtivas e econômicas, influenciando o mercado de pré-fabricados, principalmente das indústrias de concreto. Apesar de as desvantagens apontadas no presente trabalho, deve-se considerar que um dos principais argumentos para a aplicação do pré-fabricado em sistemas construtivos é a celeridade do processo, além de versatilidade durante sua execução.

A construção passa a ser realizada de forma célere e com montagem considerável se for comparada com obras de construção civil convencional. Vale ressaltar que esse tipo de método construtivo propicia a utilização de tecnologias avançadas empregadas em projetos pré-fabricados, que resultam em um produto com qualidade aumentada comparada ao concreto moldado no local da obra.

Por fim, considera-se que é possível traçar mecanismos que sejam capazes de utilizar o sistema de pré-fabricados de concreto em obras de construção civil, especialmente nas construções de unidades habitacionais de pequeno porte, como uma das formas de amenizar o problema do déficit habitacional brasileiro. Todavia, sugere-se estudos mais aprofundados sobre o tema em tela, que servirá de subsídios para otimizar a aplicação deste método construtivo como uma opção vantajosa, eficaz, célere e de qualidade com investimento do ponto de vista custo-benefício, vale ressaltar que se faz necessário também estudos pontuais referente a construção na prática, de unidades habitacionais, comparando com métodos existentes, quantificando e qualificando todos os custos necessários, evidenciando se esse método é tão viável para obra de pequeno porte, quanto, atualmente já é para grandes construções.

REFERÊNCIAS

- ACKER, ARNOLD VAN. **Manual de sistemas de pré-fabricados de concreto**. FIP 2002, Tradução Marcelo Ferreira, ABCIC 2003.
- ALMEIDA, Luiza Rangel de. **Estudo de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obras**. 83f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.
- ALVES, Natália S. D. **Análise de Custos: Alvenaria estrutural x estrutura pré-moldada**. Belo Horizonte: UFMG, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A3YFD6/1/monografia_natalia. Acesso em: 13 de novembro de 2021.
- ANDRADE, Carlos. **Construindo com vigas de concreto pré-moldado**. Premonta Brasília DF 16 nov/2014. Disponível em: <<http://premonta.com.br/construindo-comvigas-de-concreto-pre-moldado/>> Acesso em 08/10/2021.
- ANVERSA, Giseli Barbosa Anversa. **Pré-fabricados: como industrializam a construção**, 2021. Disponível em <https://www.sienge.com.br/blog/habitacao-de-interesse-social/>. Acesso em 29 de setembro de 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2006.
- CAVALCANTI, Israel V. C. A. **A utilização de pré-moldados de concreto armado visando a racionalização de obras públicas**. João Pessoa: UFPB, 2017.
- DIEESE. Departamento. Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **A Construção Civil e os Trabalhadores: panorama dos anos recentes**, 2020. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2020/estpesq95trabconstrucaocivil/index.html?page=1>. Acesso em 20 de outubro de 2021.

- FRANCO, L.S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1992.
- FERREIRA, M.A. (2003). **A importância dos sistemas flexibilizados**, 2003 (Apostila).
- HELENE, P.R. **Evolução histórica do concreto como material de construção**. São Paulo, 2005
- LIMA, Diana Carla Rodrigues; NUNES, Layane Alves; VALQUES, Igor José Botelho e SOARES, Paulo Fernando, **Padronização na arquitetura e no urbanismo: uma revisão**, I Seminário de Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá, 2004.
- MAUTNER, Y.; ALEVS, C. Os Kombinate e a construção pré-fabricada de moradias da Alemanha Oriental. Pós, v. 21, n. 36, 2014.
- ORDONÉZ, J. A. F. **Pre-fabricación: teoría y práctica**. Editores Técnicos Asociados. Volume I. Barcelona, 1974
- PRATA, Gustavo. **Casas pré-fabricadas e o crescimento do setor**, 2021. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/casas-pre-fabricadas-crescimento-do-setor/>. Acesso em 07 de outubro de 2021.
- PRÉ-MOLDADOS x Pré-fabricados: entenda quais são as diferenças. Portal AECweb, 2019. Disponível em: <http://blogaecweb.com.br/blog/pre-moldados-x-pre-fabricados-entenda-quais-sao-diferencas/>. Acesso em 03 de novembro de 2021.
- PORTO, S. (2010). **Pré-moldados de concreto: Soluções sustentáveis para obras habitacionais, esportivas e de infraestrutura**. IBRACON, LII CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, São Paulo 2010.
- SABBATINI, F. H., **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma tecnologia**. São Paulo, 1989.
- SALAS, S. J. (1988). **Construção Industrializada: pré-fabricação**. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas.
- SOARES, Alexandre Boscolo. **Estruturas Pré Fabricadas na Engenharia Civil: Aplicações e Análise de Mercado**. Centro Universitário Anhanguera, Leme, 2017.
- VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo, 2002.
- TOKUDOME, M. (2005). **A sustentabilidade da indústria de pré-fabricados**. I ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉMOLDADO. São Carlos, 2005.
- VIEIRA, Luiz Fernando De Oliveira; GONTIJO, Lorena De Sousa. **A Utilização De Elementos Pré-Moldados De Concreto Armado**, Em Obras De Construções Cíveis. 2020.

CONCRETO PROTENDIDO E ESTUDO DE CASO EM LAJE PROTENDIDA

Tiago Rodrigues de Paiva¹
José Leonilo Romeu de Figueiredo Lima²

RESUMO

Este trabalho apresenta como se desenvolve o processo para o uso do concreto protendido, suas qualidades e falhas, através do desenvolvimento de novas técnicas construtivas e necessidade de soluções práticas na área da construção. Muitos estudos foram desenvolvidos com o intuito de se conhecer bem o comportamento das lajes protendidas, de forma em obter êxitos e benefícios, com segurança de suas possibilidades construtivas. O concreto protendido foi criado no intuito de persistir a grandes cargas e superar grandes vãos. Na engenharia, existe um mito que em laje protendida não se pode fazer reformas ou demolições, neste trabalho será abordado que se pode fazer grandes reformas e demolições. Para execução dessa ideia, foi utilizado um edifício residencial, que foi usado originalmente concreto protendido. Com falha de projeto, demoliu-se parcialmente a laje e novamente protender. Logo, visto apresentar a projetistas, engenheiros, arquitetos e empreendedores o processo que foi seguido, focando principalmente em que possam usufruir dessa tecnologia e mostrar que se pode fazer uma reforma ou obra em laje protendida.

Palavras-chaves: Concreto protendido; Reforma; Demolição;

ABSTRACT

This work presents how the process for the use of prestressed concrete is developed, its qualities and flaws, through the development of new construction techniques and the need for practical solutions in the field of construction. Many studies were carried out with the aim of getting to know the behavior of prestressed slabs well, in order to obtain successes and benefits, with confidence in their constructive possibilities. Prestressed concrete was created in order to withstand large loads and overcome large spans. In engineering, there is a myth that in prestressed slabs you cannot carry out renovations or demolitions, in this work it will be discussed that you can carry out major renovations and demolitions. To implement this idea, a residential building was used, which was originally used prestressed concrete. With a design failure, the slab was partially demolished and again protruding. Therefore, I aim to present the process that was followed to designers, engineers, architects and entrepreneurs, focusing mainly on how they can take advantage of this technology show that you can do a remodelling or work with prestressed slab.

Keywords: Prestressed concrete; Remodeling; Demolition;

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil E-mail: 20171076068@iesp.edu.br

² Professor José Leonilo de Figueiredo Lima, Graduado em Engenharia Civil, pela Universidade Estadual da Paraíba, Especialização em Projeto, dimensionamento e detalhamento de estruturas e Fundação pelo IPOG, Docente do Curso Superior em Engenharia Civil do UNIESP Centro Universitário E-mail: leoniloengcivil@gmail.com

INTRODUÇÃO

O concreto protendido foi desenvolvido pelo engenheiro francês Eugene Freyssint. A primeira obra utilizando o concreto protendido no Brasil foi à ponte do Galeão no Rio de Janeiro em 1949, aumentando seu uso na construção civil a partir de 1995, principalmente no Nordeste, com a chegada das cordoalhas engraxadas que são mais usadas em edifícios, as quais são compostas por fios de aço de alta resistência entrelaçados cobertos por uma camada de graxa e uma camada de plástico de alta resistência (VERISSIMO; CÉSAR JR, 1998).

A protensão de lajes e vigas é uma tecnologia que vem ganhando espaço nas construções. Em projeto de estruturas cada vez mais complexos, em atendimento aos projetos arquitetônicos modernos e mais arrojados, nos quais demandam estudos aprofundados, principalmente em se tratando de estruturas protendidas hiperestáticas (MENEGATTI, 2004). Ela é utilizada para aumentar a resistência de vigas e lajes melhorando a qualidade da estrutura. É um procedimento resistente e importante para vencer grandes vãos e evitar fissuras reduzindo a quantidade de pilares e vigas na construção (CARVALHO SOUSA; FABRINI AUGUSTO, 2020).

Nas obras para a execução deste serviço de execução de cortes a cordoalha, a carga e a cordoalha perdem a protensão. É instalada nova ancoragem e a cordoalha é protendida novamente. O risco da cunha soltar a ancoragem que está no trecho da fachada do edifício é grande, fazendo com que tenha que se quebrar a fachada para instalar novamente a cunha, gerando custo e trabalho. O objetivo a seguir visa mostrar e detalhar que é possível uma laje protendida ser demolida ou modificada.

De acordo com Zilli e Bortoloti (2013), ainda são poucas as pesquisas e até estruturas executadas em concreto protendido, quando comparado ao concreto armado. Ainda, existe um considerável atraso em relação ao seu uso no Brasil em relação aos outros países, por exemplo na Alemanha, que após a segunda guerra mundial, teve o maior número de utilização dessa tecnologia para a época.

A aplicação da protensão em lajes tem desenvolvido no Brasil e tende a crescer cada vez mais. Existem regiões que algum dia podem crescer muito mais através de uma maior comunicação desta aplicação entre os profissionais da área, principalmente os que ainda não tiveram contato com tal sistema. Muitos estudos

vêm sendo realizados com a intenção de conhecer o comportamento das estruturas protendidas, tirar o maior êxito dentro de suas possibilidades e segurança (CASTRO, 2011).

Segundo Hanai (2005), a palavra protensão “ transmite a ideia de se instalar estado prévio de tensões em algo”. A protensão pode se definir como um recurso para introduzir, em uma estrutura, um estado prévio de tensões, no qual está aprimorando seu comportamento ou resistência, sob ação das solicitações.

Segundo Migliore Junior (2013), no Brasil concreto armado e protendido são tratados em conjunto e muitos cursos de arquitetura e engenharia civil no Brasil não oferecem a disciplina de concreto protendido, justamente por isso. Este trabalho tem como objetivo demonstrar as qualidades e exemplificar que é possível reformas em lajes protendidas em estudo de caso real, para proporcionar segurança para utilização procedimento.

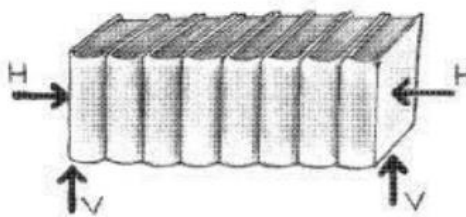
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde o final do século XIX, têm-se notícias de conhecimento do uso do concreto protendido. Ocorre que foram fracassadas estas primeiras produções, uma vez que as forças iniciais da protensão eram praticamente anuladas pela retração e influência do concreto.

Na rotina são feitas determinadas ações que se parar para analisar podem ser comparadas ao conceito da física, da matemática como também na engenharia (HANAI, 2005).

A Figura 1 nos demonstra entendimento sobre a protensão. Temos como exemplo uma pilha de livros.

Figura 1 – Uma fila horizontal de livros



Fonte: Hanai (2005)

Para manter a estabilidade, os livros têm uma força horizontal comprimindo-os e mantendo-os pressionados e mobilizados resultando uma força de atrito e ao

mesmo tempo forças verticais nas extremidades da fila assim podendo ser levantadas. Em que as ações considerando o peso próprio dos livros e os esforços solicitantes que são: momento fletor, força cortante e força normal (HANAI, 2005).

Para levantar a fila de livros é necessária que a força normal seja aplicada antes da força vertical, assim a força normal causa tensões de compressões na pilha de livros. Aplicando uma força normal haverá uma protensão em um conjunto de componentes, ou seja, nas estruturas (HANAI, 2005).

O concreto tem resistência à compressão várias vezes maior que a resistência a tração. O aço tem resistência à tração várias vezes maior que sua resistência a compressão (SÉRGIO, 2011).

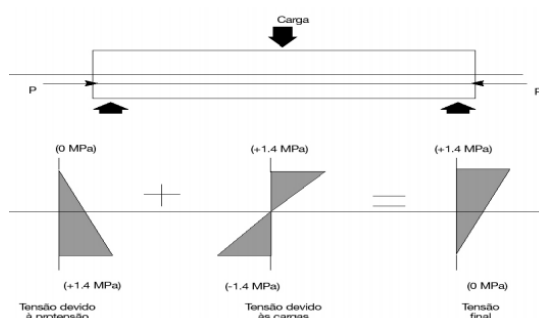
Segundo Pfeil (1984) citado por Hanai (2005) que “protensão é um artifício que consiste em introduzir numa estrutura um estado prévio de tensões, capaz de melhorar sua resistência e seu comportamento sob diversas condições de carga”.

O concreto apresenta boa resistência à compressão, mas uma baixa resistência à tração, sendo esta da ordem de 8% a 14% daquela. Mesmo para estágios iniciais do carregamento, ocorre um processo de fissuração do concreto, oriundo dos esforços de flexão. (MELGES, 2001)

Utiliza-se a alta resistência do aço à tração, para comprimir o concreto e assim formar, da laje, um conjunto altamente resistente a esforços de carga a ela imposta (SÉRGIO, 2011).

A Figura 2 apresenta uma distribuição das tensões, exemplificando a soma da tensão devido a protensão com as tensões devido a carga, obtendo a tensão final.

Figura 2 – Distribuição das tensões



Fonte: Sérgio (2011)

O concreto protendido é o tipo de concreto armado no qual a armadura ativa sofre um pré-alongamento, gerando um sistema de compressão do concreto e tração na armadura (SÉRGIO, 2011).

Quando a protensão é aplicada, cria-se uma carga de aperto que faz com que se crie uma força de compressão que compensa a tensão que o concreto exibiria face aos esforços do carregamento. A principal diferença entre o concreto armado e o concreto protendido, responsável pelo seu sucesso (SÉRGIO, 2011).

O mesmo autor explica que desse modo, a estrutura protendida apresenta melhor desempenho perante as cargas a ela expostas.

Em se tratando do concreto armado e do concreto protendido, afirma-se que sem aderência nenhum deles poderia existir, visto que, para o sistema de concreto armado é necessário existir aderência entre o aço e o concreto simples. E tratando-se do concreto protendido, além desta aderência, existe outro tipo de configuração do concreto protendido definido especialmente pela aderência, conforma a (NBR 6118, 2014):

- Concreto com armadura ativa pré tracionada (protensão com aderência posterior): Concreto protendido em que o pré-alongamento da estrutura ativa é feito utilizando-se apoios independentes do elemento estrutural, antes do lançamento do concreto, sendo a ligação da armadura de protensão com os referidos apoios, desfeita após o endurecimento do concreto; a ancoragem no concreto realiza-se só por aderência, como demonstra a Figura 3;

Figura 3 – Laje com protensão aderente

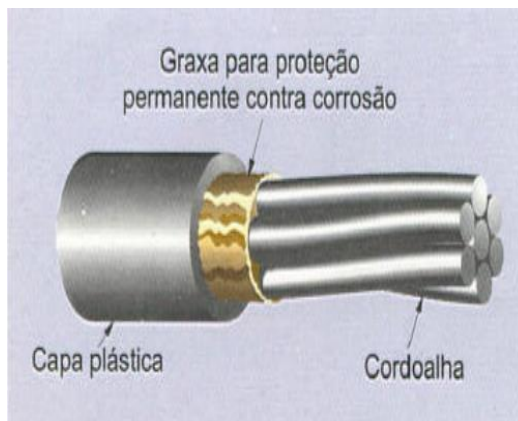


Fonte: Sérgio, 2011

- Concreto com armadura ativa pós-tracionada (protensão com aderência posterior): Concreto protendido em que o pré-alongamento da armadura ativa é realizado após o endurecimento do concreto, sendo utilizados, como apoios, partes do próprio elemento estrutural, criando posteriormente aderência com o concreto de modo permanente, através de injeção de concreto nas bainhas;
- Concreto com armadura ativa pós-tracionada sem aderência (protensão sem aderência): De acordo com Cauduro (1996), essa forma de protensão apresenta facilidade e rapidez na colocação das cordoalhas em que o pré-alongamento da armadura ativa é realizada após o endurecimento do concreto, sendo utilizados, como apoios, partes do próprio elemento estrutural, mas não sendo criada aderência com o concreto, ficando a armadura ligada ao concreto apenas em pontos localizados.

A Figura 4 demonstra a protensão não aderente que se utiliza os cabos engraxados e cobertos por bainhas plásticas (polietileno ou polipropileno) de alta aderência que proporcionam proteção contra corrosão.

Figura 4 – Cordoalha engraxada e plastificada



Fonte: HANAI, 2005

O sistema mostrado anteriormente proporciona colocar os cabos diretamente sobre a laje e concretá-los de forma ágil e simples durante a montagem. Segundo Castro (2011), esta proteção plástica protege os cabos da corrosão e dos impactos de manuseio tanto no transporte quanto na instalação.

As cordoalhas são fabricadas com cabos de aço e armazenadas em rolos que posteriormente são cortadas sob medida para cada laje conforme solicitado pelo cliente, conforme a Figura 5 (SÉRGIO, 2011).

São devidamente etiquetadas e enumeradas para serem enviadas à obra, posicionadas e instaladas de acordo com sua exata posição na estrutura, de acordo com a Figura 6. Com o desenvolvimento e fabricação dos equipamentos e a criação de sistemas de ancoragem, o uso do concreto protendido será utilizado com maior frequência. São mais utilizados para resolver problemas de deformidade excessiva e para diminuir a utilização de pilares e vigas, proporcionando assim melhor desempenho das lajes em edifícios comerciais e residenciais, conforme a Figura 7 (SÉRGIO, 2011).

Figura 5 – Máquina de corte de cordoalhas



Fonte: Sérgio (2011)

Figura 6 – Sistemas de apoio para armadura convencional “cocadas” e treliças para apoiar as cordoalhas



Fonte: Sérgio (2011)

Figura 7 – Sistemas de apoio para as cordoalhas



Fonte: Sérgio (2011)

LAJES

Conforme Carvalho e Figueiredo Filho (2012) as lajes são elementos estruturais em placas de concreto, de superfície plana, em que a dimensão perpendicular à superfície, denominada espessura, é relativamente pequena às demais, que também tem a função de vedação, conhecidos como pisos e tetos de estrutura.

Segundo a NBR 6118 (2014), um elemento pode ser considerado como laje quando altura da seção for inferior a cinco vezes a sua largura.

De acordo com Bastos (2006), as lajes são como os elementos planos que se destinam a receber a maior parte das ações aplicadas numa construção, como de pessoas, móveis, pisos, paredes, e os mais variados tipos de carga que possam existir em função da finalidade arquitetônica do espaço físico que a laje faz parte. As ações são geralmente transmitidas para as vigas de apoio nas bordas da laje, eventualmente também podem ser transmitidas diretamente aos pilares.

As lajes, em concreto armado ou protendido, são classificadas segundo diferentes critérios. Cunha e Souza (1998) descreve que esta classificação se subdivide em quatro categorias, a saber:

- Quanto a seção transversal (maciça, nervurada);
- Quanto a execução (moldada in loco, pré-moldada);
- Quanto ao apoio (em vigas/alvenaria estrutural, em pilares);
- Quanto à armação (armada em uma direção, em duas direções).

LAJE PROTENDIDA

De acordo com Cazzo (2008), toda estrutura de área plana é considerada lajes e o comprimento e largura são sempre maiores que sua espessura, faz-se as divisões dos andares e recebe a carga de revestimento e pisos. As lajes possuem duas principais funções: resistência que se refere ao fato dela suportar o seu peso próprio além das sobrecargas acidentais; e isolamento, que são acústicas e térmicas.

LAJE MACIÇA

As lajes maciças de concreto, possuem espessuras que normalmente variam de 7cm a 15cm (BASTOS, 2006). São comuns em edifícios de pavimentos e em

construção de grande porte, como escolas, indústrias, hospitais, pontes. Não são aplicadas em construções residenciais, pois nesses tipos de construção as lajes nervuradas pré-fabricadas apresentam vantagens no aspecto custo e facilidade de construção (VERÍSSIMO, CESAR JR, 1998).

Carvalho e Pinheiro (2009) citam como vantagens das lajes maciças a sua execução simples e rápida e o fato de apresentar pouca deformação e esforços relativamente pequenos.

Lajes convencionais ou lajes maciças são aquelas em que as lajes se apoiam em vigas que, por sua vez, descarregam em pilares (ALBUQUERQUE; PINHEIRO, 2002).

De acordo com os mesmos autores, as lajes maciças são também conhecidas como lajes moldadas in loco, ou seja, são aquelas que são fabricadas dentro da obra.

As características principais do grupo das lajes maciças são as menores vulnerabilidade a fissuras e trincas, a facilidade em vencer grandes vãos, principalmente quando é utilizado o concreto protendido e seu acabamento é liso. Elas podem ser classificadas em três tipos: Laje maciça simples ou convencional, Laje maciça plana ou Laje maciça nervurada (VERÍSSIMO, CESAR JR, 1998).

Esteticamente as lajes maciças simples possuem vigas aparentes, tendo a sua estrutura reticulada, ou seja, é quando a transmissão dos esforços ocorre através de elementos isolados tais como lajes, pilares e vigas. (PACHECO; ARTEMIO E RIBEIRO; BRUNA, 2018).

As lajes maciças planas não possuem vigas aparentes, sendo a sua estrutura feita com vigas faixa, que são vigas embutidas, com altura considerada igual à espessura, como mostra na próxima figura, possibilitando a redução do número de vigas na obra e que a estrutura possua maiores vãos (PACHECO e RIBEIRO, 2018).

Segundo Pacheco e Ribeiro (2018) diferentemente das lajes maciças simples, as lajes planas são apoiadas diretamente nos pilares causando o efeito de punção, que é o efeito que o pilar exerce sobre a laje, para combater o efeito de punção deve-se aumentar a espessura entre o pilar e a laje, conhecido como capitel, ou então reforçar a armadura da laje no local.

Com relação as formas das lajes simples e planas são utilizadas moldes planos, que podem ser de madeira resinada, plástico reciclado, entre outros. (PACHECO e RIBEIRO, 2018).

Lajes maciças nervuradas, como o nome já diz, são aquelas que tem nervuras na sua parte inferior. A laje maciça nervurada poderá ser do tipo simples nervurada ou plana nervurada, onde a diferença está nos apoios, como já dito (PACHECO e RIBEIRO, 2018).

O requisito estabelecido pela NBR 6118 (2014), onde as lajes maciças devem respeitar os seguintes limites mínimos para a espessura:

- 7cm para lajes de cobertura não em balanço;
- 8cm para lajes de piso não em balanço;
- 10cm para lajes em balanço;
- 10cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30kN;
- 12cm para lajes que suportem veículos de peso total maior ou igual a 30kN;
- 15cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, 1/42 para lajes bi-apoiadas e 1/50 para lajes e piso contínuos; (l =vãos considerados)
- 16cm para lajes lisas e 14cm para lajes nervuradas.

VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONCRETO PROTENDIDO

Segundo Castro (2011), a utilização do concreto protendido apresenta técnicas que influenciam no momento da escolha para a sua execução. O mesmo comenta que um ponto positivo sobre o uso do concreto protendido em comparação ao concreto armado é a possibilidade de vãos com seções maiores a serem vencidos com a redução considerável na quantidade de pilares necessária para tal, gerando liberdade para as questões relacionadas com a arquitetura da edificação. Estruturas em concreto armado apresentam uma necessidade de um tempo maior de execução, necessário para a resistência do concreto utilizado, fazendo com que seja uma espera de 28 dias, para a aplicação de carga sobre a peça (CASTRO, 2011).

Segundo Loureiro (2006) a simplicidade de execução de fôrma plana, a facilidade de fixação das ancoragens individuais e de baixo peso, agilidade no

manuseio das monocordoalhas engraxadas e plastificadas, dispensam a utilização de bainhas e evitam a operação de injeção, resultam numa maior rapidez de execução da estrutura. A operação de protensão é simples e rápida e funcionam com macacos leves.

O uso de uma certa quantidade de armadura passiva pode superar as desvantagens, do ponto de vista estrutural, da não aderência dos cabos. O aço de protensão já chega ao canteiro protegido pela graxa e capa plástica (NASSER, 1969).

A execução ao concreto armado, no protendido é possível se obter considerável redução em quantidades de aço, esta diferença suprida pelas armaduras protendidas. Em lajes protendidas, obtendo espessuras menores e a redução ou até mesmo a eliminação de vigas, onde se somadas todas as reduções citadas a estrutura se torna relativamente mais leve em relação a mesma estrutura executada em concreto armado, ocorrendo considerável diminuição nas cargas impostas sobre a estrutura (CASTRO, 2011).

Gonçalves (2015) cita algumas manifestações patológicas que podem ser encontradas em estruturas, sendo geralmente encontradas com maior facilidade fissurações e corrosões das armaduras.

A corrosão é um fator preocupante em estruturas protendidas, entretanto peças protendidas apresentam uma quantidade de fissuras consideravelmente menor quando relacionadas ao número em estruturas convencionais, sendo agregado uma proteção a corrosão em relação ao aço utilizado e possibilitando a estrutura a suportar carga maiores (GIOVANAZ E FRANSOZI, 2017).

Segundo Brandão (1998), além de absorver os esforços de compressão, o concreto protege as armaduras contra corrosão. Apesar da fissuração, quase sempre inevitável a durabilidade das armações não é afetada desde que a abertura das fissuras seja limitada, conforme o estabelecido em critério de projeto.

O aumento a resistência à flexão e ao esforço cortante, sem que ocorra aumento drasticamente o peso próprio das vigas, se torna outra vantagem a ser levada em consideração (LIMA E SILVA, 2019).

A utilização do concreto protendido acarreta diversas vantagens estruturais além de tempo da obra. Algumas desvantagens também devem ser examinadas antes de se optar pela escolha da estrutura protendida (CASTRO, 2011).

Giovanaz e Fransozi (2017) afirmam que a execução de peças protendidas necessitam de equipamentos e mão de obra especializada, entretanto o valor apropriado a execução e a carência em mão de obra, ornem economicamente, em alguns casos, inviável a aplicação de estruturas deste seguimento. Uma outra dificuldade comentada pelos autores é que em caso de reforma da estrutura, a mesma se torna mais dificultosa e encarecida, pela complexidade da estrutura.

METODOLOGIA

A metodologia abordada nesse artigo foi adotada o mecanismo de salientar um projeto em execução de uma laje protendida onde será parcialmente demolida, para ser executada novamente a protensão, devido a erro no projeto arquitetônico que não respeitou ao recuo lateral do edifício.

O estudo foi desenvolvido a partir de um estudo de campo e revisões bibliográficas, com foco nos temas: tipos de protensão, protensão aplicada ao concreto e protensão em lajes.

Os sistemas de lajes protendidas apresentam diversos avanços em relação ao sistema convencional, como quais sua sutileza, rapidez com a maior velocidade de execução, maior resistência, vão maiores e eliminações de vigas.

Este trabalho consiste em mostrar que através do desenvolvimento de novas técnicas construtivas e da necessidade de soluções práticas, pode-se sim fazer uma reforma em laje protendida.

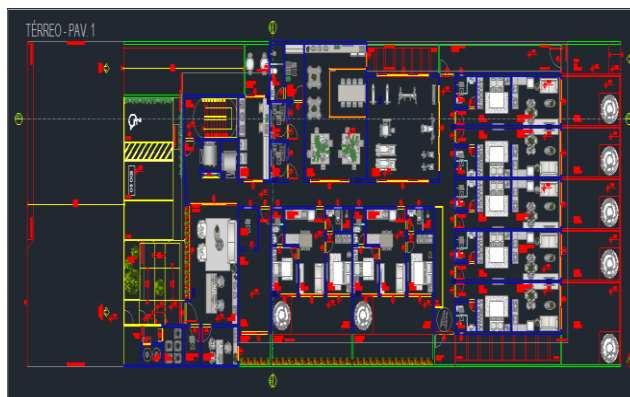
Apresento-o, portanto, mais uma ferramenta e dados para a pesquisa dos profissionais interessados neste processo, pois, existe pouco material referente a uma reforma em lajes protendida. Entretanto, sobre a protensão, há um leque imenso de material, no qual nos serviram como base.

Foram utilizados também materiais extraídos em sua maioria de trabalhos já concluídos e livros técnicos no âmbito da construção civil. Vale salientar também as visitas a edificação em execução, no bairro Jardim Oceania, em João Pessoa, na capital da Paraíba.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Projeto arquitetônico que se observa na Figura 8 o não respeito ao recuo lateral.

Figura 8 – Projeto Arquitetônico



Fonte: Projeto do Edifício (2019)

PROCEDIMENTOS

Os procedimentos adotados foram: a identificação das cordoalhas em projeto e na laje e demarcação das cordoalhas do trecho a ser demolido, como mostra a Figura 16 e 17. Além disso, foi feito a demolição, instalação das ancoragens, grauteamento, etapas da protensão, corte das cordoalhas e verificação da carga.

Figura 9 – Identificação das cordoalhas



Fonte: Autor (2021)

Figura 10 – Identificação das cordoalhas



Fonte: Autor (2021)

EQUIPE

A equipe de protensão formada para a execução desse trabalho foi composta por um engenheiro, um técnico de protensão e um ajudante, todos devidamente treinados e com experiência.

DEMOLIÇÃO

Após as marcações das cordoalhas, inicia-se a demolição do local, com o auxílio de um martetele demolidor e ponteiro. No trecho das áreas demarcadas do procedimento anterior deve-se tomar muito cuidado. É indicado que a demolição seja realizada por um profissional cauteloso para que não atinja as cordoalhas. De acordo com as Figuras 17 e 18, vemos a laje parcialmente demolida (SOUSA, 2020).

Figura 11 – Laje Parcialmente demolida



Fonte: Autor (2021)

Figura 12 – Laje Parcialmente demolida



Fonte: Autor (2021)

INSTALAÇÕES DAS ANCORAGENS

Antes de iniciar esse procedimento a capa plástica das cordoalhas foram cortadas no novo trecho livre. São instaladas as ancoragens com o auxílio de uma alavanca para proporcionar um espaçamento nas cordoalhas que se encontram no trecho de demolição. Após esse procedimento os parafusos foram apertados novamente e instalados os adaptadores (copinhos) para que o concreto não entre no miolo das ancoragens, como mostra na Figura 19 (SOUSA, 2020).

Figura 13 – Instalações das ancoragens e adaptadores



Fonte: Autor (2021)

GRAUTEAMENTO

O primeiro passo desse procedimento é o fechamento do trecho das ancoragens com um madeirite devidamente travado. O segundo passo é instalar armaduras na parte traseira das ancoragens. Em seguida, vem o terceiro passo que é limpar a superfície do madeirite tirando resíduos e sujeiras. Aplica-se o graute e pausa-se por alguns dias para que adquira resistência exigida (SOUSA, 2020).

ETAPAS DA PROTENSÃO

Essas são as etapas mais tranquilas em relação a todos os procedimentos anteriores para quem executa a protensão. A primeira etapa consiste na retirada dos copinhos. Feito isso, inicia-se a segunda etapa que é a limpeza do miolo da ancoragem e da cordoalha com ajuda de uma estopas (SOUSA, 2020).

CONCRETAGEM

Após as etapas de protensão, prepara-se os cabos, madeirites para a concretagem parcial da laje, como mostra na Figura 20 (SOUSA, 2020).

Figura 14 – Parte da laje demolida pronta para concretagem



Fonte: Autor (2021)

FINALIZAÇÃO

A finalização realizada com atenção e cuidado. As cordoalhas devem ser cortadas com uma lixadeira e disco de corte. Como as cordoalhas estão com carga, os fios vão se romper um a um. É normal ouvir estalos ao fazer esse corte. Após cortado os cabos, é importante analisar se houve recuo do cabo no trecho marcado com spray tinta. Por fim, após relocação dos cabos e concretagem, instala-se o macaco de protensão monocordoalha de 12,7mm no cabo e com auxílio da bomba é verificada a carga do cabo. É importante se atentar para que caso a cordoalha tenha perdido carga, a mesma exigida em projeto deve ser aplicada (SOUSA, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia fundamental por trás desse estudo tem como principal objetivo fornecer subsídios para uma reforma em laje protendida, trabalhando com estudos e execuções eficientes, para trazer vantagens que muitos desprezam dentro da construção civil.

O mercado da construção de edifícios está cada vez mais competitivo, com outros métodos e processos aí presentes, que nos obrigam a seguir rapidamente na direção da qualidade e produtividade.

Com a cordoalha engraxada possibilitando obras com lajes totalmente planas, as chances de erros na execução da estrutura são menores, entretanto pode-se ocorrer, como houve no estudo apresentado.

Após a execução de todos os procedimentos, conclui-se que os objetivos foram atingidos e todas as cordoalhas mantiveram suas cargas solicitadas em projeto. Metodologia foi viável e com cuidado, precisão e empenho dos funcionários.

Temos que eliminar paradigmas, galgar novos conceitos, mudar processos de execução, treinar funcionários e capacitar o máximo de pessoas possíveis, para assim, adotar novas atitudes para se conseguir êxito nesse âmbito que só tende a crescer.

Este é um recurso testado e aprovado, porém deve ser executada por profissionais qualificados e experientes para evitar possíveis danos na estrutura ou cordoalhas.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. T.; PINHEIRO, L. M. **Viabilidade econômica de alternativas estruturais de concreto armado para edifícios**. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto** - Referencias - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BASTOS, P. S. dos S. **Histórico e principais elementos estruturais de concreto armado**. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Bauru, 2006.

BRANDÃO, A. M. S. **Qualidade e Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado** – Aspectos relativos ao projeto. Universidade de São Paulo, São Carlos - SP, 1998.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. d. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. 3ª Ed. São Carlos: Ufscar, 2012.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. São Paulo – SP, 2009.

CASTRO, S.V. Concreto Protendido - **Vantagens e desvantagens dos diferentes processos de protensão do concreto nas estruturas**. Minas Gerais, 2011.

CAUDURO, E.L. (1996). **Protensão com cordoalhas engraxadas e plastificadas: pós-protensão com sistema não aderente**. In: REUNIÃO DO IBRACON, 38., Ribeirão Preto. Anais. v.2, p.785-798.

CAZZO, R.L.; **Lajes protendidas**: Aplicações em geral; Itatiba; 2008.

CUNHA, A. J. P.; SOUZA, V. C. M. **Lajes em Concreto Armado e Protendido**, 2ª edição, 1998.

EMERICK, A. A. **Projeto e Execução de Lajes Protendidas**, Rio de Janeiro: Interciência, 2002, 191 pg.

GIOVANAZ, A.H.; FRANSOZI, C.B.P. **Estruturas de concreto protendido: estudo de caso no contexto da disciplina de estágio supervisionado I**; Lajeado, 2017.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 2015. 151 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

HANAI, J. B. DE. **Fundamentos do concreto protendido**. USP – Universidade de São Carlos, 2005.

IMPACTO PROTENSÃO. **Protensão não aderente**. 2018. Disponível em: <<http://impactoprotensao.com.br/catalogos/>> Acesso em 29 set. de 2021.

LIMA, E. C. B. de; SILVA, Y. J. da. **As vantagens e desvantagens da utilização de concreto protendido na construção de viadutos**. Centro Universitário de Goiás Uni-Anhanguera, Goiânia, 2019.

LOUREIRO, G. J. **Projeto de Lajes Protendidas com Cordoalhas Engraxadas**. IBRACON, 44º Congresso Brasileiro do Concreto, Belo Horizonte, 2002.

MELGES, J.L.P. **Análise experimental da punção em lajes de concreto armado e protendido**. São Carlos, 2001.

MENEGATTI, M. **A protensão como um conjunto de cargas concentradas equivalentes**. São Paulo, 2005.

MIGLIORE JUNIOR, A. R. **Curso Concreto Protendido: Projeto e Execução**. Florianópolis, 2013.

NASSER, G.D. (1969). **A look at prestressed flat plate construction**. PCI Journal, v.14, n.6, p.62-77.

PACHECO, A. L. L.; RIBEIRO, B. R. dos S. **Estudo comparativo entre laje maciça simples de concreto armado e concreto protendido não aderente**. Centro Universitário Cesmac, Maceió, 2018.

PFEIL, Walter. **Concreto Protendido**: introdução. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 1984. 204 p.

SOUZA, F.A.C. **Execução de corte de cordoalhas protendidas sem perda de carga**, Belo Horizonte, 2020.

VERISSIMO, G.S; CÉSAR JR, K.M.L. **Concreto protendido: fundamentos básicos**. 1998.

ZILLI, E.; BORTOLOTTI, F. **Estudo comparativo entre estrutura com laje convencional em concreto armado e uma estrutura com laje plana lisa protendida**: estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar na cidade de Pato Branco. 2013. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM ESTACIONAMENTO FOTOVOLTAICO NO CAMPUS DO UNIESP CENTRO UNIVERSITÁRIO

Heitor Vilar Medeiros¹
Nathan Luan Dutra Sarmiento²

RESUMO

A energia elétrica é essencial para a população e, para isso, há uma grande produção em longa escala para atender a demanda relacionada ao crescimento e desenvolvimento da sociedade. Todavia, as fontes não renováveis de energia elétrica condicionam impactos ambientais e levando em consideração a progressiva preocupação ambiental, a procura por energias renováveis vem ganhando ênfase nesse cenário. Desse modo, a energia elétrica advinda da fonte solar se enquadra como uma alternativa viável de energia limpa, diante da sua disponibilidade, capacidade e eficiência de geração, com alta relevância social e ambiental. Partindo desse princípio, este trabalho apresenta um estudo de caso da implementação de um sistema fotovoltaico On-grid no estacionamento do UNIESP Centro Universitário, localizado em Cabedelo-PB, por meio de uma análise do local de estudo e dimensionamento do sistema fotovoltaico através do software **PVsyst 7.2®**, de forma a obter uma análise da viabilidade de implantação do estacionamento fotovoltaico. O sistema resultou em uma geração de potência de 1899 MWh/ano, tornando uma alternativa útil para reverter a problemática vigente, adentrando benefícios que vão desde ambientais e financeiros, a uma possibilidade de melhoria do marketing do centro universitário e benefícios educacionais.

Palavras-chaves: Energia; Fotovoltaico; Estacionamento; Solar; On-grid; **PVsyst 7.2®**.

ABSTRACT

Electricity is essential for the population and, therefore, there is a large scale production to meet the demand related to the growth and development of society. However, non-renewable sources of electricity affect environmental impacts and taking into account the progressive environmental concern, the search for renewable energy has been gaining emphasis in this scenario. In this way, the electric energy coming from the solar source fits as a viable alternative of clean energy, given its availability, capacity and generation efficiency, with high social and environmental relevance. Based on this principle, this work presents a case study of the implementation of an On-grid photovoltaic system in the parking lot of UNIESP Centro Universitário, located in Cabedelo-PB, through an analysis of the study site and dimensioning of the photovoltaic system through the software **PVsyst 7.2®**, in order to obtain an analysis of the feasibility of implementing the photovoltaic parking. The system resulted in a power generation of 1899 MWh/year, making it a useful alternative to revert the current problem, including benefits that range from environmental and financial, to a possibility of improving the university center's marketing and educational benefits.

Keywords: Energy; Photovoltaic; Parking; Solar; On-grid; **PVsyst 7.2®**.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento e desenvolvimento da população, há uma maior transformação do meio ambiente e obtenção de energia, visto que a energia elétrica é essencial para a vida moderna e, por isso, é preciso produzi-la em longa escala para atender toda a população de uma sociedade. Nesse sentido, de acordo com Dutra, et al. (2013), o uso de fontes não renováveis, para produzir toda a energia, é o que prevalece atualmente. Destacam-se ainda que a utilização de fontes não renováveis provoca preocupantes impactos ambientais que vêm sendo comprovados pelos cientistas e sentidos pelas populações mundiais. A preocupação ambiental é progressiva, na maior parte dos países. Por consequência das demandas, as fontes de energias renováveis vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado mundial. Os principais motivos para o aumento na participação de energias renováveis são as preocupações ambientais, desenvolvimento social e econômico, o aumento da competitividade diante da geração convencional.

O Balanço Energético Nacional – BEN (2021) responsável por calcular toda energia ofertada e consumida, produz anualmente um relatório disponibilizado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Segundo o relatório de 2021 usando como ano base o de 2020, no Brasil a produção de energia elétrica atingiu 621,2 TWh, em relação ao ano de 2019 houve uma redução de 0,8%. 82,9% da produção de energia elétrica citada anteriormente, foram referentes as centrais elétricas de serviço público. Observou-se uma redução de 0,4% em comparação a 2019 na geração hídrica, principal gerador de energia do país que hoje corresponde a 65,2% da energia elétrica produzida. A produção de micro e minigerações e distribuição de energia por meio de fonte solar fotovoltaica, com 4.764 GWh e 4.635 MW de geração e potência instalada respectivamente corresponde a 1,66% da geração de energia do Brasil (EPE, 2021).

Com a pandemia devido ao Covid-19 a economia mundial e nacional sofreu um grande impacto. Os setores públicos e comercial tiveram uma queda no consumo de energia, enquanto as indústrias tiveram um aumento de 0,46% no setor de indústria. Todavia, o setor residencial teve um aumento de 4,05% segundo os dados do Balanço Energético Nacional de 2021, devido a população passar mais tempo em suas residências (EPE, 2021).

A humanidade está caminhando para o uso de energia limpa e a geração de energia elétrica por meio da fonte solar pode ser considerada a melhor opção para o consumo no futuro, principalmente na região nordeste, uma vez que é melhor em relação a disponibilidade, acessibilidade, capacidade e eficiência em comparação com outras fontes de energia renováveis (KANNAN; VAKEESAN, 2016). Vários projetos já estão sendo desenvolvidos no mundo, conquistando a aprovação de várias pessoas, seja para uso residencial ou empresarial. Muito vem sendo discutido sobre as necessidades para a energia solar fotovoltaica, onde já ganhou espaço no meio social e sustentável. Esta técnica no Brasil só não é tão abundante por conta do alto custo de implantação, onde o retorno financeiro vem aproximadamente depois de cinco a seis anos.

No presente trabalho foi feito um estudo de caso da implementação de um sistema fotovoltaico On-grid no estacionamento do UNIESP Centro Universitário, localizado em Cabedelo-PB, cujo sistema é capaz de produzir a energia consumida pela instituição ou parte dela para assim gerar uma economia mensal na instituição acadêmica, além disso é possível criar um marketing quanto a essa prática sustentável e também poder ter fins acadêmicos. Para a elaboração do estudo, foi feita uma análise teórica do objeto de estudo, em sequência realizou-se o levantamento de dados e caracterização do local e, por fim, efetuou-se o dimensionamento dos painéis fotovoltaicos e inversores por meio do software **PVsyst 7.2[®]**, de modo a obter uma análise assertiva acerca do potencial de implantação do sistema fotovoltaico.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Efeito Fotovoltaico

Em 1839, Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico, por meio do surgimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica provocada pela absorção de luz. O primeiro mecanismo fotovoltaico proveniente dos estudos da física do estado sólido foi 37 anos depois e no ano de 1956 começou sua produção industrial (PINHO; GALDINO, 2014). O efeito fotovoltaico ocorre em alguns materiais semicondutores, devido à incidência da luz solar, cujo fenômeno ocorre

quando os fótons da luz fazem com que os elétrons saltem em direção à camada de condução, que criará uma tensão e corrente elétrica. A radiação resultante do sol supre a energia requisitada de forma que o elétron salte em direção à banda de condução, com isso, gera-se a energia elétrica e esta é “coletada” pelos condutores da célula (FRAIDENRAICH e LYRA, 1995).

O material mais empregue atualmente para ter o efeito fotovoltaico é o silício (MACHADO; MIRANDA, 2014), material semicondutor e segundo mais farto na superfície da terra.

Tipos De Sistema Solar

On-grid

O sistema On-Grid é o sistema de geração de energia solar fotovoltaica conectada à rede pública de distribuição de energia elétrica da região. Ou seja, quando a quantidade gerada pela unidade é maior do que sua demanda naquele momento ele envia o excedente para a rede pública gerando assim créditos. Créditos esses descontados da sua conta no fim do mês, do seu uso quando o sistema não está gerando energia (chuva, dias nublados, noite). E alguns casos os painéis solares não conseguem suprir a energia necessária da unidade consumidora e assim usa a rede elétrica das concessionárias para suprir o que falta, mesmo nesse modelo onde os painéis não geram 100% da energia necessária é possível ver a economia na energia no fim do mês. (SUNERGIA, 2017).

Off-grid

O Sistema Off-Grid não possui conexão com rede elétrica da concessionária da rede pública, neste caso toda a energia excedente é armazenada em banco de baterias estacionárias. Quando a unidade precisa de energia no lugar de obter a energia na rede pública ele utiliza a que está armazenada nas baterias. Esse tipo de sistema fotovoltaico desconectado da rede elétrica não é recomendado para áreas urbanas, ele é mais bem aproveitado em áreas rurais e/ou remotas que não tem rede pública (URBANETZ JÚNIOR, 2010).

Equipamentos De Um Sistema Fotovoltaico

Painéis Solares

Os painéis de silício monocristalino (m-Si) possuem a tecnologia mais antiga e o preço mais elevado disponível no mercado devido sua eficiência e a pureza do silício e por este motivo resulta na sua alta eficiência (RÜTHER, 2004). É formado por uma estrutura cristalina homogênea ao longo de todo material (PINHO; GALDINO, 2014). As placas com silício policristalino (p-Si) possuem uma qualidade menor comparando ao monocristalina, mesmo usando a mesma matéria prima, tornando-as assim com menor eficiência e menor custo de produção (RÜTHER, 2004).

Outro tipo de painel solar é o de silício amorfo hidrogenado (a-Si) que não tem estrutura cristalina, e por conta disso expondo deficiências estruturais. Para ser usado em placas solares é necessário misturar hidrogênio (hidrogenização) para assim reduzir os fatores ruins. Por conta disso, ela possui o menor custo, mas ao mesmo tempo apresenta a menor taxa de geração elétrica. (CALAIA, 2011)

Segundo Calaia (2011), os painéis de filmes finos fazem parte da segunda geração de módulos fotovoltaicos, foi resultado de precisar reduzir o consumo de silício, visto que sua procura é maior do que sua oferta. Eles são fabricados em cima de um substrato de vidro, e por isso tem como principais características o seu valor de custo mais baixo e seu aspecto estético. Ruther (2004) afirma que pelas características citadas acima esses painéis solares poderão dominar as aplicações integradas em construções no Brasil.

Inversores

Os inversores, também chamados de conversor CC-CA, tem a função de receber a energia dos painéis fotovoltaicos que é gerada em corrente contínua e transforma em corrente alternada com todas as características indispensáveis para realizar a interconexão com a rede elétrica. (RÜTHER, 2004).

Baterias

Em sistemas isolados da energia elétrica da distribuidora (Off-grid) é necessário o uso de baterias para armazenar toda energia produzida para ser usada

nos períodos em que a geração é nula ou insuficiente para o uso, como dias de chuva, nublados, noite, e/ou com baixo índice de solar (PINHO; GALDINO, 2014).

Em países na Europa e Estados Unidos, esses sistemas são utilizados como um “sistema de emergência” para quando ocorrer falta de energia na rede elétrica as baterias serem acionadas. No Brasil, no caso de micro e minigeração, regulamentada pela RN Anel N° 482/2012 (ANEEL, 2012b), não há regulamentação para esse tipo de ligação, e as distribuidoras de energia não permitem. A bateria mais utilizada é a eletromagnética (PINHO; GALDINO, 2014).

Controladores de carga

O controlador, assim como a bateria, só é utilizado no sistema off-grid, tem a função de desligar o sistema fotovoltaico quando a bateria chega a sua carga plena e acabar o fornecimento quando a carga da bateria chegar ao nível mínimo de segurança. Alguns controladores modernos monitoram o desempenho da carga da bateria, sensor de temperatura e alarmes de seguranças (PINHO; GALDINO, 2014).

Índice Solarimétrico

Para estudo da implantação de um sistema de energia solar se faz necessário a análise da radiação solar no ambiente de instalação, de forma a verificar o potencial de aproveitamento do recurso energético solar. Com o histórico da radiação solar, pode-se, assim, realizar o dimensionamento do sistema fotovoltaico e obter o estudo da viabilidade de implantação deste (OLIVEIRA; KOLODZEI; COSTA, 2018).

O Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB), advindo do Atlas Brasileiro de Energia Solar desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponibiliza a radiação média diária mensal para diferentes ângulos de incidência solar (PEREIRA, et al., 2006). Desse modo, se faz necessário o entendimento da inclinação da placa solar para que seja aproveitada a maior parte da energia solar.

A radiação solar (W/m^2) pode ser descomposta em direta ou difusa. A radiação direta consiste na incidência na linha entre o Sol e a superfície, cuja parcela não há processos radiativos de absorção e espalhamento na atmosfera. Enquanto a componente difusa representa a radiação advinda de todas as direções

provenientes do espalhamento pelos gases e partículas da atmosfera. As componentes podem ser representadas como: irradiância extraterrestre (G_0), irradiância direta normal (G_n), irradiância difusa horizontal (G_{dif}), irradiância direta horizontal (G_{dir}), irradiância global horizontal (G) e irradiância do plano inclinado (G_i) (PEREIRA, et al., 2017).

Legislação

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi criada em 1996 pela lei 2427/96 para regulamentar e fiscalizar a utilização da energia no Brasil de qualquer produção, distribuição, transmissão e comercialização (BRASIL, 1996). Em 2012 foi lançada uma Resolução Normativa (RN) que foi o marco para as energias renováveis principalmente a solar RN 482, que liberou o cidadão a produzir sua própria energia. Essa legislação impunha a concessionária a ter meios para o usuário final gerar sua própria energia e ainda o “bonificar”, criando assim o crédito energético, onde o consumidor final pode gerar crédito com a energia extra injetada na rede pública para ser usada posteriormente quando não conseguir gerar o suficiente para sua demanda (ANEEL, 2012).

Segundo a RN 482, junto com a RN 687, sendo esta última resolução a atualização da primeira, a geração com potência igual ou inferior a 75 kW é denominada microgeração, já quando a potência é menor que 5 MW, consiste em minigeração (ANEEL, 2015). Em 2018 foi instituída a Política Nacional de Energia Solar Fotovoltaica (PRONASOLAR), que tem como intuito de ampliar a utilização de fontes de energias renováveis, tendo como foco energia solar. Tem como destaque nessa legislação linhas de crédito para a energia fotovoltaica, com condições de juros e pagamentos mais acessíveis (PINTO JÚNIOR, 2020).

Garagem Solar

A garagem solar, conhecida em outros países como solar *carport*, é a integração de estrutura com painéis fotovoltaicos. Tem como função além de geração de energia limpa cobrir estacionamentos de carros para os proteger dos intemperes. A diferença desse sistema para o instalado no chão é só a altura do solo que é mais elevada para os carros ficarem embaixo. Em relação aos layouts, o que muda principalmente nos projetos de solar *carport* é a inclinação do telhado e em alguns casos a forma do apoio no solo (OLIVEIRA; KOLODZEI; COSTA, 2018).

Na Universidade do Estado de Michigan, foi construído um sistema de garagem solar sobe 5 mil vagas de garagem com aproximadamente 40 mil painéis fotovoltaicos, com uma potência total de 13 MW (CARTER, 2017). Na fábrica da SterBom, localizada no Distrito Industrial Parnamarim-RN, foi colocado um sistema com 1.134 painéis instalados com área total de 1.884 metros quadrados e 150 vagas de garagem (RIOGRANDEDONORTE, 2015).

Na cidade de João Pessoa-PB há o sistema de garagem solar no campus do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), sistema esse com uma capacidade de produção de 95 kWp que representa 5% do consumo do instituto.

METODOLOGIA

O artigo consistiu em um estudo de caso da implantação de um sistema de energia fotovoltaica por meio de garagens solar no estacionamento do campus UNIESP Centro Universitário, localizado na rodovia BR 230 no Km 14 no bairro Morada Nova na cidade de Cabedelo-PB. O estudo de caso consiste em um método de pesquisa com frequentes dados qualitativos, levantados em eventos reais. Esse método apresenta como objetivo explicar, explorar ou descrever os fenômenos adentrados ao seu próprio contexto, como também, possui detalhes de objetos, com a finalidade de apresentar conhecimentos profundos (EISENHARDT, 1989; YIN, 2009 apud BRANSKI; FRANCO; LIMA JÚNIOR, 2010).

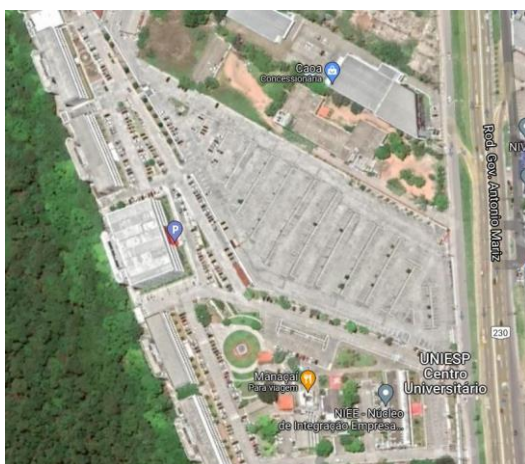
Para o desenvolvimento do trabalho, primeiramente foi feito um estudo aprofundado das principais literaturas no Google Escolar, ANEEL, biblioteca, bancos de dados da Energisa. Em sequência, realizou-se o levantamento de dados por meio da caracterização do local de implantação do sistema, além da medição do estacionamento auxiliada pela ferramenta do Google Maps. Posteriormente, foi realizada uma confirmação das medidas através de uma verificação *in loco*, no estacionamento cujo sistema fotovoltaico será implantado. Além disso, diante da ausência dos dados de consumo da instituição de ensino, a energia calculada para os painéis é a máxima que o estacionamento consiga gerar. Para o dimensionamento das placas solares, inversores e outros componentes, assim como também a obtenção de dados do sistema fotovoltaico, será utilizado o software PVsyst 7.2®.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Localização E Características

O local do estudo é o UNIESP Centro Universitário, localizado na Rodovia BR 230 Km 14 no bairro Morada Nova, na cidade de Cabedelo – PB (Figura 1). A instituição foi fundada em setembro de 1998 e tem em sua estrutura 8 grandes blocos repletos de salas de aulas, auditórios e laboratórios, biblioteca, espaço de vivência com praça de alimentação e amplo estacionamento (UNIESP, s.d.).

Figura 1 – Localização do UNIESP



Fonte: Google Maps (2021).

Cálculo Da Área Disponível

Para dimensionar a garagem fotovoltaica se fez necessário o quantitativo da área total disponível, pois como não é conhecido o consumo mensal na instituição, os painéis vão gerar a energia máxima permitida pela local. Desse modo, para o cálculo da área, o estacionamento foi dividido em 12 garagens fotovoltaicas e suas áreas foram calculadas por meio de medição *in loco*, deixando livre as áreas de circulação de trânsito de carros e ônibus (Figura 2). No total são 448 vagas de veículos com dimensão de 2,50 x 5,00 m. Também foi levado em consideração que não haverá problemas com sombreamento das placas. Por meio do Google Maps foi visto que a construção mais próxima é um comercio térreo à 20,27 m de distância do estacionamento fotovoltaico, segundo medição feita pelo mesmo programa anteriormente mencionado.

Figura 2 – Esquema de divisão das garagens contidas no estacionamento



Fonte: Adaptado do Google Earth Pro (2021).

Na Tabela 1 abaixo, estão listadas as áreas equivalentes das garagens.

Tabela 1 – Área referente à garagem

Garagem	Área (m²)
1	360
2	480
3	660
4	690
5	735
6	795
7	825
8	705
9	570
10	435
11	300
12	165
TOTAL	6720

Fonte: Autor (2021).

Utilização Do Software Pvsyst 7.2[®]

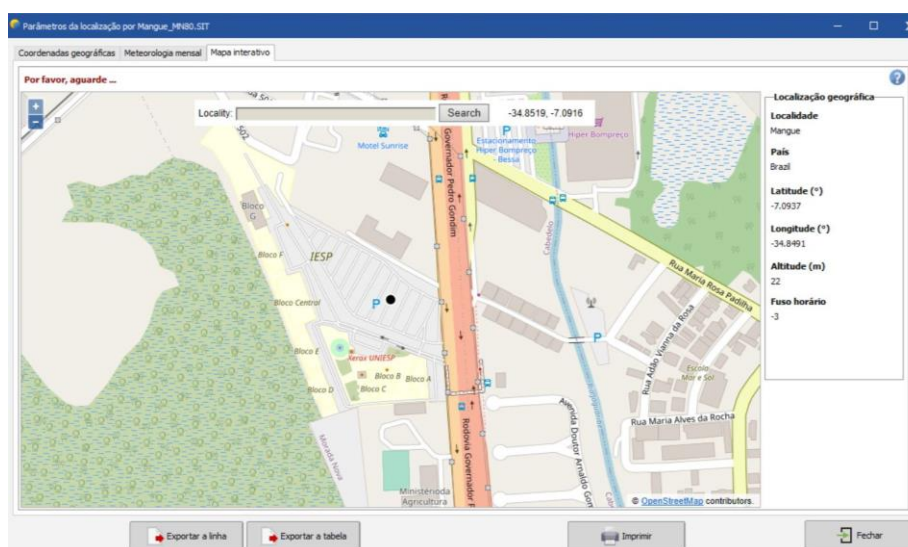
Esse software possui no seu sistema dados de uma grande quantidade de inversores e módulos fotovoltaicos de diferentes potencias e marcas, isso junto com a sua função de realizar teste de potência de geração, definir as perdas, analisar o caminho do sol na localização determinada, entre outras ferramentas junto com as

configurações escolhidas pelo projetista do sistema facilita bastante a entender melhor a combinação para determinado projeto.

Localização, dados meteorológicos e orientação das placas

A primeira configuração necessária para analisar o local da instalação é saber as coordenadas geográficas do local para que o programa consiga localizar os dados meteorológicos e obter o índice solarimétrico do local (Figura 3). No caso do UNIESP, quando colocada a longitude e latitude ele nomeia a localização como “Ipês I e II- Tancredo Neves”.

Figura 3 – Localização geográfica



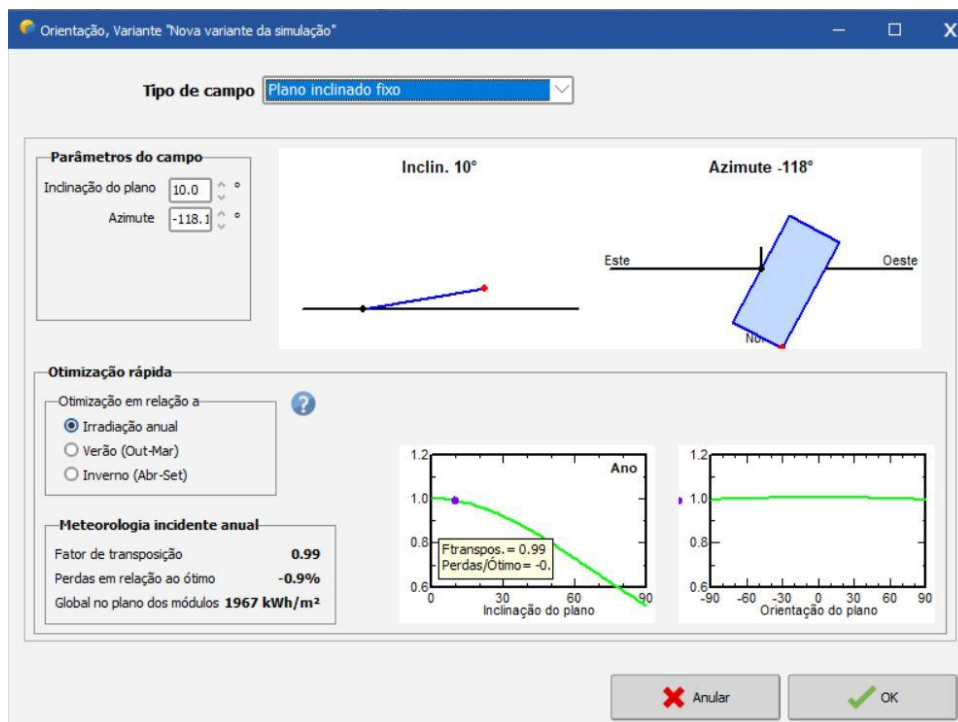
Fonte: Autor (2021).

Em seguida foi analisada a posição do estacionamento em relação ao norte e se fez necessário decidir a inclinação das placas fotovoltaicas (Figura 4). Como a garagem solar não tem apenas a função de gerar energia, mas também proteger os carros do sol, foi visto que a melhor inclinação seria de 10°, pois após analisar as outras inclinações, observou-se que quanto mais baixo o valor, mais energia ele gerava e menor a tendência que essa inclinação tem de causar problema em relação à água da chuva não escorrer corretamente.

Para identificar o azimuth do local foi usado o programa Google Earth Pro, por meio da função régua (Figura 5). Como o programa é suíço, é possível notar que a bússola está invertida, pois na Suíça eles colocam os painéis direcionados para o

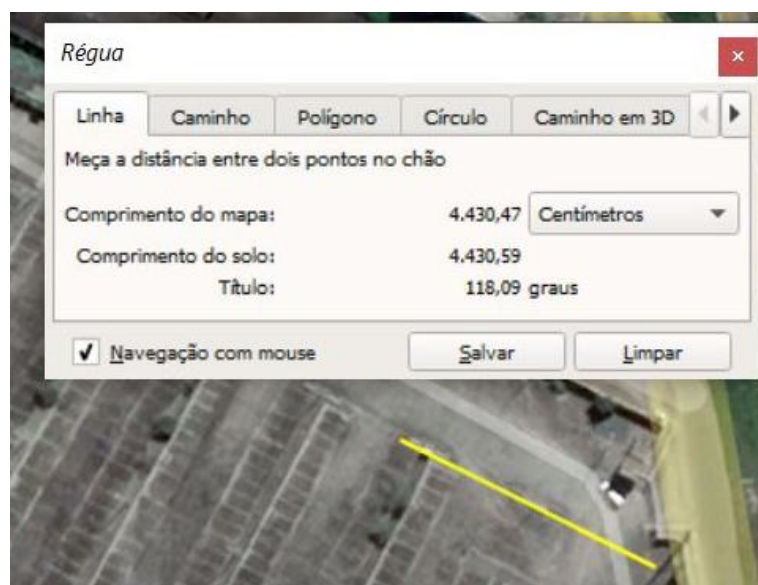
sul, diferente do Brasil, por este motivo o valor do azimuth obtido no Google Earth Pro de 118,09 tem que ser passado para o programa em valor negativo, como -118,09.

Figura 4 – Orientação das placas fotovoltaicas



Fonte: Autor (2021).

Figura 5 – Função régua Google Earth Pro



Fonte: Google Earth Pro (2021).

Configuração das temperaturas

É de suma importância definir as temperaturas que o sistema fotovoltaico operará em algumas situações (Figura 6), a temperatura tem extrema importância na operação das placas pois quanto menor a temperatura maior será a tensão no sistema fotovoltaico, e conseqüentemente, quanto maior a temperatura menor será a tensão. Para a temperatura mais fria não é recomendado utilizar a média da temperatura mínima, pois acontecerá situações da temperatura ser inferior a ela, por esse motivo e por segurança, foi colocada a temperatura mínima 15 °C.

Figura 6 – Função régua Google Earth Pro

Parâmetros da localização		Predefinido
temperaturas de referência para o dimensionamento do grupo segundo as tensões de entrada do inversor	Temperatura baixa para limite de Tensão Absoluta	15 °C ☐
	Temperatura de funcionamento de inverno para VmppMax	30 °C ☐
	Temperatura habitual de funcionamento é inferior a 1000W/m²	60 °C ☐
	Temperatura de funcionamento de verão para VmppMin	70 °C ☐

Fonte: Autor (2021).

Placa fotovoltaica

Após o estudo teórico foi escolhida a placa fotovoltaica de silício policristalino, por conta do seu preço no mercado, sua eficiência e vida útil do painel. O módulo escolhido foi da marca BYD que é bastante conhecida no mercado aqui na região, o modelo da marca foi BYD-350-PHK-36. Usando o dado da área disponível do local para calcular a quantidade de placas, chegou a um total de 3321 placas fotovoltaicas (Figura 7).

Figura 7 – Seleção do módulo e quantidade de placas

Seleção do módulo FV

Disponíveis: Filtro: Todos os módulos FV Nr. de módulos máximo: 3321

BYD 350 Wp 33V Si-poly BYD-350-PHK-36 Desde 2020 Datasheets 2020

☐ Utilizar otimizador

Dimens. das tensões : Vmpp (60°C) 33.9 V
Vco (-10°C) 51.3 V

Fonte: Autor (2021).

Inversor

Dando continuidade ao dimensionamento é necessário escolher o inversor do sistema. Após analisar a quantidade de placas e potência gerada por elas foi escolhido o inversor da marca ABB, modelo PVS800-7-000KW-A, pois combina muito bem com o modulo escolhido anteriormente (Figura 8). Para esse sistema a melhor configuração é usar 2 unidades de inversores desse modelo.

Figura 8 – Seleção do inversor

Seleção do inversor

Todos os inversores Tensão de saída 300 V Tri 50Hz

ABB 500 kW 450 - 825 V TL 50/60 Hz PVS800-57-0500kW-A Até 2020

N.º de inversores 2 Tensão de funcionamento: 450-825 V Potência global inv. 1000 kWca

Tensão máxima entrada: 1000 V

Fonte: Autor (2021).

Arranjo módulo/inversor

Com os dois principais itens definido, módulos solares e inversores, é necessário escolher o melhor modo de ligá-los para que o sistema não perca eficiência. Sendo assim, serão ligados em série 20 módulos em 166 strings. E o sistema calcula que as perdas sobre potência nesse caso são de 0.0% (Figura 9).

Figura 9 – Número de módulos e strings

Dimensionamento do grupo

Número de módulos e strings

Mod. em série 20 entre 14 et 20

Nr. strings 166 entre 143 et 166

Perdas sobre-pot. 0.0 %

Rácio Pnom 1.16

Nº de módulos 3320 Superfície 6561 m²

Fonte: Autor (2021).

Simulação

A simulação, como abordada anteriormente, foi calculada usando como base a área disponível no local. O modelo de ligação dos painéis fotovoltaicos na rede elétrica é o on-grid, ou seja, acoplado a rede elétrica da cidade (Figura 10).

Figura 10 – Simulação do sistema

Parâmetros da simulação					
Projeto	Garagem Fotovoltaica UNIESP - TCC Heitor Medeiros		Grupo FV		
Localização	Ipês I e II - Tancredo Neves		Módulos FV	BYD-350-PHK-36	Inversor PVS800-57-0500kW-A
Tipo sistema	Acoplado à rede		Potência nominal	1162 kWp	Pot. nom. inv. 500 kW
Simulação	01/01 para 31/12 (Dados meteorológicos genéricos)		Tensão MPP	38.9 V	N.º de inv. 2
			Corrente MPP	9.0 A	

Fonte: Autor (2021).

Ao fim da simulação obteve-se um sistema com geração de energia equivalente à 1899 MWh/ano (Figura 11).

Figura 11 – Simulação do sistema

Resultados principais					
Produção do sistema	1899 MWh/ano	Prod. normalizada	4.48 kWh/kWp/dia		
Prod. específica	1634 kWh/kWp/ano	Perdas do grupo	0.79 kWh/kWp/dia		
Índice de performance	0.834	Perdas do sistema	0.11 kWh/kWp/dia		

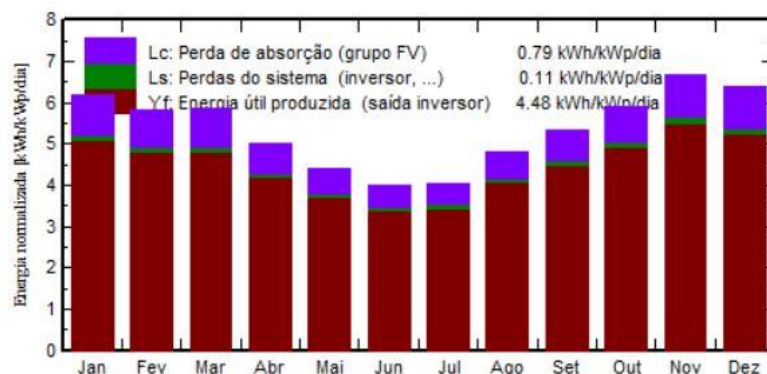
Fonte: Autor (2021).

O software fornece o gráfico mensal da geração de energia levando em consideração a meteorologia do local. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (2021) o verão se iniciou em 21 de dezembro 2020 e acabou no dia 20 de março de 2021, com isso pode-se observar que o mês antes do verão (novembro) e até o fim dessa estação (março) é onde temos o maior índice de geração de energia pelo sistema fotovoltaico (Figura 12).

A produção do sistema é de 1899 MWh/ano, com a produção normalizada em 4,48 KWh/KWp/dia com índice de performance de 83,4% (Figura 11). Também é possível observar que a perda de absorção (Lc) das placas fotovoltaicas é de 0,79 kWh/kWp/dia. Já as perdas do sistema (Ls) foi um número bem inferior, quase imperceptível no gráfico, 0,11 kWh/kWp/dia. E os meses de menor geração de energia são junho e julho (Figura 12).

Figura 12 – Potência geradora e perdas

Produções normalizadas (por kWp instalado): Potência nominal 1162 kWp

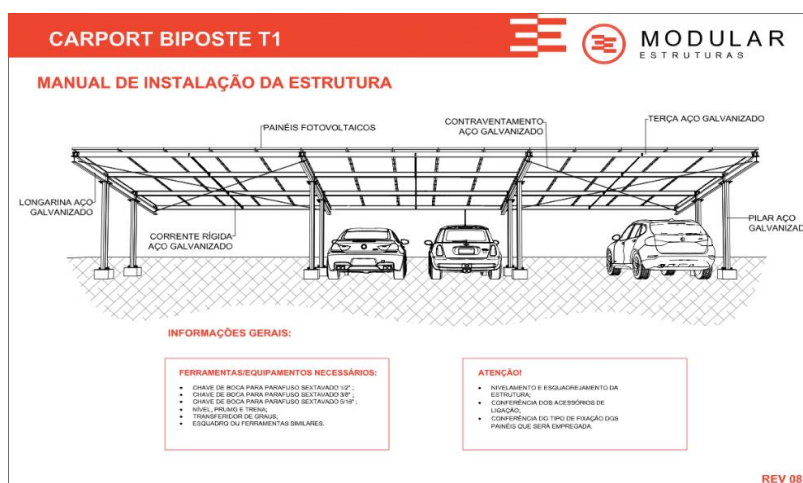


Fonte: Autor (2021).

Análise Da Viabilidade De Implantação Da Garagem Solar No UNIESP Centro Universitário

O motivo para a escolha da implantação do sistema fotovoltaico como uma garagem solar, é que ao invés de colocar as placas solares em um local usual como em cobertas de uma edificação, são os benefícios a mais que elas possuem. Como elas serão implantadas em um local externo não atrapalha o dia a dia das aulas, além disso as estruturas metálicas que sustentam os módulos fotovoltaicos poderão ser fabricadas em outros locais e só montadas no dia da instalação contribuindo assim para uma rápida instalação. Na Figura 13 está exposta a estrutura de um sistema de garagem solar.

Figura 13 – Detalhamento da estrutura da garagem solar



Fonte: MODULAR ESTRUTURAS, 2021.

Além da economia com a energia elétrica e o conforto térmico causado pelo sombreamento nos veículos de alunos e colaboradores, obtém-se um ambiente mais agradável e seguro para os automóveis ali estacionados e as pessoas que circulam na redondeza (NICOLA, et al.). A garagem solar gera outros benefícios financeiros para a instituição, um exemplo é no setor de marketing que pode fazer campanhas expondo o projeto e mostrando um centro universitário preocupado com o meio ambiente, por esse motivo as placas são orientadas para a BR 230, para assim chamar a atenção das pessoas que passarem na frente do UNIESP e ainda ajudar na estética da fachada deixando-a com aspecto de moderno e ao mesmo tempo sustentável. As Figuras 14 e 15 apresentam a garagem solar exposta no Instituto Federal da Paraíba (IFPB) campus João Pessoa, tornando-se um exemplo ao que poderia ser implantado no Centro Universitário UNIESP.

Figura 14 – Parte inferior da garagem solar do IFPB



Fonte: Autor (2021).

Figura 15 – Vista lateral da garagem solar do IFPB



Fonte: Autor (2021).

Ademais, por meio desse sistema também é possível fazer parcerias com empresas automotivas para fazer pontos de abastecimento para carros elétricos, onde o centro universitário fornece algumas vagas e a empresa faz a estrutura de abastecimento e paga um aluguel pelo espaço, além disso ainda é um diferencial ter um estacionamento elétrico para os alunos.

Os painéis solares têm a mesma vida útil se estivessem na cobertura, que é entorno de 25 anos com manutenções a cada 5 anos, fora isso é necessária uma limpeza nas placas e o intervalo de tempo entre elas depende do local onde as placas se encontram (PINHO; GALDINO, 2014). No estacionamento a limpeza é mais fácil de ser realizada por conta do maior espaço e menor risco de acidente comparado com as placas que se localizam em cobertas.

Outrossim, o estacionamento fotovoltaico pode ser usado na parte acadêmica do centro universitário como um laboratório para os alunos, onde eles conseguem observar todos os componentes do sistema, a estrutura dos equipamentos, como também podem ver o projeto fotovoltaico e depois observar como ficou depois da execução; podendo ser a porta para uma disciplina no curso de engenharia civil ou até para uma pós-graduação na área, visto que a busca por inovações e práticas sustentáveis tem aumentado com o passar dos anos.

O estudo realizado por Oliveira, Kolodzei e Costa (2018) mostra o potencial de implantação do estacionamento fotovoltaico, o qual obteve dois sistemas fotovoltaicos no estacionamento do campus Ecoville da Universidade Tecnológica

Federal do Paraná (UTFPR) com estimativa de geração aproximada de 381.204 kWh/ano e investimento inicial de R\$ 1.688.376,76, cujo retorno financeiro foi satisfatório, sendo estimado em 7 anos. A pesquisa realizada por Custódio, et al. (2018) também mostra a viabilidade de implantação de um estacionamento solar, localizado no Centro de Eventos Luiz Henrique da Silveira (CELHS) em Florianópolis-SC, o qual obteve como proposta uma energia gerada pelo gerador de 1 MWp sendo viável para suprir a demanda de energia do Centro de Eventos e exportar no mínimo 70% da energia gerada para outras unidades consumidoras por meio do sistema de compensação de energia regulamentado pela ANEEL.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a procura cada vez maior pela sustentabilidade e redução da geração de energia não renovável no ano 2020 em relação a 2019, o uso de energia solar vem aumentando com o passar do tempo. Com a chegada da pandemia do Covid-19 houve uma maior procura não só pela questão do meio ambiente, mas também devido a economia financeira que algumas práticas sustentáveis podem causar a curto e longo prazo. Partindo desse princípio, a energia fotovoltaica ganha destaque para utilização no campus do Centro Universitário UNIESP, visto que há um alto potencial para a geração da energia limpa no estacionamento, além da disponibilidade de uma grande área proposta para a instalação do sistema fotovoltaico.

Por meio do programa suíço **PVsyst 7.2[®]**, obteve-se os dados dos equipamentos e simulação do seu funcionamento levando em consideração a localização, meteorologia e posição das placas. O sistema de garagem fotovoltaico calculado no software chegou ao resultado que gera 1899 MWh/ano, com índice de performance muito bom e com sua produção média em 4,48 KWh/KWp/dia. Além disso foi analisado as vantagens que a execução de um projeto desse traria para o UNIESP Centro Universitário, esse estilo de construção comparada com a convencional terá vantagens que bem aproveitadas irá contribuir na redução do tempo do retorno financeiro do investimento, além de garantir maior sustentabilidade, visto que o sistema convencional gera um certo teor de impactos. Desse modo, a implantação desse sistema torna-se viável no campus do centro universitário.

Para uma análise mais detalhada e melhor entender a viabilidade econômica da implantação do sistema, recomendamos que para outros estudos se considere o consumo de energia do UNIESP Centro Universitário, para assim conseguir entender a porcentagem de energia que o sistema consegue suprir e analisar o investimento/retorno.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, DF, 19 abr. 2012. Disponível em: < https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/08/REN-482_2012.pdf>. Acesso em: 27 de ago. de 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, DF, 02 dez. 2015. Disponível em: < https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/08/REN-482_2012.pdf>. Acesso em: 27 de ago. de 2021.

BRANSKI, R. M.; FRANCO, R. A. C.; LIMA JÚNIOR, O. F. Metodologia de estudo de caso aplicada à logística. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES (XXIII ANPET), 24., 2010, Salvador. **Anais[...]**. Salvador, 2010.

BRASIL. Lei nº 9427, de 26 de dezembro 1996. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 27 de dez. 1996. Disponível em: < [L9427consol \(planalto.gov.br\)](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1996/L9427.htm)>. Acesso em: 27 de agosto de 2021.

CALAIA, F. J. S. **Estudo comparativo de três tecnologias fotovoltaicas**: Estudo experimental com transposição para um nível macro. 2011. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2011. Disponível em: < https://oldquc.qa.vps.tecnico.ulisboa.pt/publico/departament/theses.do;jsessionid=C009C9F8C5153C91BDA583D2A381AE40?method=showThesisDetails&selectedDepartmentUnitID=1911260507836&thesisID=2353642338642&request_checksum_=088a5adf24638c66375a28e9cd4adbc428801cc9>. Acesso em: 26 de agosto de 2021.

CARTER, H. New solar panel carports could save MSU \$10 million in electricity costs. **The State News**. 5 set. 2017. Disponível em: < [New solar panel carports could save MSU \\$10 million in electricity costs - The State News](#)>. Acesso em: 10 novembro de 2021.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA-CEPEL. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2014.

DUTRA, J. C. D. N.; BOFF, V. Â.; SILVEIRA, J. S. T.; ÁVILA, L. V. Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 34, n. 124, p. 225-243, 2013.

EMPRESA de Pesquisa Energética - EPE. **Balanco Energético Nacional 2021:** Ano base 2020. EPE, 2021, 291p. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2021.

ESTACIONAMENTO Solar: RN tem o maior do Brasil. **RIOGRANDEDONORTE.net**. Em Pauta. 19 de agosto de 2015. Disponível em: <<http://www.riograndedonorte.net/energia-solar/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2021.

FRAIDENRAICH, N.; LYRA, F. **Energia solar:** fundamentos e tecnologias de conversão heliotérmica e fotovoltaica.: Ed universitária da UFPE. Recife, 1995.

KANNAN, N.; VAKEESAN, D. **Solar energy for future world:** - A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 62, p. 1092 – 1105, 2016. PAL, S. et al. Energy performance and economic viability of advanced window technologies for a new Finnish townhouse concept. Applied Energy, n. 162, p. 11 – 20, 2016.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. 2014. v. 7 n. 1 (2015): **Revista Virtual de Química** (Ano Internacional da Luz). Disponível em:<<https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/664>>. Acesso em 10 de novembro de 2021.

NICOLA, V. A., et al. Estudo e implementação de um estacionamento solar fotovoltaico conectado à rede elétrica. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. 2018, Gramado. **Anais...** Gramado, 2018.

NONATO, V. S. B. **São Paulo capital, balanço do verão/2020 e prognóstico para o outono 2021.** Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. 22 de mar. 2021. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/noticias/s%C3%A3o-paulo-capital-balan%C3%A7o-do-ver%C3%A3o-2020-e-progn%C3%B3stico-para-o-outono-2021>>. Acesso em: 10 de outubro de 2021.

OLIVEIRA, B. S.; KOLODZEI, S. L. F.; COSTA, V. E. **Estudo de viabilidade técnica e econômica para implantação de estacionamento fotovoltaico no campus Ecoville da UTFPR.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

PEREIRA, E. B., et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** São José dos Campos, INPE, 2017, 2ª edição, 80p.

PEREIRA, E. B., et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** São José dos Campos, INPE, 2006, v. 1, 64p.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: CEPEL - CRESESB, 2014. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual de Engenharia FV 2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual%20de%20Engenharia%20FV%202014.pdf). Acesso em: 25 de ago. 2021.

PINTO JÚNIOR, L. A. W. **O que diz a legislação de Energia Solar no Brasil? Confira 5 pontos!** HCC Energia Solar. 29 de jun. 2020. Disponível em: <<https://hccenergiasolar.com.br/posts/o-que-diz-a-legislacao-de-energia-solar-no-brasil-confira-5-pontos/>>. Acesso em: 25 de ago. 2021.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos:** o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. 1 ed. Florianópolis: UFSC/LABSOLAR, 2004.

SUNERGIA. **Qual a diferença entre sistemas On-Grid e Off-Grid.** 2017. Disponível em: <https://sunergia.com.br/blog/qual-a-diferenca-entre-sistemas-on-grid-e-off-grid/>. Acesso em: 28 ago. 2021.

UNIESP. **Bem-vindo ao UNIESP.** Disponível em: <<http://www.iesp.edu.br/institucional/a-faculdade>>. Acesso em: 15 de setembro de 2021.

URBANETZ JÚNIOR, J. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Redes de Distribuição Urbanas:** Sua Influência na Qualidade da Energia elétrica e Análise dos Parâmetros que Possam Afetar a Conectividade. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

SONDAGEM HÍBRIDA: IMPLEMENTAÇÃO DE ELEMENTOS DE AUTOMAÇÃO AO PROCESSO DE SONDAGEM A PERCUSSÃO

Arthur Menezes Ferreira¹
Maria Beatriz de Freitas Lins Silva²
Nathan Dutra Sarmento³

INTRODUÇÃO

A execução de uma obra é composta por várias etapas, considerando as etapas construtivas da obra é de fundamental importância se atentar ao estudo preliminar do solo, onde é classificado por ser um processo técnico e que fornece várias informações sobre a geologia do terreno a ser utilizado. Chama-se a técnica de avaliar as características do solo de sondagem, esse procedimento pode ser realizado através de várias maneiras, mas o método mais utilizado no Brasil é o *Standard Penetration Test* (SPT) devido ao seu baixo custo e fácil manuseio por ser realizada à percussão (GEOSCAN, 2019).

De acordo com Casan (1996), a sondagem a percussão é um método para investigação de solos em que a perfuração é obtida através do golpeamento do fundo do furo por peças de aço cortantes. Além disso, a Norma Técnica da ABNT (NBR 6484:2020), afirma que a sondagem à percussão é realizada através da perfuração e cravação dinâmica de amostrador-padrão, a cada metro, resultando na determinação do tipo de solo e de um índice de resistência, bem como da observação do nível do lençol freático. Conforme, Schnaid e Odebrecht (2012), o procedimento realizado por SPT é, reconhecidamente, a mais popular, rotineira e econômica ferramenta de investigação geotécnica, tendo suas vantagens em relação à simplicidade do equipamento e baixo custo para realização.

A sondagem a percussão possui uma grande importância na construção civil, pois todo o custo deste serviço será revertido em benefícios para obra, e na economia que obterá no dimensionamento do projeto de fundação, evitando o desperdício de material por não conhecer as condições do solo. Além disso, a não execução da prospecção do subsolo antes de iniciar uma obra torna-a sujeita a

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil, E-mail: arthurmenezes0@gmail.com

² Graduanda do Curso de Engenharia Civil, E-mail: beatriz.freeitass@outlook.com

³ Professor Orientador, Graduado em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal de Campina Grande, Mestrado em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal da Paraíba, Docente do Uniesp, E-mail: nathan.sarmento@iesp.edu.br

manifestações patológicas futuras que poderiam ter sido evitadas (GALVÃO *et al.*, 2019).

Conforme Folle (2002) é muito importante possuir o conhecimento do comportamento e condições do solo subsuperfície para fim de projetos seguros e econômicos em obras civis. Ainda que, a formação do subsolo é muito complexa devido aos fenômenos naturais que envolvem processos físicos e químicos interagindo simultaneamente. Portanto, é necessário conhecer a geologia básica de formação do solo em que se pretende estudar.

A sondagem manual é executada com o uso do tripé e de procedimentos manuais para aplicação dos golpes ao conjunto do amostrador, enquanto a sondagem mecânica utiliza-se de equipamentos que aplicam golpes ao conjunto do amostrador de maneira automática e sem interferência humana. Sendo assim, existem vantagens e desvantagens quanto ao custo e a segurança. O processo manual tem um custo mais acessível, geralmente é realizado por mão-de-obra não especializada, o material não requer um gasto elevado e é considerado bem mais prático (relacionado com a montagem e deslocamento do equipamento) quando comparado com a sondagem mecanizada, porém possui profundidade limitada e desgaste humano. Em relação à sondagem mecanizada, seu processo tem uma maior precisão, ganho de tempo e confiabilidade, além de poder alcançar profundidades mais elevadas e ser mais ágil (relacionado ao tempo de execução do ensaio) que o processo manual. Mas, de acordo com estudos realizados as diferenças existentes em cada processo não há grande interferência nos resultados obtidos por cada um deles, sendo assim, seus resultados são aceitáveis (GALVÃO *et al.*, 2019).

Segundo Silva, Azevedo e Cunha (2021), as mudanças ocasionadas pela globalização e pelos avanços tecnológicos podem atingir a construção civil. A informatização da sondagem a percussão e a utilização da inteligência artificial na investigação geológico-geotécnica podem favorecer tanto a melhoria da qualidade, como a eficiência dos serviços, pois diminuirá a probabilidade de erros humanos.

Um dos impactos dessa globalização na engenharia civil é a implementação do termo Indústria 4.0, que segundo Gomes, Santos e Campos (2018) é a digitalização da produção industrial, ou seja, a utilização de técnicas modernas de informação e comunicação com o intuito de aprimorar a produção industrial. O

processo de automação já está sendo bastante explorada no mercado da engenharia civil visando proporcionar uma maior produtividade, economia de recursos e mão de obra, redução do desperdício de matéria prima, maior qualificação da mão de obra, diminuição da possibilidade de ocorrência de acidentes com o trabalhador, além de em determinados casos reduzir bastante a possibilidade de falha humana no processo.

Portanto, o objetivo deste trabalho consiste em desenvolver uma alternativa híbrida (parcialmente automatizada) do processo de sondagem manual através de uma adaptação do modo convencional utilizando-se do auxílio de ferramentas tecnológicas, buscando diminuir imprecisões e aprimorar a precisão do processo de sondagem à percussão. Desenvolvendo um protótipo em escala reduzida de um equipamento com custo acessível e de simples composição, com o objetivo de tornar a tecnologia mais atingível e viável, adiante de um estudo comparativo a fim de verificar a eficácia do sistema proposto.

Além disso, existe um ponto muito significativo, que é a saúde e segurança do profissional, visto que, a realização do ensaio torna-se bem exaustiva aos trabalhadores, pois devemos levar em consideração desde o início da operação, que seria o deslocamento dos equipamentos até o local que será realizado o processo de sondagem a percussão até o momento da execução propriamente dita. Com isso, os empregados estão expostos a riscos de acidentes, podendo desenvolver várias lesões por consequência do trabalho. Dessa forma, buscamos implementar ferramentas tecnológicas para contribuir na saúde e segurança do profissional para melhoria da qualidade de vida.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ensaio de penetração dinâmica é operado desde o início do século XX, onde é descrito em diversos manuais de Geotecnia e de Geologia de Engenharia. Este ensaio é utilizado na prospecção dos solos, avaliando desde a sua resistência até nível de lençol freático. O SPT tem sido o teste mais utilizado em todo o mundo como instrumento para investigações preliminares para projetos de fundações, devido a sua simplicidade (BONDO; CARVALHO, 2011). Este método serve como indicativo da densidade de solos granulares e é aplicado também na identificação da

consistência de solos coesivos, e mesmo de rochas brandas (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012).

Para executar diferentes tipos de obras dentro da engenharia civil, é essencial que essas obras sejam projetadas após o conhecimento adequado do terreno (subsolo) onde serão implantadas para que o desenvolvimento do projeto seja feito com alternativas que levem as soluções tecnicamente seguras e economicamente viáveis de fundações. Além disso, o planejamento para uma exploração do subsolo visa obter informações e características de um terreno para alguns fatores importantes do tipo de solo (TSUTSUMI, 2007).

A realização do procedimento da sondagem é regida pela norma NBR 6484 (Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio), a qual tem como objetivo descrever o modo de execução dos ensaios de sondagem, tendo como finalidade a determinação dos solos e suas respectivas profundidades, posição do lençol freático e índices de resistência a cada metro. Além disso, existem outras normas para auxiliar no processo de sondagem, como a NBR 6502 (Rochas e solos – terminologia), a NBR 7181 (Solo – Análise Granulométrica – Método de ensaio), a NBR 8036 (Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios – Procedimento) e a NBR 13441 (Rochas e solos – Simbologia) (SANTOS *et al*, 2015).

Nas construções civis a sondagem a percussão possui uma grande importância, na área de fundações. A sondagem a percussão nos permite identificar o estrato rígido ao qual a fundação irá se apoiar, assegurando a sustentação, quanto a estabilidade e segurança da obra. Dessa forma, compreende-se a correlação da fundação e o bom reconhecimento do solo. Por essa razão, devemos entender a importância de obter informações precisas, detalhadas e de qualidade através da sondagem (SILVA; AZEVEDO; CUNHA, 2021).

Conforme Pereira e Lopes (2018), em razão do desenvolvimento urbano, muitos empreendimentos são executados a partir de estudos do solo e da região onde será realizada a obra. Sendo assim, se a análise de solo for negligenciada, mal dimensionada e mal interpretada poderá ocasionar diversas manifestações patológicas nas edificações, tendo como consequência custo elevado para reparo do local, além de transtornos ocasionados aos moradores. Dessa forma, obtendo prestatividade nas investigações e nas interpretações dos resultados dos processos

de sondagem resultará em melhores dimensionamentos de fundações, diminuindo incidências de manifestações patológicas.

No Brasil, o custo para realizar o procedimento de sondagem de simples reconhecimento varia entre 0,2% e 0,5% do custo total das obras convencionais, onde pode haver alteração no custo em obras com condições adversas, como em casos onde a baixa resistência do solo, locais de difícil acesso, falta de distribuição hídrica e condições do terreno (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012). Além disso, Weltman; Head, (1983) afirmam que o investimento utilizado para realizar o ensaio é destinado a reduzir custos e minimizar riscos, restringindo a possibilidade do engenheiro encontrar condições geotécnicas imprevistas, que podem ocasionar atrasos, resultando em custos elevados e superiores aos valores que deveriam ser aplicados na investigação geotécnica.

Segundo Albuquerque e Garcia (2020), o ensaio de simples reconhecimento pode fornecer informações de extrema importância para a realização de uma construção, ressaltando a necessidade de executar o ensaio SPT mesmo em obras de pequeno porte, para que seja possível obter parâmetros mínimos e necessários para projetar e executar as fundações de forma cabível. Compreendendo a relevância de realizar a sondagem, é notório que antes de qualquer interação com o solo, seja pela construção de uma edificação ou de uma simples regularização do terreno, é essencial o estudo de suas propriedades (CRISTOFERI; BERGMANN; LORENZI, 2018).

De acordo com a NBR 6484 (ABNT, 2020), o processo de sondagem consiste na perfuração e cravação dinâmica de amostrador-padrão, a cada metro, resultando na determinação do tipo de solo e de um índice de resistência, além de verificar a existência do lençol freático. Além disso, a Norma fornece dados de como a sondagem é realizada através do sistema manual e mecânico, afirmando que ambos possuem a mesma finalidade, mas que não necessariamente fornecerão os mesmos resultados. Percebe-se que, ao longo dos anos, o ensaio SPT vem sendo executado de forma manual, mas de certa forma vê-se a necessidade de aprimorar, acelerar e dar maior precisão no processo, buscando assim aplicações mecânicas do método (CRISTOFERI; BERGMANN; LORENZI, 2018).

Hachich, Villefort e Schmidt (2006), afirmam que em 1997 foi introduzido no Brasil o uso de equipamentos mecanizados, buscando maior rapidez, praticidade e

confiabilidade do ensaio, uma vez que diminuiria a influência de fatores humanos em sua realização. Com isso, foi necessário que houvesse uma avaliação da correspondência entre os resultados dos ensaios tradicionais, realizados manualmente, e os resultados dos ensaios mecanizados.

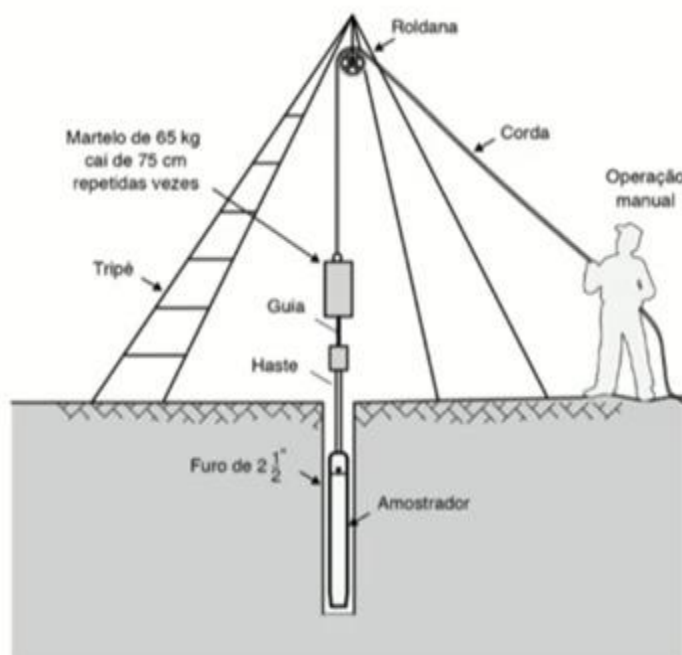
Os principais fatores que influenciam nos resultados obtidos através do ensaio de simples reconhecimento pode ser definidos como: haste, dimensões do amostrador e a falha humana. Além disso, afirmam que os valores atingidos no processo mecânico são mais obstinados do que o método manual da sondagem, por se tratar de uma forma de obter os resultados mais precisos e com menor desvio padrão (BAILLOT; JUNIOR, 1999).

Com a atualização da Norma NBR 6484 (ABNT, 2020) é reconhecido o uso de equipamentos mecanizados para a realização da sondagem, tendo em vista que a utilização desses equipamentos fornece um avanço no controle da energia aplicada na cravação do amostrador-padrão. Além disso, a norma ressalta a importância do investimento em equipamentos mecanizados, pois é possível que o ensaio seja realizado com controle mais rigoroso em relação à contagem de golpes, a quantidade de energia aplicada no martelo, visto que, mesmo que a aplicação manual seja auxiliada pela haste-guia, a velocidade de cravação pode induzir a golpes deferidos com quedas do martelo a alturas superiores ou inferiores a 75 cm.

A NBR 6484 apresenta algumas diferenças na realização do processo de sondagem a percussão manual e mecânico, como a mudança de alguns equipamentos. Os materiais em comum que os processos possuem são: tubos de revestimento, haste de perfuração/cravação, amostrador-padrão, cabeça de bater, medidor de nível d'água, metro de balcão ou trena, recipientes para amostra e ferramentas gerais necessárias para a operação. Os demais equipamentos são utilizados conforme a necessidade de cada processo, já que o mecânico utiliza mais da automação (ABNT, 2020).

Os equipamentos necessários para a execução do ensaio de sondagem do solo são: o tripé acompanhado de uma roldana, uma corda, um martelo (peso de 65 kg, caindo de uma altura de 75 cm), a cabeça de bater, as hastes e o amostrador, feito de aço-bipartido, com diâmetro externo de 50,80 mm e interno de 34,93 mm, Figura 1 (ALBUQUERQUE; GARCIA, 2020).

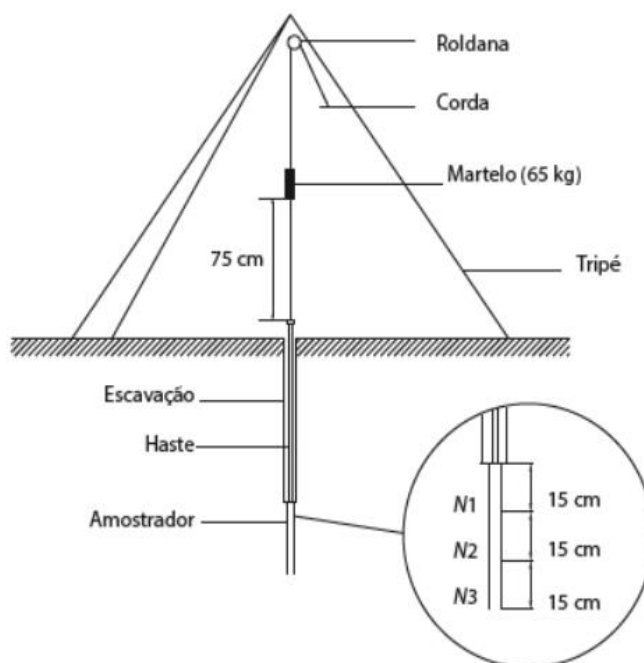
Figura 1: equipamentos necessários para execução do ensaio.



Fonte: Albuquerque e Garcia (2020).

O procedimento do ensaio de sondagem de solo é regido pela NBR 6484:2020, destacando-se que este ensaio é um método de investigação geológico-geotécnica de solos. A análise do solo é executada a cada metro do terreno ao longo de todo o decurso do subsolo, com a finalidade de obter índices de resistência à penetração do solo. A perfuração é realizada por tradagem e circulação de água, utilizando-se um trépano de lavagem como ferramenta de escavação. As amostras representativas do solo são coletadas através da cravação de um amostrador-padrão em 45 cm do terreno, com golpes sucessivos de um martelo de 65 kg em queda livre, de uma altura de 75 cm, sobre a cabeça de cravação conectada às hastes de sondagem e ao amostrador. O índice de resistência a penetração do SPT é estabelecido pelo número de golpes equivalente a cravação de 30 cm do amostrador-padrão, após a cravação inicial de 15 cm. Dessa forma, através do resultado das pesquisas geotécnicas é possível identificar o tipo de solo, sua estratigrafia, o nível d'água e o índice de resistência a penetração, Figura 2 (ABNT, 2020).

Figura 2: ilustração da execução do ensaio.



Fonte: Google (2021).

A NBR 6484 prevê que o boletim de sondagem forneça, junto com a classificação do solo, sua compacidade ou consistência. A Tabela 1 apresenta a classificação da compacidade dos solos granulares que são indicados como areias e siltes arenosos, onde são representados como fofo, pouco compacto, medianamente compacto, compacto e muito compacto, sendo determinado através do valor representado pelo Nspt (ABNT, 2020).

Tabela 1: classificação dos solos granulares

SOLO	Nspt	COMPACIDADE
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta (o)
	19 a 40	Compacta(o)
	> 40	Muito compacta(o)

Fonte: ABNT (2020).

A Tabela 2 apresenta a classificação da consistência dos solos argilosos que são indicados como argilas e siltes argilosos, onde são representados como muito

mole, mole, médio, rijo e duro sendo determinado através do valor representado pelo Nspt (ABNT, 1982).

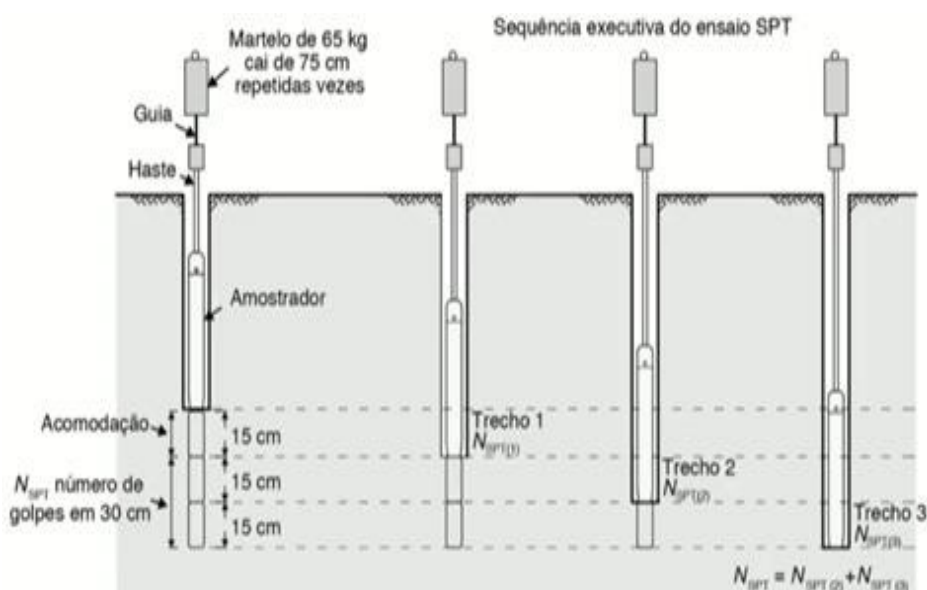
Tabela 2: classificação dos solos coesivos

SOLO	Nspt	CONSISTÊNCIA
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	20 a 30	Muito rija (o)
	>30	Dura (o)

Fonte: ABNT (2020).

O ensaio é realizado por meio da cravação do amostrador padrão em 3 segmentos de 15 cm, contando os golpes necessários para cravar essas penetrações, sendo o número de golpes do NSPT a somatória dos valores referentes à cravação dos últimos 30 cm do amostrador-padrão, Figura 3 (ALBUQUERQUE; GARCIA, 2020).

Figura 3: sistema de realização do ensaio.



Fonte: Albuquerque e Garcia (2020).

O número de furos de sondagem e a sua localização em planta dependem do tipo da estrutura, de suas características especiais e das condições geotécnicas do subsolo, tendo em vista, que a quantidade de furos necessários para a realização da sondagem seja suficiente para determinar informações sobre as camadas do solo em estudo. Sendo assim, a Norma ABNT NBR 8036 afirma que em quaisquer circunstâncias a quantidade mínima de sondagens deve ser de dois furos para áreas de projeção até 200 m² e três para áreas entre 200 m² e 400 m² (ABNT, 1983).

Mediante a atualização da NBR 6484, foram inseridas algumas mudanças no ensaio SPT, como nos tubos de revestimentos, locação de furos e critério de parada. Sendo assim, as mudanças realizadas na Norma destinam-se a segurança, qualidade e a sustentabilidade ambiental, impondo ao profissional a explorar pesquisas correlacionadas ao conteúdo em questão, visto que, as inovações serão cada vez mais frequentes no ramo da Engenharia civil (SILVA; AZEVEDO; CUNHA, 2021)

Através de um estudo em uma área (não mencionada) da região oeste do Paraná, Cristoferi; Bergmann; Lorenzi (2018) identificam que as alturas de queda do martelo padrão no método mecânico tem um desvio padrão menor que o método manual, devido sua baixa variação de valores. Além disso, vale salientar que todo o estudo elaborado em campo ou no laboratório está sujeito a influência tanto humana, quanto de equipamento e de procedimento.

A Tabela 3 representa os dados obtidos através da realização do ensaio SPT, comparando os resultados do procedimento executado através do método mecânico e do método manual. Em decorrência da obtenção dos dados, pode-se observar a influência que os recursos tecnológicos trazem para o ensaio, contribuindo com a diminuição de erros operacionais (CRISTOFERI; BERGMANN; LORENZI, 2018).

METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho consiste em utilizar os princípios de automatização para desenvolver o protótipo de um equipamento com a finalidade de aplicar o processo de sondagem a percussão de forma mecanizada, numa tentativa de desenvolver um método que disponibilize uma boa precisão, com fácil produção e custos reduzidos, aliando o melhor de cada uma das alternativas já existentes no

mercado. Além disso, uma das finalidades para elaboração do protótipo é a melhoria na qualidade de vida dos profissionais que realizam o procedimento, desenvolvendo uma alternativa para fornecer condições de segurança e saúde para o empregado.

Algumas normas regulamentadoras citam sobre a importância da saúde e segurança no trabalho, visando garantir condições adequadas de trabalho. As normas regulamentadoras são processos e orientações referentes à segurança no trabalho, a NR-4 (Serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho) tem como objetivo promover a segurança no local de trabalho e a saúde entre os funcionários, a NR-18 (Segurança e saúde no trabalho) estabelece diretrizes para implantar medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, a NR-17 (Ergonomia na construção civil) é específica para ergonomia na construção civil, visando estabelecer parâmetros para proporcionar conforto, segurança e um bom desempenho aos trabalhadores e a NR-12 (Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos) que estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos.

Tabela 3: Dados obtidos através da comparação do ensaio mecânico e manual.

Queda	Altura da queda (cm) Método mecânico	Altura da queda (cm) Método manual
1	75,44	93,50
2	75,54	82,48
3	75,69	86,38
4	75,66	93,95
5	75,53	77,85
6	75,51	75,51
7	75,50	72,86
8	75,50	71,48
9	75,45	77,43
10	75,49	71,14
11	75,43	75,06
12	75,00	75,41
13	75,06	71,34

14	75,09	71,43
15	75,61	75,80
16	75,63	77,91
17	75,52	82,72
18	75,49	83,52
19	75,28	82,45
20	75,30	76,73
21	75,34	80,07
22	75,13	80,10
23	75,28	75,27
24	75,21	75,84
25	75,40	73,40
Desvio padrão	0,191	6,217

Fonte: Cristoferi; Bergmann; Lorenzi (2018)

Dessa forma, pensando em todos os benefícios que o método automatizado traz para a sondagem a percussão foi desenvolvido um projeto para suprir tais necessidades, como a precisão no ensaio e a qualidade de vida aos profissionais. Portanto, foi realizado um levantamento bibliográfico com a finalidade de coletar referências a serem utilizadas para realizar o desenvolvimento do projeto, em seguida foi concebida a melhor forma de desenvolver na prática o protótipo, buscando utilizar materiais simples, econômicos e de fácil acesso. O sistema elaborado se aproxima muito ao sistema de sondagem a percussão manual, atualmente mais utilizado, que consiste em um tripé equipado com uma roldana no topo aliada a uma corda que interliga o peso de 65 kg a pessoa que irá realizar o movimento, um guia utilizado para conduzir o peso até um martelo estará ligado a uma haste anexada a um amostrador cilíndrico e oco que será cravada no solo para realizar a penetração e a coleta do solo a ser analisado.

O esboço do protótipo proposto, será a implementação de um motor para representar a força de trabalho manual, e um microcontrolador (arduíno) para computar os dados necessários, como a profundidade, a quantidade de golpes, além de ser responsável pela automação do movimento do martelo (carga).

Após a idealização do protótipo inicial, há então a necessidade de desenvolver o *software* responsável por comandar as ações realizadas pelo equipamento, bem como coletar e armazenar os dados obtidos no teste com o objetivo de entregar os mesmos resultados que seriam coletados no processo manual, com a expectativa de obter dados mais precisos e vigentes, bem como reduzir consideravelmente as chances de acidentes de trabalhos, aumentando a qualidade de vida do profissional.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A partir dos estudos realizados para aprofundamento do conhecimento da execução e importância do ensaio de sondagem de solo a percussão percebeu-se que alguns fatores podem modificar os resultados do ensaio, como por exemplo, as condições do equipamento, a forma que é realizada o procedimento e fatores humanos, levando em consideração que a análise de solo é realizada de forma totalmente manual. Sendo assim, foi desenvolvida uma técnica híbrida que se beneficia da simplicidade do sistema manual, contando com a precisão do sistema automatizado auxiliando na execução da investigação do solo. Foi elaborado um algoritmo para automatizar algumas etapas do ensaio, como a contagem dos golpes, o controle da altura de queda do martelo e a marcação da profundidade do amostrador-padrão, com o propósito de diminuir tais imprecisões durante a verificação do solo.

MATERIAIS UTILIZADOS

Para desenvolver o experimento alguns materiais foram utilizados, tais como:

Estrutura de madeira: Base para apoiar todos os componentes, mais conhecido como tripé

Motor de passo com driver: É responsável por realizar o movimento de subida e descida do imã.

Eletroímã: É responsável por segurar o peso para que o motor possa erguê-lo e por soltar o peso após atingir a altura correta.

Emissor e receptor infravermelho: São responsáveis por verificar as marcações (fitas refletoras) na haste de metal, que indicam a profundidade escavada.

Arduíno uno: O Arduíno é uma placa de prototipagem, responsável pela comunicação entre o hardware e o software.

Leds: Utilizados para sinalizar visualmente assim que as profundidades demarcadas sejam atingidas.

Fita refletiva: Serve para graduar a haste, e refletir o sinal do emissor para o receptor infravermelho

Peso (carga): Ao ser solto pelo imã, cairá sobre a haste afundando a mesma no solo.

Fios (Jumpers): Utilizados para realizar as conexões elétricas e lógicas.

Protoboards: A protoboard serve para organizar as ligações eletrônicas e lógicas.

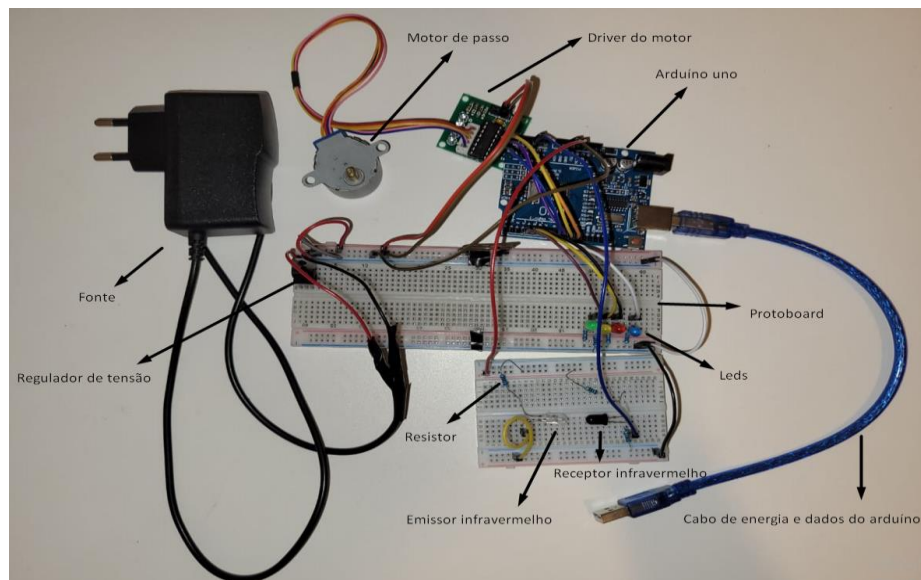
Regulador de tensão: Utilizado para regular a tensão que chega ao motor, evitando que o mesmo seja sobrecarregado.

Resistores: Limitar o fluxo de cargas em componentes mais sensíveis, como os LEDs e sensores.

Fonte de alimentação: Devido a alta demanda de energia por parte do motor e do eletroímã, foi necessário utilizar uma fonte externa de 5 V.

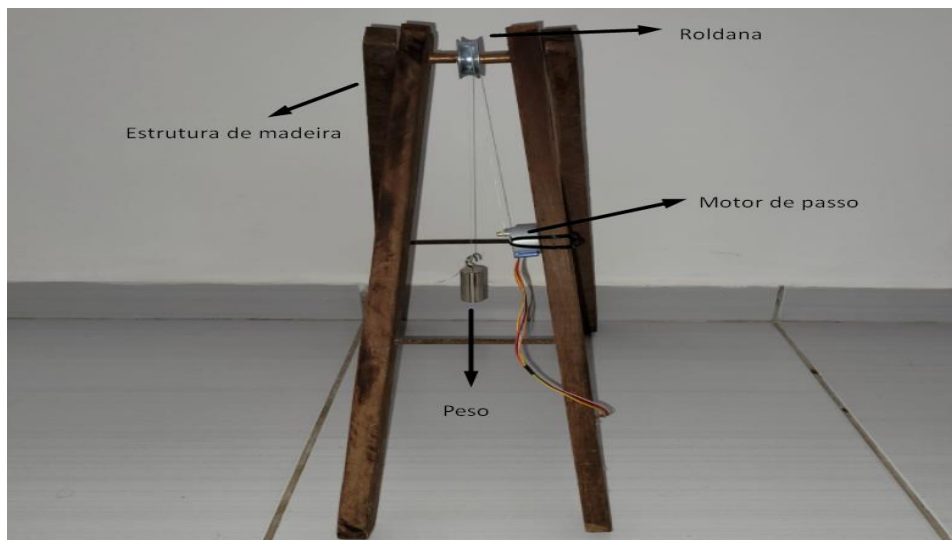
As Figuras 4 e 5 correspondem aos equipamentos utilizados para a montagem e funcionamento do protótipo construído, sendo composto por ferramentas eletrônicas, como motor de passo, driver do motor, arduíno uno, protoboard, leds, resistores, emissor e receptor infravermelho, cabo de dados e energia do arduíno, regulador de tensão e fonte. Além da estrutura utilizada para apresentar o modelo, sendo composta pela armação de madeira, linha (representação de uma corda), peso (representação do martelo), e a roldana.

Figura 4: equipamentos utilizados para desenvolvimento do protótipo.



Fonte: Acervo próprio, 2021.

Figura 5: Estrutura de madeira e componentes.



Fonte: Acervo próprio, 2021.

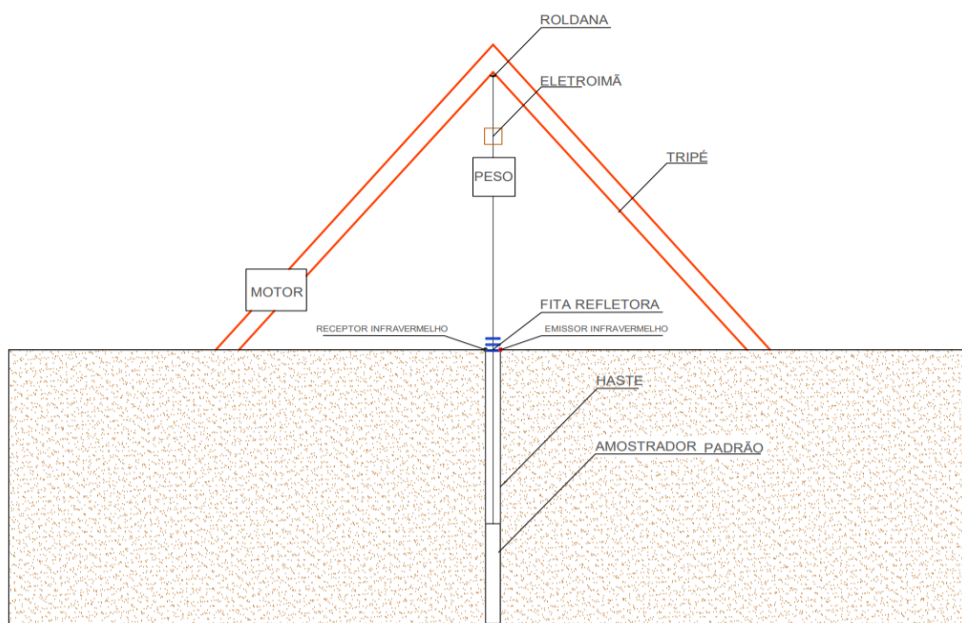
DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Para o desenvolvimento do protótipo, inicialmente foi realizado um levantamento para definir as funções a serem executadas pelo programa e quais os materiais necessários para compor o modelo a ser utilizado.

Após organizar todos os utensílios apropriados para o estudo, foi possível dar início a montagem dos componentes eletrônicos responsáveis pelo funcionamento adequado do modelo. Sendo assim, depois de feita a ligação dos componentes eletrônicos, foi provável avançar na pesquisa e desenvolver o código (algoritmo) necessário para funcionamento do modelo executado, feita toda a programação é possível ver o desenvolvimento do código através da plataforma do Arduino, onde o mesmo é responsável por controlar os componentes para seu desempenho adequado.

A figura 6 representa uma pequena ilustração de como seria o funcionamento do modelo em uma escala real. Seria composto por um tripé, um eletroímã (utilizado para soltar e buscar o peso), o peso (martelo de bater), a fita refletora (utilizada para demarcar a profundidade em 15 cm, 30 cm e 45 cm), o emissor e receptor infravermelho (utilizado para medir a profundidade), a haste, o amostrador-padrão (utilizado para coleta de solo) e o motor.

Figura 6: ilustração do funcionamento ideal do protótipo



Fonte: Acervo próprio, 2021.

A figura 7 representa uma pequena parte do código desenvolvido para funcionamento do protótipo, demonstrando quando ativar ou desativar o eletroímã, quando mudar o sentido da rotação do motor e entre outras funcionalidades.

Figura 7: Parte do código desenvolvido.

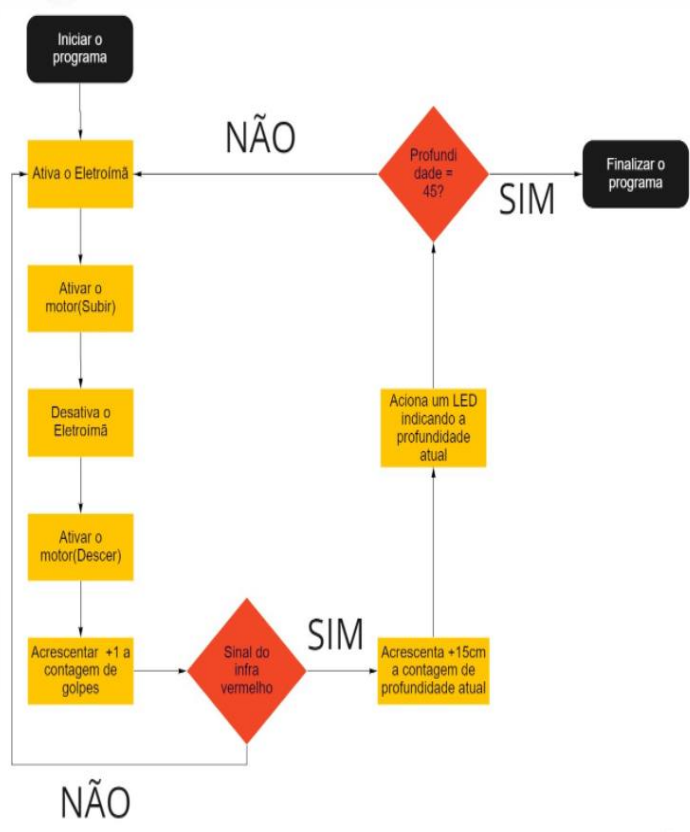
```
void rotina() {  
  //ativação do imã  
  ima_ON();  
  delay(50);  
  //ativação do motor para subida  
  motor_UP();  
  delay(50);  
  //desativação do imã  
  ima_OFF();  
  delay(50);  
  //mudança de sentido da rotação do motor  
  motor_DOWN();  
  delay(50);  
  //verificação do sensor infra vermelho  
  verify_IR();  
  delay(50);  
  //aumento da contagem de golpes  
  cycles++;  
  delay(50);  
  //retorno visual referente a profundidade atingida  
  profundidade();  
  delay(50);  
}
```

Fonte: Acervo próprio, 2021.

FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

O funcionamento do protótipo consiste na implementação do código (algoritmo) através da plataforma do Arduino, que é responsável por controlar as ações executadas por todos os componentes. De maneira simplificada o algoritmo executa uma rotina pré-definida repetidas vezes até que seja interrompida por uma condição escolhida, Figura 8.

Figura 8: Fluxograma para representar o funcionamento do algoritmo.



Fonte: Acervo próprio (2021).

Para o programa ser iniciado e funcionar corretamente a estrutura deve estar montada de tal forma que o peso esteja apoiado sobre uma superfície, a corda desenrolada completamente e o imã esteja posicionado sobre o peso, garantindo todos esses requisitos, deve-se ligar a fonte de alimentação externa e o Arduino com o código carregado na memória. Uma vez que o Arduino for ligado, o programa será executado automaticamente dando início à rotina.

Inicialmente o programa irá ligar o ímã, que levantará o peso para que o motor possa sustentá-lo, em seguida, o motor já será automaticamente acionado, girando em sentido horário para levantar o imã juntamente ao peso com auxílio de uma linha (representação da corda), a altura padrão já foi previamente definida para que o motor levante sempre o peso na mesma altura, garantindo a precisão do equipamento. Assim que o motor atingir a altura desejada, automaticamente o imã será desligado, resultando na queda livre do peso em cima do martelo, após o peso ser largado, o programa irá adicionar +1 ao contador de golpes e o motor será

acionado novamente, porém, desta vez no sentido anti-horário para que o imã desça, indo de encontro ao peso para executar toda a rotina novamente.

No fim de cada ciclo, um receptor de infravermelho estará sempre esperando o retorno de um sinal que estará sendo enviado pelo emissor, porém, para este sinal ser recebido, é necessário que a fita refletiva (presente na haste de metal de forma graduada de acordo com o teste de penetração padrão) passe entre ambos os componentes, caso o sensor detecte esse sinal, significa que a primeira profundidade desejada foi atingida. Assim que a leitura for realizada, o programa irá armazenar o número de golpes necessários para que essa profundidade tenha sido atingida, sendo indicada por um LED verde, seguindo a metodologia padrão do teste, na segunda profundidade desejada, será armazenado o número de golpes novamente, e será indicada por um LED amarelo, por fim, na última profundidade, será acionado um LED vermelho.

Após a última condição de profundidade o programa irá ser interrompido, gerando um relatório que apresenta o número de golpes necessários para atingir cada uma das profundidades, os dados deverão ser coletados e analisados pelo técnico responsável. Após a coleta dos dados o equipamento deverá ser reiniciado para executar a rotina quantas vezes forem necessárias a depender da profundidade total solicitada no ensaio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreende-se que no ramo da construção civil é de suma importância à investigação geotécnica para desenvolvimento de projetos de fundações conforme o solicitado. É notório que a sondagem a percussão é uma técnica fundamental para análise do solo, fornecendo dados e proporcionando aos profissionais condições para melhores soluções no desempenho do projeto a ser concebido.

A sondagem a percussão tem sido o teste mais utilizado em todo o mundo como instrumento para investigações preliminares para projetos de fundações, devido a sua simplicidade, permitindo identificar o estrato rígido ao qual a fundação irá se apoiar, assegurando a sustentação, quanto à estabilidade e segurança da obra. Além disso, no Brasil, o custo para realizar o procedimento de sondagem de simples reconhecimento varia entre 0,2% e 0,5% do custo total das obras convencionais.

Por ser um processo totalmente manual, a possibilidade de haver imprecisões nos resultados pode ser recorrente devido algumas variações que podem existir durante a realização do ensaio, como por exemplo, as condições do equipamento, a forma que é executada o procedimento e alguns fatores humanos.

Dessa forma, após a atualização da norma que rege a sondagem de solo, a NBR 6484, foi reconhecido o uso de equipamentos mecanizados para a realização da sondagem, tendo em vista na melhoria dos resultados obtidos. Além disso, a automação poderá ajudar na saúde e segurança dos profissionais que realizam o ensaio em campo, pois diminuiria os riscos de acidentes e do desgaste humano, evitando possíveis lesões. Sendo assim, o trabalho em questão apresentou uma alternativa para adicionar elementos de automação com o intuito de obter relatórios de sondagem mais precisos e ajudar na qualidade de vida dos empregados. Através do desenvolvimento do algoritmo foi possível construir um protótipo para apresentar a programação que pode auxiliar na realização do teste em escala real.

Para funcionamento do protótipo foi desenvolvido um algoritmo através da programação, tendo como principal objetivo de definir a altura padrão para queda do martelo, para que não haja variações durante o ensaio, além de apurar a contagem de golpes e a profundidade atingida pelo amostrador.

Portanto, o trabalho em questão buscou uma possibilidade de enriquecer a forma em como a sondagem a percussão é realizada, idealizando melhorias em seus resultados e na qualidade de vida dos profissionais. Além disso, o presente estudo viabiliza que haja futuras pesquisas com o intuito de verificar a possibilidade da utilização deste sistema em campo (escala real). Dessa forma, o desenvolvimento do projeto está apto para futuros aprimoramentos com o propósito de tornar o sistema cada vez mais autônomo, trazendo segurança nos resultados obtidos por meio do ensaio.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Paulo José Rocha de; GARCIA, Jean Rodrigo. **Engenharia de fundações**. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13441**: Rochas e Solos - Simbologia. 1995.

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6484:** Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, p. 11. 2001.

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6502:** Rochas e Solos - Terminologia. 1995.

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181:** Solo – Análise Granulométrica. 2018.

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8036:** Programação De Sondagens De Simples Reconhecimento Dos Solos Para Fundações De Edifícios. Rio de Janeiro, p. 2. 1983.

BAILLOT, Ruy Thales; RIBEIRO JÚNIOR, Antônio. **Sondagem a percussão:** comparação entre processos disponíveis para ensaios SPT. São Paulo, 1999.

BONDO, Hortênsio Felisberto de Fatima; CARVALHO, Igídio Miguel de. Caracterização geologica e geotcnica da área de implantação do novo porto de luanda a partir de resultados do teste de penetração padrão (spt). 71. ed. Talatona, Angola, 2011.

Companhia Catarinense de Águas e Saneamento-CASAN. **Manual de Execução de Sondagens.** Resolução nº 194, 1997.

CRISTOFERI, Rafael André; BERGMANN, Ana Claudia; LORENZI, Vinicius. **COMPARATIVO ENTRE ENSAIO DE SONDAGEM À PERCUSSÃO MANUAL E MECÂNICA: um estudo de caso na região oeste do Paraná.** Toledo, 2018.

FOLLE, Daiane. **O ESTUDO GEOESTATÍSTICO DE SONDAGENS SPT PARA GERAÇÃO DE MAPAS AUXILIARES EM OBRAS DE ENGENHARIA.** Dissertação (Mestre em engenharia) Porto Alegre, 2002.

GALVÃO, Bianca Borba *et al.* **IMPORTÂNCIA DA SONDAGEM SPT NA CONSTRUÇÃO CIVIL:** tipos de sondagens, seus métodos e utilidades. 5. ed. São Paulo, 2019.

GEOSCAN. **Sondagem a percussão (SPT): Saiba todos os procedimentos.**, 2019. Disponível em: <https://www.geoscan.com.br/blog/spt/>. Acesso em 02 Ago. 2021.

GOMES, Gerlane Pereira; SANTOS, Wesley Pereira dos; CAMPOS, Paola Souto. **INDÚSTRIA 4.0: um novo conceito de gerenciamento nas indústrias.** Manaus, 2018.

HACHICH, Waldemar; VILLEFORT, Luciana Flávia Campos Baptista; SCHMIDT, Cristina Francischetto. **Comparação de NSPT entre os processos manual e mecanizado.** Curitiba, 2006.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 17: Ergonomia na construção civil. 2021.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 18: Segurança e saúde no trabalho. 2020.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 4: Serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho. 2018.

PEREIRA, Breno Rossinholli; LOPES, Wilson Matheus. PATOLOGIA DAS FUNDAÇÕES. Bragança Paulista: Universidade São Francisco, 2018. 47 p.

SANTOS, Felipe Lins dos et al. ATPS – ATIVIDADES PRÁTICAS SUPERVISIONADAS Mecânica dos Solos Aplicada à Construção Civil: sondagens. São Caetano do Sul: Faculdade Anhanguera de São Caetano – Fasc, 2015. 61 p.

SCHNAID, Fernando; ODEBRECHT, Edgar. **Ensaio De Campo:** e suas aplicações à engenharia de fundações. 2. ed. São Paulo: Oficina dos Textos, 2012.

SILVA, G. C. F.; AZEVEDO, R. B.; CUNHA, F. R. L. **AVALIAÇÃO DA SONDAGEM SPT VIA ESTUDO DE CASO.** Goiânia, 2021.

TSUTSUMI, Mitsuo. TRN018 – MECÂNICA DOS SOLOS I. Juiz de Fora: Uffj – Fac. Engenharia – Dep. Transportes, 2007. 37 p.

