

DIÁLOGOS CIENTÍFICOS EM ENGENHARIA CIVIL

PRODUÇÕES CIENTÍFICAS 2024.1

Publicado em 2025



**Beneglêcia Alves dos Santos
Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos
Marco Aurélio Rodrigues de Melo**

(Organizadores)



DIÁLOGOS CIENTÍFICOS EM
ENGENHARIA CIVIL
Produções Científicas 2024.1

Beneglêcia Alves dos Santos
Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos
Marco Aurélio Rodrigues de Melo
(Organizadores)

ISBN nº 978-65-5825-252-8

DIÁLOGOS CIENTÍFICOS EM ENGENHARIA CIVIL
PRODUÇÕES CIENTÍFICAS 2024.1

Beneglêcia Alves dos Santos
Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos
Marco Aurélio Rodrigues de Melo

Centro Universitário UNIESP

CABEDELO

2025



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIESP

Reitora

Érika Marques de Almeida Lima

Editor-chefe

Cícero de Sousa Lacerda

Editor-assistente

Karelline Izaltemberg Vasconcelos Rosenstock

Editora-técnica

Elaine Cristina de Brito Moreira

Corpo Editorial

Ana Margareth Sarmiento – Estética
Anneliese Heyden Cabral de Lira – Arquitetura
Arlindo Monteiro de Carvalho Júnior – Medicina
Aristides Medeiros Leite – Medicina
Carlos Fernando de Mello Júnior – Medicina
Daniel Vitor da Silveira da Costa – Publicidade e Propaganda
Érika Lira de Oliveira – Odontologia
Ivanildo Félix da Silva Júnior – Pedagogia
Patrícia Tavares de Lima – Enfermagem
Marcel Silva Luz – Direito
Juliana da Nóbrega Carreiro – Farmácia
Larissa Nascimento dos Santos – Design de Interiores
Luciano de Santana Medeiros – Administração
Marcelo Fernandes de Sousa – Computação
Thyago Henriques de Oliveira Madruga Freire – Ciências Contábeis
Márcio de Lima Coutinho – Psicologia
Paula Fernanda Barbosa de Araújo – Medicina Veterinária
Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos – Engenharia
Rodrigo Wanderley de Sousa Cruz – Educação Física
Sandra Suely de Lima Costa Martins – Fisioterapia
Zianne Farias Barros Barbosa – Nutrição

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).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Biblioteca Padre Joaquim Colaço Dourado (UNIESP)

D537 Diálogos científicos em engenharia civil: produções científicas 2024.1 [recurso eletrônico] / Organizado por Beneglêcia Alves dos Santos, Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos, Marco Aurélio Rodrigues de Melo. - Cabedelo, PB: Editora UNIESP, 2025.

Tipo de Suporte: E-book

ISBN: 978-65-5825-252-8

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

CDU:

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

Editora UNIESP

Rodovia BR 230, Km 14, s/n,

Bloco Central – 2º andar – COOPERE

Morada Nova – Cabedelo – Paraíba

CEP: 58109 - 303

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
ANÁLISE COMPARATIVA DE PROPRIEDADES E DESEMPENHO: ARGAMASSAS ESTABILIZADAS VERSUS ARGAMASSAS CONVENCIONAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	7
ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS NA FACHADA DO CREA-PB	23
GRAFENO: TENDÊNCIAS E APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL	38
PLANEJAMENTO DE OBRA PARA UM CONDOMÍNIO SUSTENTÁVEL	54
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - A EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO DRONES (VANT)	70

APRESENTAÇÃO

Caros leitores,

No âmbito da Engenharia Civil, a construção e o funcionamento do ambiente urbano parece ser simples à primeira vista: pessoas caminhando para seus escritórios, carros trafegando pelas vias e a contínua modificação da arquitetura (novos prédios, casas, condomínios horizontais etc.).

Entretanto, observações mais aguçadas sobre o ambiente urbano, nos permitem enxergar dificuldades em várias áreas, como: congestionamentos nas grandes avenidas, redução de materiais de construção (e reutilização de resíduos da construção e demolição) em novas edificações, problemas de drenagem urbana, falta de habitações dignas para famílias etc.

Neste sentido, é no ambiente científico que podemos entender a realidade das nossas cidades e seus desafios, utilizando soluções inovadoras em favor da sociedade civil.

Este livro contém uma coletânea de artigos científicos resultantes de pesquisas acadêmicas realizadas por graduandos e graduandas do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIESP, focando nas cidades de João Pessoa e Cabedelo, capital e cidade da região metropolitana leste do litoral da Paraíba, respectivamente, ou centros urbanos próximos.

Cada artigo aborda uma temática inerente a estas cidades, investigando e aplicando metodologias de pesquisa para explorar cada tema, propondo soluções que podem ser adotadas pelas autoridades responsáveis pela gestão pública destes centros.

Nesta ocasião, vale o agradecimento a todos os graduandos e graduandas em Engenharia Civil (hoje, profissionais da Engenharia) pela dedicação na produção destes artigos, e ao corpo editorial e demais profissionais responsáveis

pela organização, diagramação, produção e distribuição dos Diálogos Científicos em Engenharia Civil 2024.1.

Apenas a compreensão sobre a complexidade em que vivemos nos traz avanços tecnológicos, teóricos e práticos, indispensáveis à construção de uma sociedade mais justa e igualitária para todos.

Prof. Dr. Márcio Santos Gonçalves

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PROPRIEDADES E DESEMPENHO:
ARGAMASSAS ESTABILIZADAS VERSUS ARGAMASSAS CONVENCIONAIS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Carlos José Costa de Almeida Filho

Sara Larissa Costa Baía

Arnaldo Dias de Almeida Neto

Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos

Rodrigo José Lucena de Medeiros

RESUMO

Atualmente na literatura de engenharia civil o que mais se vê é um avanço considerável nas bibliografias referentes às técnicas de construção e principalmente materiais de construção. A argamassa é um dos materiais mais importantes dentro de uma obra, visto que a partir dele, boa parte dos serviços de construção dependem. Nesse sentido a discussão à luz desse trabalho é entender como a argamassa estabilizada responde quando comparada com a argamassa tradicional. Utilizando-se de metodologia exploratória e bibliográfica, busca-se comparar as principais características das argamassas e entender se a inserção em obra de argamassa estabilizada traz melhor trabalhabilidade e solidez para a edificação. O que se viu de forma geral corrobora a ideia de que argamassas comuns e convencionais acabam por ter uma performance inferior ao quando comparadas com argamassas estabilizadas.

Palavras-chaves: Argamassa; Trabalhabilidade; Construção.

ABSTRACT

Currently in civil engineering literature what we see most is a considerable advance in the bibliographies relating to construction techniques and especially construction materials. Mortar is one of the most important materials within a project, as a large part

of construction services depend on it. In this sense, the discussion in light of this work is to understand how stabilized mortar responds when compared to traditional mortar. Using an exploratory and bibliographic methodology, the aim is to compare the main characteristics of mortars and understand whether the insertion of stabilized mortar into work brings better workability and solidity to the building. What was seen in general corroborates the idea that common and conventional mortars end up having a lower performance when compared to stabilized mortars.

Keywords: Mortar; Workability; Construction.

1. INTRODUÇÃO

A evolução da construção atualmente se dá por diversas vertentes, entre elas a contínua discussão da vida útil das edificações e construções tanto pelo lado da durabilidade quanto pelo lado da qualidade. Por isso, o dilema que a maioria dos profissionais da área precisam lidar é com relação as exigências do mundo atual, tanto em estruturação e estabilidade, quanto em relação aos custos para fazê-lo.

A confiabilidade das construções vem sendo posta em discussão, principalmente no Brasil que por ser um país tropical possui grandes variações de temperaturas e umidade. No primeiro momento pode ser um problema pequeno, mas ao decorrer dos anos se mostra presente e custoso para corrigir.

Uma vez que tais situações são de fato presentes em edificações já finalizadas os proprietários são obrigados a investir em aditivos impermeabilizantes e com efeito até cristalizante para vedar as misturas de argamassa e concreto contra a penetração de água na forma líquida, mas através de micro poros permitir a circulação do vapor. É uma solução econômica e não gera a necessidade, como em casos mais graves, de ter que retirar um revestimento já no local para aplicação de novo sistema impermeabilizante e reaplicação do revestimento.

Nesse sentido, revela-se a necessidade de mais uma vez a evolução do modelo construtivo, para que tal problema não se revele ao passar do tempo. A argamassa estabilizada aparece como uma solução plausível, sendo dosada em fábrica e chegando à obra com uma vida útil de aproximadamente 72h sem perder qualquer propriedade.

De acordo com Jantsch (2015) a produção de argamassa estabilizada no país é de aproximadamente o ano de 2007, existindo apenas 12 fábricas com produção anual de 400m³. Em 2014 a produção saltou para 2000m³, no entanto, como o produto é relativamente novo, pouco se sabe como se comporta a argamassa e seu desempenho em serviço de fato.

A justificativa de tal pesquisa se dá por necessidade de ampliar os conhecimentos da ciência da engenharia civil de forma geral sobre o tema dessas argamassas. Além de gerar cada vez mais dados atualizados para a evolução e pesquisa sobre o tema.

O objetivo geral é avaliar o desempenho de argamassas estabilizadas no estado fresco e endurecido, observando suas características físicas e mecânicas a partir de dados e referências bibliográficas já disponíveis na literatura. Além dessa introdução esse trabalho de conclusão de curso conta com um referencial teórico, metodologia, resultados e conclusão.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.1. Revestimentos de Argamassas.

Argamassas são compostos mistos de cimento, agregado miúdo (areias naturais ou de britagem) e água, além de poderem ser acrescidos de polímeros. No entanto, não apenas isso, Jantsch (2015) aborda a NBR 13281 (2001) e define argamassa como:

1. A NBR 13281 (2001) define uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria, tal como a argamassa industrializada. (Jantsch, 2015, p.27)

A evolução da produção e as necessidades de aplicação em determinadas situações possibilita que as argamassas possam ser classificadas e descritas conforme sua aplicação, finalidade, concepção entre outras situações.

As necessidades que são propostas para as argamassas possibilitam que as mesmas sejam classificadas das mais diferentes formas, como o que foi proposto por APPS, 2011, Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação, Tipo e Descrição de Argamassas

Classificação	Tipo	Descrição
Propriedades e Utilização	Argamassa de uso geral	Argamassa sem propriedades especiais
	Argamassa leve	Densidade após endurecimento menor que 1300 kg/m ³
	Argamassa colorida	Pigmentada para uma função decorativa
	Monocamada	Única, sem chapisco, emboço ou reboco
	Argamassa de restauro	Usada em obras antigas onde é feita a recomposição do traço
	Argamassa de Renovação	Usada em obras com presença de sais e elevada porosidade e permeabilidade
	Argamassa de Isolamento	Com propriedades de isolamento térmico
Tipo de Concepção	Argamassa de desempenho	Argamassas onde o traço é um resultado das propriedades requeridas
	Argamassas de formulação	Argamassa onde as propriedades dependem da proporção entre os componentes, possui composição pré determinada.
Local de Produção	Argamassa tradicionais	Produzidas em obra
	Argamassas não tradicionais	Pré-dosadas em fábrica ou central
Tipo de ligantes	Um só ligante	Argamassa com ligantes aéreos, hidráulicos ou materiais com comportamento de ligante
	Mistura de ligantes	Argamassas mistas ou compostas
Aplicação	Assentamento	Usada para elevação de alvenaria
	Revestimento	Usada para revestir muros e paredes
	Cimento - Cola	Usada para colar elementos cerâmicos
	Rejuntas	Preenche juntas por razões estéticas e/ou funcionais

	Suporte para revestimentos	Regularizam o pavimento
--	----------------------------	-------------------------

Fonte: APPS, 2011, p.11.

Os primeiros registros históricos da utilização da argamassa à mais de 11 (onze) mil anos baseadas em cal e areia. Já no século XIX, devido ao crescimento e desenvolvimento das tecnologias construtivas, surgiram as argamassas ensacadas, que buscavam aliar para o cliente tanto rapidez no seu preparo, quanto uma padronização do produto. (Carasek, 2007).

Hoje, a composição das argamassas segundo as normas da ABNT NBR 13529:2013 e ABNT NBR 7200:1998, argumenta que toda argamassa deve ser formada por aglomerante, agregado miúdo, adições, água e aditivos.

No tocante aos aglomerantes, de forma geral, aglomerantes são materiais que proporcionam liga na massa para solidificar com mais rigidez os próprios grãos agregados nas argamassas. Ainda, de acordo com Dachery (2015), no Brasil o cimento Portland e a cal aérea são os mais utilizados como aglomerantes hidráulicos que endurecem quando em contato com a água. O cimento ainda tem a função de impedir que os agregados se separem durante a reação, e facilite na “aglutinação e a plasticidade da argamassa”, em suma o cimento é responsável pela aderência da massa enquanto a cal por absorver deformações e evitar a entrada de água.

Moura (2007), argumenta que a areia é o representante dos agregados quando entre as suas funções colabora em duas formas diferentes. A primeira por gerar também boa aderência ao revestimento por ser um material não deformável, no entanto, se a proporção não for a ideal, pode agir no sentido contrário e diminuindo a aderência. Dubaj (2000) acrescenta ainda que é necessário que possuam uma “granulometria contínua”, ou seja que os tamanhos dos grãos sejam aproximadamente os mesmos.

A água, por sua vez, como afirma Tusset (2010), tem a função de dar a trabalhabilidade e hidratar todos os componentes da massa além de promover a reação química necessária para o endurecimento futuro da massa, o autor ainda comenta que é necessária, sempre, a utilização da água em proporção maior que o desejado, uma vez que boa parte evapora por “sucção do substrato”.

Por fim, de acordo com Dubaj (2000), a inserção de aditivos dentro da massa tem como finalidade alterar algumas propriedades da composição química, tanto no

estado hidratado como em estado sólido. Exemplos a serem explorados, dado a necessidade do emprego da argamassa são: i) Aditivos impermeabilizantes que reduzem a permeabilidade da água; ii) aditivos plastificantes, facilitam a plasticidade no estado fresco sem a necessidade de inserção de água no composto; iii) aditivo hidrofugante reduz a sucção capilar; iv) aditivos incorporadores de ar também melhoram a plasticidade em estado hidratado além de reduzia a quantidade de água e a retração em estado sólido; v) Aditivo retentor de água além da redução da evaporação da água, impede também absorção excessiva no substrato.

2.1.2 Argamassas Estabilizadas

Apesar de serem relativamente novas dentro dos canteiros de obra, a trabalhabilidade e ganho de tempo dentro de um empreendimento, entre outras vantagens tem atraído cada vez mais esse tipo de serviço

Define-se de acordo com Bauer e Oliveira (2017) que as argamassas estabilizadas são preparadas em centrais de concreto, são entregues em caminhões betoneira e ficam à disposição para aplicação no mesmo momento em que chegam à obra. Lembrando ainda que possuem maior tempo de vida útil, pois possuem aditivos diferentemente das convencionais.

Casali et al., (2019) descreve com detalhes a caracterização de uma argamassa estabilizada.

O aumento do tempo de trabalhabilidade da argamassa é obtido pela utilização de aditivos estabilizadores de hidratação, tendo a função de inibir a hidratação por um tempo pré-estipulado, que varia em função de teor utilizado. O mecanismo de ação do aditivo estabilizador de hidratação está relacionado à inibição da nucleação do silicato de cálcio hidratado (C-S-H) e do hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) ou portlandita, que atuam como agentes ativos de superfície, formando uma película hidrorrepelente ao redor das partículas de cimento (PAOLINI; KHURANA, 1998). Assim, esses aditivos aumentam o período de indução e alteram a taxa de hidratação dos compostos (CHEUNG *et al.*, 2011). Casali et al., p. 264 (2019).

Considerando o que foi argumentado na seção anterior por Dubaj (2000) em relação a aditivos e afins, Campos (2012) propõe que há um aumento no tempo de “pega” quando se insere um aditivo estabilizador, no entanto, quando acrescentado de forma excessiva, com o tempo, há uma diminuição significativa da resistência da

argamassa. Porém, estudos de Bauer e Oliveira (2017) diz que caso haja um aditivo estabilizador de hidratação acrescentado de outro aditivo incorporador de ar, a consequência positiva é a redução do consumo de água pela massa, mantendo as propriedades de resistência e absorção de água por capilaridade.

Por isso, é indispensável que a execução de argamassas estabilizadas seja produzida em centros controlados, para que todos os aditivos, água, agregados e aglomerantes necessários sejam colocados nas medidas adequadas visando uma “personalização” da trabalhabilidade daquela argamassa para o objetivo específico que o engenheiro busca alcançar.

Nesse sentido, centros de distribuição de argamassas estabilizadas, propõe como descrito por Machado (2018) que as mesmas devem ser armazenadas e carregadas em caixas plásticas ou metálicas com marcações de controle de volume, além disso, todas devem ter especificações do vencimento da argamassa, e caso sejam utilizadas nos dias seguintes, é necessário também uma fina película de água para manter a mesma com alto grau de durabilidade, seguindo as especificações do fornecedor, Figura 1.

Figura 1 – Exemplo de argamassa estabilizada em obra



Fonte: Disponível em: <https://ricamix.com.br/servico/argamassa-estabilizada/> acesso em mar/2024

2.1.3. Classificação das argamassas estabilizadas

Machado (2018) utilizando de Carasek (2007) explana a classificação das argamassas segundo suas principais utilizações e funções: i) construção de alvenaria;

ii) revestimentos; iii) recuperação de estruturas, que por sua vez se subdividem em pormenores, Quadro 2.

Quadro 2 – Argamassas quanto a sua função.

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	Argamassa de assentamento (elevação de alvenaria)
	Argamassa de fixação (ou encanamento) - alv de vedação
Para revestimentos de paredes e tetos	Argamassa de chapisco
	Argamassa de emboço
	Argamassa de reboco
	Argamassa de camada única
	Argamassa para revestimento decorativo monocamada
Para revestimentos de pisos	Argamassa de contra piso
	Argamassa de alta resistência para piso
Para revestimentos cerâmicos (paredes/pisos)	Argamassa de assentamento de peças cerâmicas - colante
	Argamassa de rejuntamento
Para recuperação de estruturas	Argamassa de reparo

Fonte: adaptado de carasek (2007).

Ainda de acordo com Machado (2018) é importante salientar também todas as funções com foco em alvenaria. Quando se descreve a atividade de chapisco, entende-se que é a relação diretamente com o tijolo ou alvenaria estrutural, é uma relação muito importante com a argamassa visto que é a base para emboço e reboco mais à frente que, caso não fique bem-feita, pode causar múltiplos problemas até

mesmo para o revestimento na parede finalizada; Emboço: camada executada sobre o chapisco que tem como função principal nivelar as paredes com boa carga de argamassa. Nesse ponto, aditivos hidrofugantes são muito utilizados em construções convencionais; Reboco: Etapa final de cobertura da parede, é uma camada mais fina de argamassa que tem como objetivo gerar acabamento. Ainda aparecem entre suas utilidades a função de “camada única” que apenas faz uma função de emboço mais bruto buscando apenas servir como base para propostas decorativas e o RDM (revestimento decorativo monocamada) que faz tanto a função de regularização da parede como também a função de decoração.

Portanto, Machado (2018) ainda lembra que as argamassas, portanto, tem a função de proteger todos os elementos de vedação das edificações de agentes agressivos externos além de outros detalhes como vedação acústica em alguns momentos. Mas para que haja, de fato, bom desempenho das suas funções, as argamassas precisam propor propriedades específicas tanto no estado úmido como no estado sólido, e apenas nessas condições é possível avaliar o desempenho das mesmas.

Observar o desempenho das argamassas estabilizadas a seguir será guiado de acordo com a seguinte metodologia.

2.2. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo geral desse trabalho, é necessário esclarecer que: i) em nenhum momento as propostas de levantamento bibliográfico propostos em discussões posteriores tem o interesse de exaurir o tema, buscando apenas esclarecer e explanar vantagens comparativas entre argamassas tradicionais e as argamassas estabilizadas. Para isso, classifica-se a metodologia por ser exploratória e bibliográfica.

A pesquisa bibliográfica é habilidade fundamental nos cursos de graduação, uma vez que constitui o primeiro passo para todas as atividades acadêmicas. Uma pesquisa de laboratório ou de campo implica, necessariamente, a pesquisa bibliográfica preliminar. Seminários, painéis, debates, resumos críticos, monográficas não dispensam a pesquisa bibliográfica. Ela é obrigatória nas pesquisas exploratórias, na delimitação do tema de um trabalho ou pesquisa, no desenvolvimento do assunto, nas citações, na apresentação das conclusões. Portanto, se é verdade que nem

todos os alunos realizarão pesquisas de laboratório ou de campo, não é menos verdadeiro que todos, sem exceção, para elaborar os diversos trabalhos solicitados, deverão empreender pesquisas bibliográficas (ANDRADE, 2010, p. 25).

Ainda por Andrade (2010) o autor ensina que viés exploratório, tem o interesse em preencher lacunas de estudo, ou seja, busca-se entender o fenômeno em com métodos de entendimento mais flexíveis descartando qualquer conclusão definitiva que não possa ser contestada no futuro. Por isso, o interesse em explorar o tema se dá por também agregar à literatura maiores exemplificações sobre a argamassa estabilizadas.

Acerca dos procedimentos e métodos, foram selecionados 6 (seis) autores que se utilizaram da comparação em laboratório para obter dados preliminares considerando uma comparação entre argamassas estabilizadas e convencionais. São eles: Costa (2016); Macioski (2014); Machado (2018); Moura (2007); Dachery (2015) e Jantsch (2015).

Costa (2016) por sua vez possui comparação de argamassas estabilizadas com as convencionais considerando revestimentos externo. Os resultados de Macioski (2014) foi obtido através de estudos de caracterização das argamassas estabilizadas. Machado (2018) buscou focar sua base de estudo na caracterização de argamassas estabilizadas para revestimento. Já Moura (2007) estudou também revestimentos externos com argamassas em substratos de concreto. Dachery (2015) estudou as propriedades da argamassa estabilizada em revestimento externo, também. Jantsch (2015) focou em analisar a permeabilidade de argamassas submetidas a tratamento com aditivos cristalizantes.

No entanto, consideram-se tais estudos com as seguintes ponderações. i) todos os estudos tiveram dados obtidos em laboratórios. ii) todos estudos possuem dados comparáveis e plausíveis com o que é proposto pelas NBR a serem descritas a seguir. iii) possuem maior relevância dentro da bibliografia além de serem dados relativamente atualizados.

Com tais dados à mão, podemos comparar os resultados das pesquisas anteriores com o que é proposto pela NBR, Quadro 3.

Quadro 3 – Quadro de relação Ensaio/Normatização

Normas (NBR)

Ensaio	Normatização
Estado Fresco	
Teor de Ar Incorporado e Densidade de massa	NBR 13278 (ABNT, 2005a)
Retenção de Água	NBR 13277 (ABNT, 2005b)
Índice de Consistência	NBR 13276 (ABNT, 2005c)
Estado Endurecido	
Resistência à Compressão	NBR 13278 (ABNT, 2005a)
Resistência à Tração na flexão	NBR 13279 (ABNT, 2005e)
Coeficiente de Capilaridade	NBR 15259 (ABNT, 2005f)

Fonte: Adaptado de Souza (2022).

Serão considerados, portanto, os dados dos autores para nas seguintes condições, Quadro 4.

Quadro 4 - Distribuição de autores

Argamassa	Autor
Estabilizada	Macioski (2016)
	Machado (2018)
	Jantsch (2015)
	Dachery (2015)
Convencional	Costa (2016)
	Moura (2007)

Elaboração própria (2023)

Nesse sentido, é apresentado os dados dos autores em relação à cada tipo de ensaio proposto, seus resultados são comparados entre qual argamassa possui melhor desempenho em função do ensaio, tanto no estado fresco, como em estado endurecido possibilitando uma avaliação ou conclusão, Tabelas 1 e 2.

No tocante à NBR referente a classificações no estado fresco.

Tabela 1 - Classificação das argamassas quanto à densidade de massa no estado fresco.

Densidade de massa no estado fresco	
Classe	(kg/m ³)
D1	≤ 1400
D2	1200 a 1600
D3	1400 a 1800
D4	1600 a 2000
D5	1800 a 2200
D6	> 2000

Fonte: Adaptado de NBR 13281 (ABNT, 2005g).

Tabela 2 - Classificação das argamassas quanto a retenção de água

Classe	Retenção de água (%)
U1	≤ 78
U2	72 a 85
U3	80 a 90
U4	86 a 94
U5	91 a 97
U6	95 a 100

Fonte: Adaptado de NBR 13281 (ABNT, 2005g).

Classificações das argamassas em relação ao estado endurecido, Tabelas 2 a 6.

Tabela 3 - Classificação das argamassas quanto a densidade de massa no estado endurecido

Densidade de massa aparente no estado endurecido	
Classe	(kg/m ³)
M1	≤ 1200
M2	1000 a 1400
M3	1200 a 1600
M4	1400 a 1800
M5	1600 a 2000
M6	> 1800

Fonte: Adaptado de NBR 13281 (ABNT, 2005g).

Tabela 4 - Classificação das argamassas quanto a resistência à compressão

Classe	Resistência à compressão (Mpa)
P1	$\leq 2,0$
P2	1,5 a 3,0
P3	2,5 a 4,5
P4	4,0 a 6,5
P5	5,5 a 9,0
P6	$> 8,0$

Fonte: Adaptado de NBR 13281 (ABNT, 2005g).

Tabela 5 - Classificação das argamassas quanto a resistência das argamassas quanto a tração na flexão

Classe	Resistência à tração na flexão (MPa)
R1	$\leq 1,5$
R2	1,0 a 2,0
R3	1,5 a 2,7
R4	2,0 a 3,5
R5	2,7 a 4,5
R6	$> 3,5$

Fonte: Adaptado de NBR 13281 (ABNT, 2005g).

Tabela 6 - Classificação das argamassas em relação ao coeficiente de capilaridade

Classe	Coeficiente de capilaridade (g/dm ³ .min ^{1/2})
C1	$\leq 1,5$
C2	1,0 a 2,5
C3	2,0 a 4,0
C4	3,0 a 7,0
C5	5,0 a 12,0
C6	$> 10,0$

Fonte: Adaptado de NBR 13281 (ABNT, 2005g).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Os resultados são subdivididos em dados de comparação para estado fresco e estado endurecido.

3.1. Ar Incorporado e Densidade de massa no estado fresco.

A inserção de ar no estado fresco da argamassa é interessante para buscar uma melhor maleabilidade e trabalhabilidade. A comparação de todos os autores e seus resultados, Tabela 7.

Tabela 7 – Estabilizada x Convencional (Teor de Ar e Densidade de massa)

Argamassa	Autores	Teor de Ar	Densidade de massa (kg/m ³)
	Macioski		
	(2014)	13,71%	1805,00
	Dachery		
Estabilizada	(2015)	*	1865,25
a	Machado		
	(2018)	*	1802,17
	Jantsch		
	(2015)	21,88%	1765,47
Convencional	Costa (2016)	6,20%	2109,10
	Moura (2007)	4,00%	2034,00

Fonte: Elaboração Própria.

Argamassas estabilizadas por terem maior percentual de ar dentro das reações químicas facilitam a trabalhabilidade, nesse sentido fica claro a diferença entre argamassas estabilizadas e convencionais. Enquanto argamassas convencionais de acordo com Moura (2007) e Costa (2016) só possuem em média 5,1% de teor de ar, as estabilizadas de acordo com dados de Macioski (2014) e Jantsch (2015) apresentam, em média 17,80%, ou seja, mais que o triplo de trabalhabilidade, mais leve e de melhor aplicação.

Por consequência, a densidade das argamassas estabilizadas são, claramente menores, apontando a média de Macioski (2014), Dachery (2015), Machado (2018) e Jantsch (2015) observa-se 1809,47, enquanto a média entre Costa (2016) e Moura (2007) é de 2071,55.

Corroborando com o que se observa em teoria, as argamassas estabilizadas pesquisadas pelos mais diferentes autores possuem maior quantidade de ar em suas reações e também menor densidade, sendo classificadas em sua maioria entre D3 e D4 de acordo com a NBR 13281, enquanto convencionais chegam no limite da NBR com densidades de acordo com a norma entre D5 e D6.

3.2. Retenção de água da composição das argamassas.

A retenção de água das argamassas estabilizadas é reflexo da forma de armazenamento temporário de até 72 horas para uso onde há além da forma de produção, uma lâmina de água que protege a argamassa e mantém a umidade para o melhor desempenho e trabalhabilidade do produto, Tabela 8.

Tabela 8 – Estabilizada x Convencional (Retenção de Água)

Argamassa	Autores	Retenção de Água (%)
Estabilizada	Macioski (2014)	79,83%
	Dachery (2015)	*
	Machado (2018)	*
Convencional	Jantsch (2015)	95,20%
	Costa (2016)	74,00%
	Moura (2007)	*

Fonte: Elaboração Própria.

Nesse sentido, observam-se dados de Macioski (2014) e Jantsch (2015) que argumentam no sentido teórico do maior volume de retenção de água em estado fresco da argamassa, diferenciando de fato do dado apontado por Costa (2016) de 74%.

Uma das razões para as quais esse tipo de distorção acontece é devido aos aditivos inclusos nas argamassas estabilizadas e ao excesso, em alguns casos, de cal nas convencionais.

No tocante às classes, 79,83% de Macioski (2014) é classificado como U2; Jantsch (2015) 95,20% como classe U6 e Costa (2016) como U1 ou U2. Lembrando

que argamassas estabilizadas devem se encontrar em pelo menos U1 ou U2, que são os padrões mínimos aceitáveis.

3.3. Índice de Consistência

De forma geral, o índice de consistência é basicamente uma avaliação da trabalhabilidade da argamassa. Apesar de não possuir uma referência em relação a NBR, seus valores não podem ser muito diferentes, porque se forem, atrapalharia o manuseio e a alocação em obra, Tabela 9.

Tabela 9 – Estabilizada x Convencional (Índice de Consistência)

Argamassa	Autores	Índice de Consistência (mm)
Estabilizada	Macioski (2014)	262,50
	Dachery (2015)	235,30
	Machado (2018)	260,00
	Jantsch (2015)	*
Convencional	Costa (2016)	268,00
	Moura (2007)	*

Fonte: Elaboração Própria.

Todos os dados referentes a argamassa estabilizada apontam para maior facilidade de manuseio em relação à convencional, sendo esse um dos maiores atrativos para o investimento nesse tipo de produto.

3.4. Densidade de massa em estado endurecido.

As argamassas no estado endurecido possuem o mesmo raciocínio lógico de interpretação em relação ao estado fresco. De forma geral, argamassas convencionais possuem um valor de densidade maior do que as estabilizadas, além de serem mais pesadas e exigirem um pouco mais da estrutura do empreendimento, Tabela 10.

Tabela 10 – Estabilizada x Convencional (Densidade de massa – Endurecida)

Argamassa	Autores	Densidade de massa (kg/m ³)
Estabilizada	Macioski (2014)	1610,00
	Dachery (2015)	*
	Machado (2018)	1782,03
	Jantsch (2015)	*
Convencional	Costa (2016)	1875,80
	Moura (2007)	1838,80

Fonte: Elaboração Própria

Macioski (2014) e Machado (2018) apresentam resultados que corroboram o que se espera da teoria e o que foi encontrado em outros estudos, dados de densidade de massa consideravelmente mais leves do que o que é encontrado em média nas argamassas convencionais representadas por Costa (2016) e Moura (2007).

Em relação às classes propostas pela NBR 13281, Macioski (2014) e Machado (2018) classificam-se entre M4 ou M5. E Costa (2016) e Moura (2007) como M6.

3.5. Resistência à compressão e Tração.

A resistência à compressão e a Tração dá-se pelo simples raciocínio lógico de quanto maior melhor. Obviamente como já constatado acima, argamassas convencionais são mais pesadas e densas, o que se esperava era que possuísse maior resistência a Tração e compressão, no entanto, observa-se o contrário, Tabela 11.

Tabela 11 – Resistência à compressão e Tração

Argamassa	Autores	Resistência à compressão (Mpa)	Resistência à tração (Mpa)
Estabilizada	Macioski (2014)	4,60	1,83
	Dachery (2015)	*	*
	Machado (2018)	*	*
	Jantsch (2015)	4,13	*
Convencional	Costa (2016)	3,32	1,19
	Moura (2007)	3,78	1,46

Fonte: Elaboração Própria

Dados de Macioski (2014) e Jantsch (2015) mostram maior resistência à compressão por parte das argamassas estabilizadas quando comparadas com Costa (2016) e Moura (2007), o mesmo pode-se observar à resistência à tração, enquanto Macioski (2014) apresenta 1,83 Mpa, Moura (2007) que é o melhor resultado apresenta 1,46 Mpa, Costa (2016) apresenta resultado menor ainda.

No tocante às classificações Macioski (2014) apresenta-se como P4, Jantsch (2015) P3 ou P4. Costa (2016) e Moura (2007) como P3.

3.6. Coeficiente de Capilaridade

O coeficiente de capilaridade é um indicador de porosidade, ou seja, quanto maior for a porosidade, menor é a resistência mecânica. Nesse ponto a inserção de aditivos nas argamassas estabilizadas também geram retorno positivo diminuindo o coeficiente de capilaridade, Tabela 12.

Tabela 12 – Coeficiente de capilaridade

Argamassa	Autores	Coeficiente de capilaridade (g/dm ³ .min ^{1/2})
Estabilizada	Macioski (2014)	*
	Dachery (2015)	3,52
	Machado (2018)	3,11

	Jantsch (2015)	2,30
Convencional	Costa (2016)	4,16
	Moura (2007)	*

Fonte: Elaboração Própria

Dachery (2015), Machado (2018) e Jantsch (2015) apontam para coeficientes de capilaridade consideravelmente mais baixos do que as argamassas convencionais de Costa (2016).

Em relação às classes, as argamassas estabilizadas se encontram dentro de um patamar C2 enquanto o resultado de Costa (2016) aponta para uma classe C4.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente muitas construtoras vêm investindo muito em argamassas estabilizadas que possuem poucas desvantagens em relação à argamassa convencional, sendo uma delas a possibilidade de estocagem.

No entanto, os principais apontamentos deste trabalho foram elucidar ainda mais as diferenças principalmente de trabalhabilidade e qualidade. Tanto no estado fresco como no estado endurecido a argamassa estabilizada possui melhor qualidade em todos os sentidos pesquisados, seja em teor de ar incorporado, densidade no estado fresco, retenção de água, índice de consistência, densidade de massa endurecida, resistência a tração e compressão e coeficiente de capilaridade.

Uma vez assentada, a argamassa estabilizada cumpre o seu papel com maior intensidade que a argamassa convencional, consegue desde a trabalhabilidade melhorada decorrente dos excelentes resultados de teor de ar e densidade no estado fresco, e segurança e estabilidade a construção aos seus bons resultados no estado endurecido como mostra a resistência a tração e compressão.

Por fim, o trabalho conseguiu alcançar seu objetivo de avaliar argamassas estabilizadas e convencionais através de dados disponíveis na literatura sobre o tema.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**: elaboração de trabalhos na graduação. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro, 2001. 3p.

_____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. ABNT, 2013.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005c.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005e.

_____. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005d.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005g.

_____. **NBR 13528**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **NBR 13530**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13749**: Requisitos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 2013b.

_____. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005f.

APPS, C. A. C. P. **Avaliação da variabilidade da técnica de ensaio do tubo de Karten na medição da permeabilidade à água líquida em revestimentos de ladrilhos cerâmicos e argamassas**. 2011. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2011.

BAUER, E.; OLIVEIRA, V. C. **Comportamentos e propriedades das argamassas estabilizadas de revestimento**. In: XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2017, São Paulo. XII Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2017.

CAMPOS, G. M. **Estudo do tempo de início de pega de argamassas com aditivo estabilizador de hidratação**. Curitiba, 2012. 116 f. Monografia (Especialização em Patologia das Construções) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 1ª ed. ISAIA, Geraldo Cechella– São Paulo: IBRACON, 2007, Cap. 26 – Argamassas, pág. 863 a 904. Volume2.

COSTA, Ivandro. **Estudo comparativo entre as argamassas de revestimento externo: preparada em obra, industrializada fornecida em sacos, e estabilizada dosada em central**. 2016. 84 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016. Disponível em:
<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1412/1/2016lvandrodaCosta.pdf>.

DACHERY, M. **Avaliação das propriedades da argamassa estabilizada para revestimento externo: Aplicação em diferentes substratos, durante diferentes períodos de utilização**. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil. Centro Universitário Univates. Lajeado. Rio Grande do Sul. 2015.

DUBAJ, Eduardo. **Estudo comparativo entre traços de argamassas utilizadas em Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2000. Disponível em: <
<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2442/000319569.pdf?sequence=1> >.
Acesso em: 19 de Abril de 2015.

JANTSCH, A. **Análise do desempenho de argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS. 2015.

MACIOSKI, Gustavo. **Avaliação do comportamento de argamassas estabilizadas para revestimento**. 2014. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MACHADO, L. **Caracterização de argamassas estabilizadas para revestimentos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Rio Grande do Sul. 2018.

MOURA, Cristiane Borges. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: Influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2007.

SOUZA, D. **Utilização de Argamassas Estabilizadas, de assentamento e revestimento, na construção civil: Uma discussão acerca do assunto**. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Cajazeiras. Paraíba. 2022.

TUSSET, Cyane. **Avaliação de desempenho de revestimento externo de argamassa quanto à permeabilidade e resistência à aderência – Estudo de caso**. Trabalho de Diplomação (em Engenharia Civil) apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

A SUSTENTABILIDADE EM OBRAS PÚBLICAS NO BRASIL

Gabriella Maria Nunes Alves
Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos
Isabelly Camila Diniz de Oliveira Farias
Rodrigo José Lucena de Medeiros

RESUMO

O meio ambiente é essencial para a satisfação das necessidades humanas das gerações atuais e futuras. O termo sustentabilidade destaca-se atualmente por adquirir consensos, mas a sua prática ainda precisa ser incentivada. A sustentabilidade na construção civil é um tema cada vez mais indispensável em qualquer empresa do ramo. A grande quantidade de resíduos e entulhos gerados nos canteiros de obras, além das nocivas atividades de extração de matéria-prima e elevado uso de energia elétrica representam um desafio na minimização dos impactos provocados pelas construções. Desta forma, o presente artigo tem como objetivo ressaltar a importância da sustentabilidade em obras públicas. Tratou-se de uma pesquisa bibliográfica de natureza qualitativa. Pôde-se concluir que entre os resultados encontrados pode-se destacar que conceitualmente há um grande aprofundamento sobre a temática da sustentabilidade. Por outro lado, ainda são poucas as ações efetivamente sustentáveis faltando inclusive parâmetros que conduzam para a efetivação concreta da sustentabilidade nos planos e metas de obras públicas.

Palavras-chave: Brasil. Obras. Meio Ambiente.

ABSTRACT

The environment is essential for meeting the human needs of current and future generations. The term sustainability currently stands out for gaining consensus, but its practice still needs to be encouraged. Sustainability in construction is an increasingly indispensable topic in any company in the sector. A large amount of waste and debris generated at construction sites, in addition to the harmful activities of removing raw materials and high use of electricity represent a challenge in minimizing the impacts caused by construction. Therefore, this article aims to emphasize the importance of sustainability in public works. This was a bibliographical research of a qualitative nature. It can be concluded that among the results found, it can be highlighted that conceptually there is a great depth on the topic of sustainability. On the other hand, there are still few effective sustainable actions, lacking inclusive parameters that lead to the concrete implementation of sustainability in public works plans and goals.

Keywords: Brazil. Construction. Environment.

1 INTRODUÇÃO

O conceito da sustentabilidade na construção civil vem ganhando força, pois cresce a preocupação com o ecologicamente correto, com a longevidade e harmonia de interação entre o “edificar” e a natureza. A publicação do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2014, p.73) afirma que este setor é responsável por consumir “mais da metade dos recursos naturais extraídos do planeta na produção e manutenção do ambiente construído” e neste quesito surge a preocupação em procurar alternativas sustentáveis para se construir. Sintetizando, busca-se agregar mais valor ao empreendimento, quando atende às demandas, de forma mais efetiva, das partes interessadas e alcança uma melhor qualidade de vida para a sociedade hoje, sem comprometer as gerações futuras.

Sabe-se que a gestão ineficiente de cada uma das etapas (planejamento, implantação, uso, manutenção e demolição) da edificação agrava os impactos ambientais, assim como os custos e o volume de resíduos sólidos, causando prejuízos à sociedade. Contudo, a escolha neste artigo pela etapa de planejamento da obra se verifica, pois é a etapa na qual serão decididas todas as intervenções que poderão

integrar a obra ao meio ambiente ou resultar em danos em curto, médio e longo prazo. Algumas intervenções estão relacionadas aos estudos de viabilidade financeira, física e econômica, elaboração de projetos e suas especificações e o desenvolvimento das atividades construtivas com seus cronogramas (COSTA; MORAES, 2013).

A partir destes estudos, são delineadas estratégias que levem em conta a efetividade energética, o baixo impacto ambiental pela seleção dos materiais, a conservação da água, saúde e bem-estar do cliente e o conforto ambiental interno; de maneira que seja atestada a qualidade do empreendimento.

Consentine e Borges (2016) destacam que foi na década de 1990 que no Brasil surgiram as medidas consistentes na busca por construções sustentáveis. A partir deste momento, foi possível apresentar os processos de reciclagem, desperdício de materiais e energia, e chegar a conclusão da necessidade de mudanças de estratégias na construção civil para a economia mundial.

No Brasil, a ideia sobre construções sustentáveis chegou tarde. O primeiro Simpósio do CIB sobre construções e meio ambiente foi organizado pela Escola Politécnica da USP em 2000. Esse encontro trouxe um alerta para as indústrias sobre a realidade e a necessidade de usar estratégias sobre a sustentabilidade no uso de materiais para a construção civil (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Por esse motivo há uma necessidade de uma relação harmoniosa entre a indústria e o consumidor, pois são necessárias mudanças culturais, de valores e de comportamentos sobre a sustentabilidade. Por isso são significativas mudanças tais quais: a felicidade atrelada ao usufruir ao invés do consumir; a valorização da durabilidade do produto em detrimento da moda instantânea; e, a adoção do transporte público ou mesmo o não transporte (NASCIMENTO, 2012).

O presente trabalho tem como objetivo geral ressaltar a importância da sustentabilidade em obras públicas, pois as mesmas já estão sendo incluídas em um sistema de sustentabilidade através das licitações que buscam empresas que visem diminuir os impactos ambientais sobre os materiais usados nessas construções.

Como objetivos específicos deste trabalho destacam-se: a) Caracterizar o desenvolvimento sustentável; b) demonstrar ações e soluções sustentáveis em obras públicas, com ênfase em escolas.

Como método utilizado para a construção deste texto destaca-se a bibliográfica, com abordagem qualitativa.

A justificativa do trabalho se efetua por meio da necessidade de desenvolver uma sociedade sustentável. No que tange a busca pelo primor da sustentabilidade em obras públicas, essa obrigação também já existe.

2 DESENVOLVIMENTO

À medida que a industrialização descontrolada, o crescimento exponencial da população urbana e o consumo excessivo de recursos naturais, juntamente com o avanço tecnológico, levam à deterioração do ambiente global, as pessoas percebem que os atuais padrões de consumo estabelecidos precisam de mudar. Proteger o meio ambiente e seus recursos para as gerações atuais e futuras.

A procura por habitação aumenta devido ao crescimento populacional, o que é, em última análise, uma preocupação, especialmente porque a indústria da construção tem sido historicamente considerada um grande consumidor de recursos e geradora de resíduos. Segundo o Conselho Internacional de Construção (CIB), a indústria da construção é o setor da atividade humana que mais consome recursos naturais, utiliza mais intensamente a energia e gera resíduos sólidos, líquidos e gasosos, sendo responsável por grande parte do volume de resíduos sólidos. Resíduos gerados em todo o mundo e que causam diversos impactos ambientais em sua cadeia produtiva (ICMBio, 2014).

As preocupações com a sustentabilidade levaram o sector da construção civil, ainda que um pouco mais tarde do que outros sectores industriais, a grandes mudanças e à aquisição de novos conceitos de gestão, graças ao desenvolvimento profissional dos gestores e à pressão da concorrência internacional. Há cada vez mais conhecimento e exigência por parte dos consumidores que valorizam cada vez mais empresas e produtos certificados pela qualidade, ética e responsabilidade ambiental.

Cada vez mais se tornam um importante diferencial para empresas que produzem produtos ou prestam serviços que não degradam o meio ambiente, promovem a inclusão social e participam do desenvolvimento das comunidades das quais fazem parte. Estudos mostram que empresas que cultivam uma forte imagem

de responsabilidade social apresentam melhor desempenho financeiro, inclusive no mercado de ações.

Para Mota (2006), as mudanças ambientais dão origem a impactos – cujos impactos retroalimentam o ambiente natural e alteram as cadeias alimentares naturais e os valores hedônicos do capital natural – e influências externas – os seus efeitos positivos ou negativos que têm um impacto negativo nas pessoas, melhorando ou deteriorando saúde deles.

Portanto, o papel dos valores dos ativos naturais é relevante para a medição do desenvolvimento sustentável. As preocupações ambientais foram ratificadas por vários acordos internacionais e muitos acordos comerciais, segundo os quais a conservação/preservação ambiental é o ponto chave mais importante do desenvolvimento sustentável. Por outro lado, os consumidores também estão demasiado preocupados com a gestão dos ativos naturais. Isto significa que os fornecedores e os consumidores de bens/serviços têm uma consciência clara de que o ambiente fornece matérias-primas para as atividades económicas e humanas.

Além disso, o papel do ambiente não se limita a manter o fluxo de energia e matéria para entidades económicas e artificiais, mas também para a vida na natureza. Estas percepções ambientais baseiam-se numa série de fundamentos teóricos, que servem como auxílios para uma melhor compreensão de como manter o equilíbrio da vida de todas as espécies. Além disso, as observações científicas comprovaram que o ambiente natural desempenha um papel fundamental nos países biodiversos - países com fauna e flora muito diversificadas, com especial destaque para o Brasil - papel fundamental nos interesses estratégicos dos países com natureza rica.

A preocupação com o meio ambiente é tema de destaque na Constituição Federal de 1988, que em seu art. 225 impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para a presente e para as futuras gerações. É necessário, então, determinar procedimentos ambientalmente corretos para a gestão pública como um todo, visando atenuar a crise ecológica que estamos passando.

Apesar da necessidade de as políticas públicas que visam o desenvolvimento sustentável ser abrangente, é importante que haja uma maior atenção à indústria da construção civil, pois historicamente essa tem sido reconhecida como alta consumidora de recursos e geradora de resíduos.

Segundo Côrtes et al (2011) a sustentabilidade traz uma contribuição significativa para a construção civil, possibilitando a criação de manual de

licenciamento ambiental e identificação de riscos de responsabilidades solidárias associadas a obras, acessível aos colaboradores e todas as partes envolvidas nos empreendimentos, como forma de estimular a consciência e o cumprimento da legislação vigente.

Além de formar grupos para estudar formas de conciliar a expansão das atividades da organização com a proteção do ecossistema, incluindo a viabilidade técnica e econômica de substituição de materiais renováveis por materiais não renováveis. Alinhar gradativamente as instalações da empresa, bem como seus canteiros e projetos de construção com os conceitos atuais de conservação de recursos naturais, energias alternativas, reuso de água, além de disseminar essas práticas para funcionários e stakeholders do projeto

Um empreendimento sustentável ideal deveria desde sua concepção ser uma criação sustentável planejada para durar e se adaptar ao longo do tempo. Para isso é necessário otimizar o projeto, utilizar materiais eficientes de baixo impacto ambiental e com menor desperdício e baixo custo.

Deveria também ter uma implantação sustentável que preserve e restaure os ecossistemas e a biodiversidade ao redor do empreendimento sempre que possível, passando pelo seu ciclo de vida, sendo uma moradia sustentável até sua recapacitação. Em vez de ocupar novos espaços pode-se reciclar construções já existentes, utilizar sua infraestrutura e fazer modificações sustentáveis.

Em vez de ocuparem novos espaços, os edifícios existentes podem ser reciclados, utilizando infraestruturas e fazendo modificações sustentáveis. Mas quando um edifício existente deve ser demolido porque não existem outras alternativas, é essencial minimizar os resíduos de demolição, detalhando cada etapa do processo de demolição, os seus impactos, possíveis condições ambientais, medidas de controle da deterioração e métodos apropriados de classificação de materiais. Ainda podem ser reciclados e reutilizados, proporcionando assim um destino adequado para resíduos não reutilizáveis.

Para uma obra ser reconhecida como sustentável ela deve possuir: a) Adequação ambiental; b) viabilidade econômica; c) justiça social; d) aceitação cultural.

A demanda do mercado tem levado cada vez mais empresas a buscarem certificações, principalmente em qualidade, saúde e segurança ocupacional, gestão ambiental e responsabilidade social. As certificações nacionais e internacionais

podem beneficiar a sociedade, além de proporcionar maior competitividade às organizações.

A implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade, como o da ABNT NBR ISO 9001, busca otimização de diversos processos dentro da organização por meio da melhoria contínua de produtos e serviços, além do ganho de visibilidade frente ao mercado. A norma de Segurança e Saúde Ocupacional mais difundida é a OHSAS 18001 (Occupational Health and Safety Management Systems), que tem por objetivo assegurar o bom cumprimento de procedimentos e cuidados quanto à saúde e segurança do trabalhador.

A norma ISO 14000, relacionada ao Sistema de Gestão Ambiental, é destinada à proteção do meio ambiente através da redução da carga de poluição porque envolve a revisão do processo produtivo visando à melhoria contínua do desempenho, controlando insumos e matérias-primas evitando, assim, desperdícios de recursos naturais. Pesquisa realizada retratando os benefícios da ISO 14001 (CZAJA, 2005, apud PINTO et al., 2006) revelou que as principais razões que levam as empresas a implementá-la estão relacionadas com o atendimento à legislação ambiental e à melhoria da imagem.

Com relação a responsabilidade social, a norma ISO 26000 estabelece um padrão internacional para elaboração de um sistema de gestão e apresenta a importância do engajamento da empresa com as suas partes interessadas (stakeholders). O Brasil tem se destacado internacionalmente nesse campo, sendo um dos poucos países a elaborar uma norma nacional sobre o tema, a NBR 16001, lançada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2007).

O significado de sustentabilidade nas edificações está diretamente relacionado à sua durabilidade e capacidade de sobreviver satisfatoriamente ao longo do tempo, observando como reagem às condições ambientais em geral.

O principal objetivo da construção sustentável é incorporar no planejamento e execução dos projetos princípios ambientais que tragam características positivas aos envolvidos direta ou indiretamente no projeto.

Segundo Queiroz (2016) quando há a decisão da realização de alguma obra do órgão público ou privado, devem ser levados em consideração os fatores econômicos durante a elaboração do projeto, visando a princípio a sustentabilidade da construção. Pois a construção dita como sustentável tem como objetivo a criação

e manutenção responsável de um ambiente baseado na utilização eficiente de recursos e em princípios ecológicos.

Ao estabelecer parcerias, consórcios ou terceirização de serviços, os gestores estabelecem pré-requisitos para o comprometimento com a qualidade, saúde, meio ambiente e segurança das pessoas e do ambiente de negócios, e por fim promover a organização e higiene do local de trabalho, por meio de programas que visam o bem-estar no ambiente de trabalho. ambiente organizacional, que, além de produzir, entre outros benefícios, também reduz o desperdício de qualidade, aumenta a produtividade e os lucros.

O gerenciamento de um projeto, conforme afirma Portugal (2017, p. 7), seja uma obra ou reforma, implica em comandar e administrar está para que seja garantida a solidez e a durabilidade da construção em cumprimento com o planejamento e com o objetivo. Desta forma, faz-se necessária a inclusão de critérios/ itens sustentáveis na fase de concepção do projeto para assim garantir a eficiência e eficácia nas etapas seguintes.

Em Estocolmo, em 1972, durante a primeira conferência das Nações Unidas sobre o ambiente, Maurice Strong propôs o conceito de desenvolvimento ecológico e Ignacy Sachs melhorou esta ideia ao conceber as seguintes condições para orientar o desenvolvimento: espaço, cultura, sociedade, ecologia, economia. e política.

Em 1982, definiu esse termo como “um estilo de desenvolvimento que em cada ecorregião, insiste nas soluções específicas de seus problemas particulares, levando em conta os dados ecológicos da mesma forma que os culturais, as necessidades imediatas como também aquelas a longo prazo” (Layargues, 1997, p.3). Por abordar as questões ambientais, sociais e econômicas, o ecodesenvolvimento fomentou a discussão que resultou no termo Desenvolvimento Sustentável.

Na década de 90, após o surgimento do conceito de construção sustentável, foi introduzido no Reino Unido o método BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), que pode ser considerado um sucesso, pois pode produzir uma síntese do desempenho ambiental dos edifícios, estabelecendo metas e meios de avaliação compreensíveis, baseados em critérios ambientais conhecidos.

Posteriormente, surgiram uma série de certificações noutros países, pois foi reconhecido que as classificações de desempenho, combinadas com sistemas de certificação, criaram mecanismos eficazes para demonstrar a melhoria contínua,

permitindo ao mercado estimular e elevar os padrões ambientais existentes, mas se isso acontecer, é importante que o sistema de avaliação de desempenho seja aplicado voluntariamente. (PINHEIRO, 2006).

A prática de avaliação e identificação de uma construção sustentável se estrutura primeiramente por meio de diretrizes e critérios, ou desenvolvimento de guias de construção sustentáveis. Posteriormente, esses critérios devem ser verificados e avaliados por especialistas para ser feita uma auditoria e, por fim, integrarem em processos independentes de certificação (PINHEIRO, 2006).

O Brasil é protagonista nas discussões relacionadas às questões ambientais globais. Em 1992, o país sediou a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio92). Entre os resultados deste evento destaca-se a formulação da Agenda 21.

Trata-se de um documento que reúne as preocupações para com o Século XXI, premeditando as ações de cada país no tocante à amenização dos impactos ambientais, com vistas ao desenvolvimento sustentável (GUEVARA et al,2009).

Ele enfatizou a importância do engajamento global nas questões socioambientais, o que é considerado um marco institucional para os esforços dos governos em todo o mundo. A participação do Brasil nas discussões globais sobre sustentabilidade se reflete nas práticas cotidianas da administração pública.

Em 1999, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) desenvolveu a Agenda Ambiental da Administração Pública (A3P), estruturada em cinco eixos temáticos: uso racional dos recursos naturais e bens públicos; gerenciar integralmente os resíduos gerados; qualidade de vida no trabalho; conscientização e treinamento de funcionários; e leilões sustentáveis.

A3P não é a única iniciativa governamental para promover a sustentabilidade. A legislação brasileira tem, esporadicamente, reforçado alguns esforços. Na sessão sobre instrumentos jurídicos será apresentada a lei que rege a sustentabilidade nas obras públicas.

Por iniciativa do Ministério do Meio Ambiente (MMA), foi criado o Programa Nacional de Monitoramento Ambiental Integrado (Monitore), com o objetivo de estabelecer uma nova dinâmica de produção de informações sobre qualidade ambiental, que engloba desenvolvimento de padrões metodológicos e de coleta de dados, promoção e difusão de práticas e procedimentos de monitoramento ambiental, assim como desenvolver padrões estatísticos e amostrais para pesquisas regional e

nacional sobre qualidade ambiental (RIZZO, 2001). Uma outra contribuição teórica foi a criação, pelo MMA, do Programa Nacional de Indicadores de Sustentabilidade (PNIS).

Os esforços para desenvolver um conjunto de indicadores ambientais para o Brasil encontraram uma série de problemas, tanto conceitualmente quanto em termos de escopo e treinamento técnico. Além disso, duas questões podem ser apontadas quanto à dificuldade de construção de um índice global do meio ambiente. A primeira diz respeito à seleção dos indicadores a escolher. A segunda diz respeito à definição de um sistema de ponderação. Além disso, Tolmasquim (2001) sugere que propor um índice requer “(...) a identificação e avaliação das variáveis necessárias à obtenção do índice, o diagnóstico da disponibilidade dos dados e a identificação da organização responsável por desenvolvê-lo e divulgá-lo periodicamente”.

Segundo Corrêa (2009) a integração de medidas sustentáveis na construção pública e privada é considerada uma tendência crescente. Governos, consumidores, investidores e associações estão sempre em alerta, onde são incentivados e motivados a integrar práticas sustentáveis nos edifícios, minimizando assim os impactos ambientais e económicos.

Tendo como base o fato que o Poder Público seja influenciador e deve dar o exemplo quanto ao seu compromisso de zelar pelas riquezas de seu país e pela população, este passa a incluir em suas obras civis a sustentabilidade, surgindo assim o conceito de construções sustentáveis, definida pelo MMA como:

Construção sustentável é um conceito que denomina um conjunto de medidas adotadas durante todas as etapas da obra que visam à sustentabilidade da edificação. Através da adoção dessas medidas é possível minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente além de promover a economia dos recursos naturais e a melhoria na qualidade de vida dos seus ocupantes. (MMA, 2020, sem paginação).

Em 2010, o Governo Federal posicionou-se efetivamente sobre esse tema. O então Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), atual Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, publicou a Instrução Normativa nº 01/2010, onde são dispostos os critérios de sustentabilidade ambiental que devem ser observados durante a aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional.

Em seu art. 4º, baseado no texto da Lei nº 8.666/93, estabelece que as especificações e demais exigências do projeto básico ou executivo, para contratação

de obras e serviços de engenharia, devem ser elaborados visando à economia da manutenção e operacionalização da edificação, a redução do consumo de energia e água, bem como a utilização de tecnologias e materiais que reduzam o impacto ambiental.

Dentre uma série de documentos legais relacionados às obras públicas sustentáveis, vale destacar a Orientação Normativa 01/2010, baseada na Lei nº 8.666/93, que estabelece de forma mais clara os critérios pelos quais um edifício público deve responder para ser considerado sustentável.

No entanto, embora o tema da construção e renovação sustentáveis já não seja novo, muito poucos edifícios são concebidos de forma sustentável na administração pública. (MMA, 2017).

Em recente trabalho publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2002, 2008), foi apresentado um rol de indicadores de desenvolvimento sustentável para o Brasil. O instituto selecionou 50 indicadores, distribuindo-os em quatro áreas temáticas: i) social – taxa de crescimento da população, índice de Gini, esperança de vida ao nascer, escolaridade, densidade inadequada de moradores por dormitório, coeficiente de mortalidade por homicídios etc.; ii) ambiental – consumo industrial de substâncias destruidoras da camada de ozônio, uso de fertilizantes, produção da pesca marítima e continental, espécies extintas e ameaçadas de extinção, acesso ao serviço de coleta de lixo doméstico etc.; iii) econômica – produto interno bruto per capita, consumo de energia per capita etc.; e iv) institucional – ratificação de acordos globais, gastos com pesquisa e desenvolvimento (P&D) etc.

As medidas que os países devem tomar para o desenvolvimento sustentável são limitar o crescimento populacional, garantir o acesso a longo prazo a recursos básicos, como alimentos, água e energia, e incentivar a utilização de novos materiais, o consumo razoável de água e alimentos e a preservação da biodiversidade e ecossistema, reduzindo o consumo de energia e incentivando o desenvolvimento de tecnologias que utilizem fontes de energia renováveis. Além disso, é necessário proceder à reestruturação e redistribuição das zonas residenciais e industriais, promovendo o aumento da produção industrial nos países não industrializados com base em tecnologia ecologicamente adequada, bem como a utilização e consumo de fontes de energia alternativa, como energia solar e energia eólica e energia geotérmica, controlar a urbanização desordenada e integrar zonas rurais e urbanas,

reduzir a utilização de produtos químicos nocivos na produção de alimentos, promover a reciclagem de materiais que possam ser reutilizados e, em última análise, satisfazer necessidades básicas como saúde, educação e habitação.

2.1 METODOLOGIA

A compreensão dos mecanismos metodológicos é fundamental para a condução e elucidação da pesquisa científica. Esses mecanismos referem-se às abordagens e métodos utilizados para estruturar e realizar trabalhos relacionados.

Para a classificação com base nos procedimentos utilizados, do ponto de vista da abordagem teórica, fizemos uso de uma pesquisa bibliográfica descrevendo e contextualizando a visão de autores sobre o tema abordado em referências já publicadas.

Conforme afirma Apollinário (2012, p. 26). O proveito do estudo bibliográfico reside no feito de proporcionar ao investigador um instrumental analítico para qualquer outro tipo de estudo, porém similarmente pode esgotar-se em si mesma.

A pesquisa bibliográfica, considerada uma fonte de coleta de dados secundária, pode ser definida como: contribuições culturais ou científicas realizadas no passado sobre um determinado assunto, tema ou problema que possa ser estudado (LAKATOS & MARCONI, 2001).

Em suma, todo trabalho científico, toda pesquisa, deve ter o apoio e o embasamento na pesquisa bibliográfica, para que não se desperdice tempo com um problema que já foi solucionado e possa chegar a conclusões inovadoras (LAKATOS & MARCONI 2001).

A busca foi realizada nas bases de dados Scientific Electronic Library On-line (SciELO) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Para a busca nas bases científicas foram utilizados os seguintes temas: Obras públicas; Obras públicas no Brasil; Sustentabilidade em obras públicas; Sustentabilidade no Brasil.

Empregando métodos qualitativos, ocupará um lugar reconhecido entre as diversas possibilidades de estudo dos fenômenos que envolvem os seres humanos e as complexas relações sociais que estabelecem em diferentes ambientes.

De acordo com Bogdan & Biklen (2003), o conceito de pesquisa qualitativa envolve cinco características básicas que configuram este tipo de estudo: ambiente natural, dados descritivos, preocupação com o processo, preocupação com o significado e processo de análise indutivo.

A análise dos dados tende a seguir esse processo indutivo. Os pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem as hipóteses definidas antes do início dos estudos. As abstrações se formam ou se consolidam, basicamente, a partir da inspeção dos dados em processo de baixo para cima.

Assim, a pesquisa qualitativa ou naturalista, segundo Bogdan & Biklen (2003), envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes. Entre as várias formas que pode assumir uma pesquisa qualitativa, destacam-se a pesquisa do tipo etnográfico e o estudo de caso.

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Recentemente, tem sido observado um aumento progressivo no consumo de energia ao longo da vida útil das construções. Isso acontece devido às diversas fases pelas quais uma edificação passa, desde a sua construção (envolvendo a extração de matérias-primas, fabricação de materiais e equipamentos), passando pela montagem, operação, manutenção e chegando até a demolição (THORMARK, 2001).

Frente a essa situação, a questão ambiental tem sido cada vez mais discutida em diversos segmentos da sociedade, resultando na crescente participação de diferentes setores de mercado. A busca por um equilíbrio entre o que é considerado socialmente positivo, economicamente viável e ecologicamente sustentável é comumente mencionada como "triple bottom line", que engloba as dimensões ambiental, social e econômica do desenvolvimento sustentável (SILVA, 2003).

Dessa forma, é factível afirmar que o rendimento de uma construção está intrinsecamente relacionado com a sua concepção, isto é, com a forma como foi planejada e edificada, levando em consideração os materiais utilizados e os métodos de construção. Uma construção sustentável não se resume apenas àquela que usa materiais ecologicamente adequados ou que recicla os resíduos provenientes da construção, mas sim aquela que adota princípios de conforto térmico e iluminação,

buscando a eficiência energética e um ambiente saudável, bem como a captação da água da chuva e a facilidade de manutenção e desmontagem da construção quando necessário (BORGES, 2008).

Entende-se por uma obra pública todo e qualquer projeto de infraestrutura que é tanto financiado quanto realizado pelo governo nas esferas municipal, estadual ou federal. Estes projetos podem ter diversos fins, sendo comum a realização de obras do serviço de abastecimento de água e esgoto, a construção predial de escolas, hospitais, creches, e as obras de infraestrutura de transporte, tais como: Pontes, estradas, portos, aeroportos, entre outros. Bem como ressalta Waldetario & Alvarez (2010), estes são projetos destinados à sociedade como um todo, ofertando saúde, segurança, recreação e demais serviços comuns à população.

A concepção de escolas sustentáveis vem ganhando força nas publicações oficiais em diversas iniciativas que se somam com o enfrentamento aos problemas socioambientais. No entanto, os programas e políticas que abordam a sustentabilidade nas escolas produzem sentidos narrativos distintos. A noção de escola sustentável abarca diferentes conceitos, como a sustentabilidade, o desenvolvimento sustentável e a própria ideia de educação ambiental.

A cartilha estruturada pelo MEC em 2017, voltada especificamente para a educação, decorre desse processo e se estrutura conforme os seis eixos temáticos da A3P, com vistas a ressaltar a importância de economia de recursos naturais, o uso racional de bens públicos, a gestão dos resíduos, as licitações e construções sustentáveis, a capacitação e sensibilização dos servidores e a qualidade de vida no ambiente de trabalho (BRASIL. MMA, 2017).

Como eixos temáticos para uma gestão socioambiental nas escolas públicas destacam-se: a) Uso racional dos recursos naturais e bens públicos, implicando em uso de recursos e bens públicos, como energia, água, madeira, papel, copos plásticos e outros materiais de expediente, de forma econômica e racional, evitando o seu desperdício; b) Gestão adequada dos resíduos gerados, refere-se à adoção da política dos 5R's: repensar, reduzir, reutilizar, reciclar e recusar; c) Qualidade de vida no ambiente de trabalho, visando facilitar e satisfazer as necessidades do indivíduo ao desenvolver suas atividades na organização por meio de ações para o desenvolvimento pessoal e profissional; d) Sensibilização e capacitação, que busca criar e consolidar a consciência cidadã da responsabilidade socioambiental nos servidores para um melhor desempenho de suas atividades; e) Licitações

sustentáveis, referindo-se à promoção, por parte da administração pública, da responsabilidade socioambiental das suas compras; f) Construções, reformas e ampliações sustentáveis, com a preferência de materiais e métodos que não prejudiquem o ambiente e reduzam o consumo de recursos naturais.

As ações de sustentabilidade podem ser vistas em obras públicas de forma sutil ou ampliada, o que será determinado pelo tipo de empreendimento e pelo perfil do serviço a ser realizado. Numa construção de uma escola pública, além da utilização de materiais sustentáveis na construção dos ambientes é possível projetar espaços que permitam a educação ambiental e sustentável pelos estudantes, sendo não somente uma obra construída com responsabilidade ambiental, mas também uma unidade pública que promove a sustentabilidade (SOBREIRA et. al., 2007).

Nicoski et al. (2018), por exemplo, ao analisarem a implementação dos pressupostos do Programa Escolas Sustentáveis, desenvolvido pelo Ministério da Educação, observaram ações como aproveitamento do espaço físico e diminuição do consumo de água e energia, corroborando os achados deste estudo.

Outras iniciativas são o desenvolvimento de horta escolar como proposta para destacar a importância da sustentabilidade (FERNANDES et al., 2020); a realização de projetos de plantio de árvores (SILVA et al., 2022); e a utilização de gamificação para conscientização e engajamento dos estudantes sobre a sustentabilidade (KAMINSKI; SILVA; BOSCARIOLI, 2018).

Silva et al. (2022) em seu projeto em uma escola no Ceará, destaca como benefício o paisagismo, valorizando a estética local e a beleza cênica. É ainda, um fator que contribui para a diminuição do stress da população urbana e, também, para a valorização da qualidade de vida local.

Além disso, propicia equilíbrio ao ambiente natural modificado. Foi realizado uma palestra sobre a importância das plantas e roda de conversa com os alunos, onde puderam tirar suas dúvidas em relação aos cuidados, importância do plantio para a saúde e preservação do ecossistema. Muitas dúvidas houveram, e muitos conhecimentos foram aprendidos diante as informações levadas (SILVA et al., 2022)

Os alunos entenderam que a natureza e a saúde humana necessitam de árvores e plantas para sobreviver num mundo no qual a industrialização perpassou o espaço global, porém, cabe-nos a tentar reverter esse quadro, fazendo cada um à sua parte e não deixar morrer a arborização. Quando se substitui a vegetação por asfalto,

favorece a absorção de radiação solar diurna e a reflexão noturna, formando o fenômeno “ilhas de calor” (SILVA et al., 2022)

Segundo Duarte et al. (2017), é muito importante frisar os danos que causam a ausência de arborização, como forma de conscientização, os autores afirmam que as consequências negativas da falta de vegetação no meio urbano desencadeiam no aumento da impermeabilização do solo, aumento da poluição do ar pela queima de combustíveis fósseis, aumento dos riscos de enchentes, aumento no consumo de energia, desvalorização imobiliária, inundações e, por conseguinte, perdas na qualidade ambiental urbana.

No trabalho de Kaminski, Silva e Boscaroli (2018) comprovou -se que a integração das TDI junto com uma metodologia que promova a participação ativa dos estudantes como protagonistas pode trazer contribuições no sentido de tornar a atividade mais envolvente, interessante, tornando o aprendizado mais significativo. Colocar o aluno como protagonista em atividades que envolvam a discussão, o debate, as campanhas, e outras formas de expressão também é uma possibilidade para o desenvolvimento pleno dos estudantes numa perspectiva de trabalho em equipe, com colaboração, com desenvolvimento da criatividade e da formação crítica.

Verificam-se evidências de dificuldades na implementação de ações sustentáveis, principalmente por carência de informações sobre as dimensões da sustentabilidade, que resultam no desenvolvimento pontual e descontínuo de ações focadas somente em questões ambientais (SILVA; PONTES, 2020).

Outra dificuldade está na limitação da ação governamental, que nem sempre disponibiliza os aportes financeiros necessários para a manutenção adequada das estruturas físicas e humanas de suas próprias escolas (BRITO; CUNHA; SIVERES, 2018).

Diante do cenário ambiental que vivemos, os gestores públicos precisam repensar as construções de novas escolas ou a reforma das unidades já existentes, partindo do princípio que estes espaços são provedores do conhecimento.

Assim, para que estes prédios escolares possam prover condições de aprendizado e sustentabilidade deve-se considerar alguns elementos seguindo o FDE-SP, (2015)., tais como:

- Instalação de bacias sanitárias com volume de descarga reduzido (até 6 litros por descarga);
- Adoção de torneiras de fechamento automático para lavatórios e bebedouros;

- Incorporação das válvulas de fechamento automático nos mictórios;
- Uso de torneiras com arejador nas pias;
- Utilização de torneiras de jardim e de lavagem com dispositivos para uso restrito;
- Uso de dispositivos restritores de vazão de água no sistema hidráulico;
- Proibição da utilização de madeira de espécies escassas ou ameaçadas na construção de escolas, abrangendo insumos, componentes e serviços em que a matéria é empregada;
- Banimento do uso de materiais cuja matéria-prima é o amianto;
- Instalação de lâmpadas de alto rendimento e isentas de mercúrio em componentes de iluminação nas obras novas e ampliações;
- Implantação de reservatórios para retenção das águas de chuva com o objetivo de promover seu gerenciamento e contribuir para a absorção da água nos terrenos, evitando enchentes;
- Reaproveitamento da água coletada para descarga em bacias sanitárias
- Gestão adequada dos resíduos da construção em obras;
- Gestão adequada dos resíduos com a redução na geração, reaproveitamento e reciclagem;
- Redução da taxa de impermeabilidade do solo pelo replantio de espécies nativas e incentivo à utilização de pavimentos permeáveis;
- Utilização de energias alternativas com incentivo à utilização de energia solar;
- Promoção do aumento da eficácia da ventilação e conforto térmico;
- Promoção da otimização da luz natural nas edificações;
- Reestruturação dos editais de licitação incorporando exigências de ações de sustentabilidade e responsabilidade social na qualificação das empresas;
- Otimização da eficiência energética;
- Garantia da acessibilidade em atendimento às normas;
- Incentivo ao desenvolvimento de produtos e sistemas que necessitem de pouca manutenção;
- Aumento da área vegetada com recuperação do micro clima original.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de desenvolvimento sustentável proposto pela Organização das Nações Unidas é amplamente aceito. O desenvolvimento sustentável é um equilíbrio entre os objetivos económicos, sociais, culturais e ambientais de uma sociedade. Mas na sua implementação é necessário que indivíduos, entidades e governos atuem de forma mais conjunta e interdisciplinar para permitir a implementação de políticas ambientais e promover ações sobre a economia verde, logística reversa, mecanismo de desenvolvimento limpo e outras estratégias de desenvolvimento sustentável.

A sustentabilidade é crucial para projetos de edifícios públicos no Brasil e no mundo. No contexto atual, a dependência da humanidade de um planeta ambientalmente equilibrado para a sua própria sobrevivência, qualidade de vida e gerações futuras é cada vez mais preocupante.

A importância do tema da sustentabilidade aplicada à construção de prédios escolares é notória e necessária. Isso porque, além dos benefícios construtivos, ambientais e educacionais, permite mesmo que em médio prazo, benefícios econômicos.

Ressalta-se que o desenvolvimento deste trabalho não elimina a necessidade de pesquisas adicionais sobre este tema. Na verdade, é inegável que a indústria da construção carece de ideias inovadoras na engenharia civil que não acrescentem baixo custo, funcionalidade e sustentabilidade. Portanto, pesquisas que ampliem os horizontes do tema e forneçam sugestões de alternativas para a indústria terão impacto positivo nos futuros profissionais da área, bem como nos futuros negócios.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de Gestão Ambiental (NBR ISO 14001: 2004)**. 2004. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/default.asp?resolucao=800X600>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

AGOPYAN, V; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. Org. José Goldemberg. São Paulo: Bucher, 2011.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da Ciência: filosofia e prática da pesquisa**. Editora Cengage Learning, 2ª ed. p.138, 2012.
BORGES, Carlos A. de M. **O conceito de desempenho das edificações e a sua importância para o setor da construção civil 2006**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. 12.ed. Porto: Porto, 2003.

BRITO, R. O.; CUNHA, C.; SIVERES, L. **Gestão participativa e sustentabilidade socioambiental: um estudo em escolas da rede pública de Sobral-CE.** Ciência & Educação, Bauru, v. 24, n. 2, p. 395-410, abr./ jun. 2018.

CBCS -CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e na Promoção de Políticas Públicas.** Subsídios para a promoção da Construção Civil Sustentável. CBCS. PNUMA. MMA. 2014. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B784-118693813AC4>. Acesso em: 25 mar. 2024.

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil.** [Monografia], Belo Horizonte, 2009.

CÔRTEZ, R. G.; FRANÇA, S. L. B.; QUELHAS, O. L. G.; MOREIRA, M. M.; MEIRINO, M. J. Contribuições para a sustentabilidade na construção civil. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão Volume 6**, Número 3, 2011, pp. 384-397.

COSENTINO, L. T.; BORGES, M. M. **Panorama da sustentabilidade na construção civil: da teoria à realidade do mercado.** ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UFSC – Florianópolis – 18 a 20 de Abril de 2016

COSTA, E.D., MORAES, C.S.B. Construção Civil e a Certificação Ambiental: Comparação das Certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental). **Engenharia Ambiental.** Espírito Santo do Pinhal. v.10, n. 3, p. 160-177, maio/jun 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334695945_CONSTRUCAO_CIVIL_E_A_CERTIFICACAO_AMBIENTAL_ANALISE_COMPARATIVA_DAS_CERTIFICACOES_LEED_LEADERSHIP_IN_ENERGY_AND_ENVIRONMENTAL_DESIGN_E_AQUA_ALTA_QUALIDADE_AMBIENTAL Engenharia_Ambiental_Pesquisa_e_Tec Acesso em: 25 mar. 2024.

Duarte, T.E.P.N. et al. (2017). **Arborização urbana no Brasil: um reflexo de injustiça ambiental.** Revista Terr@Plural, v. 11, n. 2, p. 291-303

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO – GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sustentabilidade Ambiental.** Disponível em: <http://www.fde.sp.gov.br/PagesPublic/InternaProgProj.aspx?contextmenu=sustambi>. Acesso em: 29 abr. 2024.

FERNANDES, R. O. et al. **Avaliação de ações de práticas de sustentabilidade em escola municipal de ensino infantil na Zona Sul da cidade de São Paulo – SP.** Interfaces Científicas, Aracaju, v. 8, n. 3, p. 393-407, 2020.

GUEVARA, A. J. H.; et al. (Org.). **Consciência e desenvolvimento sustentável nas organizações.** Rio de Janeiro: Campus, 2009. JEREISSATI, Geórgia Morais. Licitação e obras públicas sustentáveis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

ICMBio. **Cidades sustentáveis reduzem impactos ambientais.** 2014. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/6670-cidadessustentaveis-reduzem-impactos-ambientais> Acesso em: 25 mar. 2024.

KAMINSKI, M. R.; SILVA, D. A.; BOSCARIOLI, C. Integrando educação e gamificação como estratégia para ensinar sustentabilidade e alimentação saudável no 5º ano do ensino fundamental. Revista Prática Docente, Cuiabá, v. 3, n. 2, p. 595-609, jul./dez. 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LAYRARGUES, P. **Do ecodesenvolvimento ao Desenvolvimento Sustentável: Evolução de um conceito?** Disponível em: <http://material.nereainvestiga.org/publicacoes/user_35/FICH_PT_32.pdf> Acesso em: 25 mar. 2024.

Ministério do Meio Ambiente. **Construções sustentáveis**. Brasília, 2017. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/item/10317-eixos-tem%C3%A1ticos-constru%C3%A7%C3%B5es-sustent%C3%A1veis>>. Acesso em: 25 mar. 2024.

MMA -MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construções sustentáveis**. Brasília. 2020. Disponível em: <http://a3p.mma.gov.br/construcoes-sustentaveis>. Acesso em: 25 mar. 2024.

MOTA, J. A. Valoração econômica da biodiversidade aplicada a corredores ecológicos. In: ARRUDA, M. B. (Org.). **Gestão integrada de ecossistemas aplicada a corredores ecológicos**. Brasília: Ibama, 2006.

NASCIMENTO, E. P. D. **Trajetória da sustentabilidade: ao ambiental ao social, do social ao econômico**. In.: Revista Estudos Avançados – Vol. 26, n.74, 2012.

NICOSKI, R. et al. **Escolas sustentáveis: avaliação por meio dos indicadores de monitoramento da sustentabilidade socioambiental em uma escola pública no município de Cascavel-Paraná**. Ensino, Saúde e Ambiente, Niterói, v. 11, n. 3, p. 202-217, 2018.

PINHEIRO, M. **Ambiente e Construção Sustentável**. Instituto do Ambiente. Amadora, 2006.

PINTO, J. de S. et al. **Mapeamento e Análise dos pontos críticos na Certificação NBR ISO 14001:2004**. Artigo. 2006. Disponível em: <http://www.ead.fea.usp.br/Semead/9semead/resultado_semead/trabalhosPDF/434.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2024.

PORTUGAL, M.A. **Como gerenciar projetos de construção civil: do orçamento à entrega da obra**. Rio de Janeiro: Brasport, 2017.

QUEIROZ, N. T. **Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (2016): 3(6): 255-263.

RIZZO, H. G. Programa Nacional de Monitoramento Ambiental Integrado (Monitore). In: GARAY, I.; DIAS, B. F. S. (Ed.). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento**. Petrópolis: Vozes, 2001.

SILVA, R. C. Proposta de melhorias para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental: estudo de caso de um edifício de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - PPGCC/Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2012.

SILVA, V. P.; PONTES, J. C. **Educação para a sustentabilidade em currículos da educação básica: implementação e desafios**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 30320-30330, 2020.

SILVA, H. R. et al. **Plantação de árvores com alunos do ensino médio como incentivo à sustentabilidade e responsabilidade social com o meio ambiente**. Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 1-8,2022.

SOBREIRA, Fabiano JA et al. Sustentabilidade em edificações públicas: entraves e perspectivas. **Brasília: Ministério do Meio Ambiente**, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/SuelyAraujo/publication/259313173_Sustentabilidade_e_m_edificacoes_publicas_entraves_e_perspectivas/links/0c96052afc6a0214b8000000/Sustentabilidade-emedificacoes-publicas-entraves-e-perspectivas.pdf. Acesso em: 24 abr. 2024.

THORMARK, Catarina. **Alow energy building in a life cycle** - its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. Institute of Technology, Lund University. Lund, Suécia, 2001.

TOLMASQUIM, M. T. Estrutura conceitual para a elaboração de indicadores de sustentabilidade ambiental para o Brasil. In: GARAY, I.; DIAS, B. F. S. (Ed.). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento**. Petrópolis: Vozes, 2001.

WALDETARIO, Kamila Zamborlini; ALVAREZ, CE de. **Diretrizes para aplicação dos conceitos de sustentabilidade na reabilitação de edifícios em centros urbanos para fins de habitação popular: análise do Programa Morar no Centro–Vitória (ES)**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 13, p. 1-10, 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/161367548.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2024.

GRAFENO: TENDÊNCIAS E APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Rayssa Barbosa de Medeiros

Luciana Alves da Nóbrega

Marco Aurélio Rodrigues de Melo

RESUMO

A construção civil que atualmente compõe um grande percentual na economia do Brasil, vivencia atualmente as grandes inovações tecnológicas. Com isso, uma área que vem destacando-se em detrimento de seu grande potencial é a nanotecnologia, principalmente no que tange a criação de novos materiais, que adquirem novas funcionalidades, diminuem preço de mercado e podem promover uma maior vida útil a edificação. Em função disto, o grafeno, aparece na literatura com uma grande versatilidade de aplicações na área da construção civil, portanto, este trabalho explora sua importância, propriedades, desafios, benefícios e tendências, focando em suas aplicações nos compósitos cimentícios e revestimentos. A metodologia do trabalho abrange a coleta de dados na literatura de fontes como Google Acadêmico, Science Direct, Periódicos da CAPEs e Sci Hub. O trabalho evidenciou as propriedades que os compósitos cimentícios adquirem ao serem incorporados com o grafeno, no que diz respeito as suas propriedades físicas e mecânicas, foi possível observar com os trabalhos relatados que há um aumento significativo, principalmente, da resistência à compressão quando há um percentual do grafeno na composição do traço de concreto. No entanto, percebe-se que o aumento substancial do percentual pode implicar em uma diminuição da trabalhabilidade do concreto e resistência. No que tange aos revestimentos, o grafeno vem apresentando grandes tendências, principalmente no que diz respeito as tintas condutoras. Em consonância com o exposto, observa-se que o grafeno na construção civil apresenta um grande potencial

para maximizar resultados nas propriedades dos materiais já existentes, bem como, em novas aplicações.

Palavras-chaves: Grafeno. Compósitos cimentícios. Tintas condutoras

ABSTRACT

Civil construction, which currently makes up a large percentage of Brazil's economy, is currently experiencing major technological innovations. As a result, an area that has stood out due to its great potential is nanotechnology, especially with regard to the creation of new materials, which acquire new functionalities, reduce market prices and can promote a longer useful life for the building. Because of this, graphene appears in the literature with a great versatility of applications in the area of civil construction, therefore, this work explores its importance, properties, challenges, benefits and trends, focusing on its applications in cementitious composites and coatings. The work methodology covers data collection in literature from sources such as Google Scholar, Science Direct, CAPEs Periodicals and Sci Hub. The work highlighted the properties that cementitious composites acquire when incorporated with graphene, with regard to their physical and mechanical properties, it was possible to observe with the reported works that there is a significant increase, mainly, in the compressive strength when there is a percentage of graphene in the composition of the concrete mix. However, it is clear that a substantial increase in percentage may result in a decrease in concrete workability and strength. Regarding coatings, graphene has been showing major trends, especially with regard to conductive paints. In line with the above, it is observed that graphene in civil construction has great potential to maximize results in the properties of existing materials, as well as in new applications.

Keywords: Graphene. Cementitious composites. Conductive paints.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje existem uma vasta gama de materiais inéditos e inovadores para construção civil, que contribui para a melhoria de várias áreas dos setores técnicos, para gerar uma maior qualidade, custo benefício, diminuição do tempo de serviço, redução de desperdícios (PEREIRA, 2023).

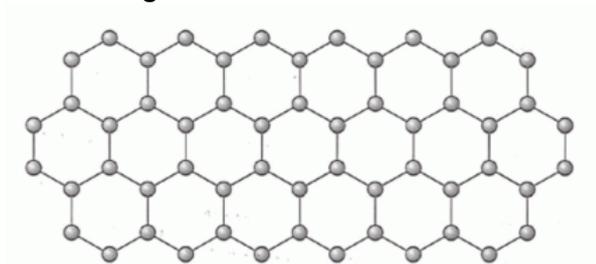
Além de gerar novos materiais para uso na área da construção civil, a criação de novos produtos movimentam outras áreas de serviço, promovendo assim um maior avanço na pesquisa, bem como, movimentação do mercado de trabalho (PEREIRA, 2023).

Nos últimos anos, um material tem atraído crescente atenção e promete revolucionar diversas áreas, desde equipamentos eletrônicos, medicina e a construção civil.

Para Araújo (2022) desde 1935 materiais com estruturas bidimensionais eram descritas na literatura como impossíveis de serem sintetizadas, em função dos seus aspectos termodinâmicos constatados como instáveis. Em 1986, cientistas conseguiram comprovar por meios teóricos a possibilidade da existência do grafeno 2D. No entanto, apenas em 2004 o grafeno foi concebido, pela Universidade de Manchester, onde conquistaram o Nobel de Física no ano de 2010 (NOVOSELOV et al., 2004).

A terminologia do grafeno foi descrita desde 1962, que é advindo do grafite com o sufixo (-eno), decorrente da dupla ligação. Como definição, tem-se que o grafeno é uma estrutura de uma monocamada bidimensional composta por átomos de carbono ligados covalentemente (ligação definida como a presença do compartilhamento de elétrons. (SEGUNDO, VILAR, 2016). O fato de o grafeno possuir em seus limites estruturais as ligações covalentes permitem que este seja um material altamente resistente), Figura 1 (ARAÚJO, 2022; MEHL et al., 2014).

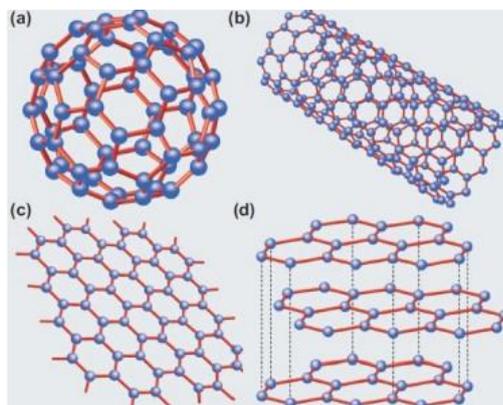
Figura 1. Estrutura do Grafeno



FONTE: <https://www.todamateria.com.br/grafeno/>

Quimicamente relatando, o átomo de carbono possui configuração eletrônica $1s^2 2s^2 2p^2$. Quando se considera alótropo, o grafeno, verifica-se que tais orbitais passam por modificações, o orbital $1s$ não sofre alterações, no entanto, os orbitais $2s$ se hibridizam com dois orbitais do tipo $2p$. Como consequência disso obtêm-se orbitais hibridizados do tipo sp^2 . Os orbitais sp^2 são chamados de ligação sigma (σ), esse tipo de ligações covalentes entre orbitais s e p , entre dois orbitais s ou dois orbitais p . (MELO, 2020). A Figura 2 representa o grafeno e os alótropos de carbono com hibridização sp^2 .

Figura 2 – Estruturas de carbono com hibridização sp^2 a) Fulerenos, b) nanotubo de carbono, c) Grafeno, d) Grafite



FONTE: COSTA, 2018.

Sua estrutura peculiar confere ao grafeno uma série de propriedades extraordinárias, tornando-o um dos materiais mais versáteis e promissores já conhecidos. Com uma resistência mecânica excepcional, cerca de 200 vezes mais forte que o aço, e uma condutividade elétrica e térmica extremamente alta, o grafeno aparece como um fator desafiante aos limites convencionais dos materiais

(FIGUEIREDO et al., 2022). As propriedades do grafeno estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades do Grafeno

Propriedades	Valor
Condutividade elétrica	$2 \cdot 10^9$ S/cm
Mobilidade eletrônica	10^6 m/s
Condutividade térmica	Entre 4840 W/m.K e 5300 W/m.K
Absorção da luz	2,3%
Transmitância	97,7%
Resistência à tração	$130 \cdot 10^9$ Pa
Resistência à ruptura	$42 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$
Área superficial	$2600 \text{ m}^2/\text{g}$

FONTE: PALACIO; REIS, 2019; ARAÚJO, 2022, SOLDANO; MAHMOOD; DUJARDIN, 2010 e LOPES, 2024; SALLES, 2022.

Desde a descoberta concomitantemente com o crescimento científico, diversos métodos de síntese para obtenção do grafeno foram obtidos (ALENCAR, SANTANA, 2020). Os métodos de obtenção mais comumente conhecidos do grafeno são subdivididos em dois grupos: *Bottom-UP* e *Top-Down* (CAMBRAIA, 2013; SALLES, 2022).

As metodologias bottom up procuram a obtenção das folhas individualmente através da deposição em substratos (SALLES, 2022). Neste método, técnicas como as esfoliações mecânicas e química (QUINTANA, et al., 2014), crescimento epitaxial usando cristais de carbeto de silício e a deposição química através da fase de vapor (SALLES, 2022).

A esfoliação química em fase líquida procura quebrar as interações intermoleculares de empilhamento (*staging*) presente entre as folhas de carbono (QUINTANA, et al. 2014). Para esta síntese é utilizado ácido nítrico, cloreto de potássio e ácido sulfúrico (SALLES, 2022).

Na esfoliação química parte-se do óxido de grafite, onde este é esfoliado, gerando folhas de óxido de grafeno, após esse procedimento realiza-se a redução dos mesmos para que estes fiquem na forma de grafeno (CAMBRAIA, 2013).

A produção de grafeno neste método permite produção em grande escala e se torna mais viável por serem reagentes de fácil aquisição (SOLDANO, et al., 2010)

O crescimento epitaxial por decomposição do SiC parte de uma superfície metálica é inserida em um forno com a presença de um gás rico em carbono. Em altas temperaturas, em média 1000 °C ocorre à dissociação do gás e o carbono se agrega no metal, gerando assim o grafeno. No entanto, esse método exige que haja a transferência do grafeno para um substrato, como por exemplo, o silício (CAMBRAIA, 2013).

Para evitar essa transferência é utilizado o carbeto de silício (SiC), aquecido de modo que o silício sublimará e gere uma união de carbonos que irão se reorganizar formando o grafeno (HASS, et al., 2008).

No método CVD, a síntese do grafeno acontece mediante a deposição química em fase de vapor em um substrato de cobre. A ínfima afinidade metálica entre o cobre e o carbono proporciona ligações fracas na superfície. A síntese ocorre após um tratamento térmico na superfície de cobre através do hidrogênio e argônio, o que favorece uma superfície homogênea (SALLES, 2022).

Após isso um gás rico em carbono é colocado no forno, em altas temperaturas estes gases se reduzem de modo a unir-se ao substrato, por fim, têm-se a folha de grafeno (BARCELOS, 2010).

Essa rota permite a obtenção do material em grande escala, pois o custo é baixo quando comparados aos outros métodos de síntese (SALLES, 2022).

Dentre as rotas de síntese para o tipo top-down temos a: esfoliação micromecânica e a esfoliação por cisalhamento.

A síntese por esfoliação micromecânica é realizada a partir da esfoliação do grafite através de uma fita adesiva e posteriormente colocado em um substrato. Este método de síntese não é atrativo para a indústria eletrônica, pois a síntese não é possível à obtenção em grandes áreas (CAMBRAIA, 2013).

A esfoliação por cisamento faz do uso de um rotor de cisalhamento. A rota de síntese utilizada uma solução de grafite em soluções de colato e sódio e solvente N-metil-e-pirrolidona. Após homogeneização e agitação, as dispersões são centrifugadas, de modo a remove o grafite que não sofreu esfoliação e o sobrenadante, resultando no grafeno de alto grau de pureza (SALLES, 2022).

Tendo em vista as diversas rotas de síntese, é de grande importância enfatizar que nos dias de hoje o Brasil consta como o segundo maior produtor de grafite do

mundo e o terceiro em reservas, perdendo inclusive para grandes potências mundiais como Estados Unidos, Canadá e México. (BRASIL, 2024).

Em função as suas propriedades e múltiplas aplicações o grafeno é utilizado em diversos setores industriais. Nos dias atuais o preço em média de 15000 dólares para 150 gramas de grafeno, em contrapartida o grafite tem por valor US \$ 1,0 para 1 Kg (COSTA, 2019).

O Brasil contado com essa tendência do grafeno, atualmente investe em centros de pesquisa de síntese para este material, cujo orçamento é avaliado em cerca de R\$ 100 milhões. Como dito acima, o Brasil por possuir grandes reservas naturais de grafite, tem vantagem no que tange a produção expansiva do grafeno (COSTA, 2019).

Em consonância com o exposto, o objetivo deste trabalho é abordar o estado da arte em relação as novas tendências e aplicações do grafeno na construção civil, de modo, a enfatizar que este material promove uma nova potencialidade a materiais já existentes no mercado.

1. DESENVOLVIMENTO

2.1. METODOLOGIA

Para realização deste trabalho foi tomado como ponto de partida uma aplicação metodológica descritiva e exploratória. Dessa forma o trabalho foi conduzido através de um levantamento bibliográfico acerca do tema proposto, sejam eles em: teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e artigos. Os bancos de dados utilizados para a pesquisa foram o Google Acadêmico, Periódicos da Capes, Science Direct e Sci hub.

A pesquisa abrangeu primeiramente sobre a composição, propriedades, importância, benefícios, síntese e potencial tecnológico. Em um segundo momento foi realizado o levantamento acerca dos resultados do grafeno em compósitos cimentícios e revestimentos.

2.2. RESULTADO E DISCUSSÃO

2.2.1. Compósitos cimentícios

Os materiais que tem em sua essência o cimento são os tipos de materiais dentro da construção civil que possuem maiores demandas, baixo custo, trabalhabilidade e resistência à compressão (SALLES, 2022). A partir da grande procura na área da alvenaria industrial, foi de grande importância a pesquisa por materiais que mostrassem resultados vantajosos e com o mínimo de custos (COSTA, 2019).

Nos dias atuais, em função do aumento significativo dos problemas relacionados ao meio ambiente, materiais como o cimento aparecem como os mais usuais no mercado da construção civil, logo, apresenta um trabalho mais ativo. Na literatura o grafeno junto com materiais cimentícios demonstram diferentes funcionalidade, sempre comparando métodos novos com os métodos base (MARCONDES, et al., 2011).

O uso do grafeno contribui nas construções principalmente no que diz respeito a resistência à compressão e demonstra uma leveza, atrelando assim uma segurança ao material (ANDRADE et al., 2017). A enorme visibilidade dos nanomateriais e suas ações microestruturais em compósitos cimentícios promovem alternativas em relação ao aumento na rigidez mecânicas em cerca de 50% (SANTOS et al., 2023).

Neste sentido, nanomateriais compostos por raios atômicos menores são capazes de prevenir microfissuras, tornando o material com melhores propriedades físico-mecânicas e tornam mais difíceis a percolação da água, os tornando mais estáveis e duráveis (SALLES, 2022).

Em consonância com o trabalho desenvolvido por Costa (2019), preparou 12 corpos de provas, compostos por: 4 corpos de prova sem aditivo, que se tem como amostra base, 4 corpos de prova com 0,001% de aditivo (com óxido de grafeno diluído em água) e 4 corpos de prova com aditivo (com óxido de grafeno em pó), após 14 dias, estes materiais foram levados ao teste de rompimento. Os testes estão sendo representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição dos corpos de prova, cargas submetidas, resistência e diferença de resistência.

Corpo de Prova	Diâmetro (mm)	Carga (kgf)	Resistência (MPa)	Diferença de resistência (%)
Base (1)	49,52	860	43,80	-
Base (2)	49,36	880	44,82	-

Base (3)	49,25	820	41,80	-
Base (4)	49,16	970	49,40	-
0,001% em água (1)	49,05	1230	62,64	39,34
0,001% em água (2)	49,02	930	47,36	5,37
0,001% em água (3)	49,08	1240	63,15	40,48
0,001% em água (4)	49,11	950	48,38	7,62
0,001% em pó (1)	49,86	1190	60,61	34,83
0,001% em pó (2)	49,78	1160	59,08	31,43
0,001% em pó (3)	49,89	1240	63,15	40,48
0,001% em pó (4)	49,92	1390	70,79	57,47

A diferença foi medida a partir das médias dos corpos de prova base (sem aditivo), sendo 44,955 MPa.

FONTE: COSTA, 2019.

Após obtenção dos resultados, observou-se que houve uma melhora da resistência entre os corpos de prova com aditivos, mesmo considerando a pequena quantidade utilizada. Em média os corpos de prova com óxido de grafeno diluídos em água foram de 23,20% e 41,05% aos corpos que foram aditivados com óxido de grafeno em pó. Em relação aos corpos de prova base, os resultados corroboram com o esperado, em função ao traço (1:2:3), cura e cimento utilizado (cimento portland CPIII) (COSTA, 2019).

Quando comparado à pesquisa de Babak et al., (2014), observa-se que estes alcançaram valores maiores que o normalmente padronizado. Neste trabalho, encontrou-se 48% de média de resistência, e utilizando cerca de 1,5% do grafeno (BABAK et al., 2014). No trabalho realizado por Pan et al., (2015) conseguiram em até 57,47% de resistência, utilizando 0,05% do óxido. Com os dados observados, foi notório que a presença do grafeno em testes de resistência a corpos de prova de concreto, apresentaram melhora no que diz respeito ao aumento de sua resistência. Em consonância com o exposto, a produção de concreto com a inserção do grafeno

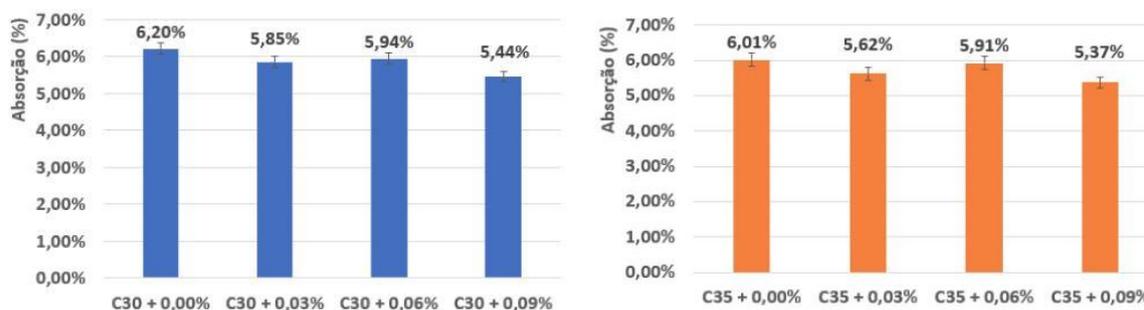
promove melhorias em suas propriedades, principalmente no que diz respeito às suas resistências à compressão (SALLES, 2022).

No trabalho desenvolvido por Ribeiro e Formagini (2023), estes realizam uma análise acerca das propriedades físicas e mecânicas do concreto com a inserção de óxido de grafeno (OG). Como metodologia, avaliou-se tais propriedades em concretos de resistência de 30 e 35 MPa, com a incorporação de OG de 0% a 0,09% em relação ao peso de cimento.

Nas propriedades físicas foi avaliada a absorção de água e as mecânicas a resistência à compressão, correlação entre resistência à compressão e módulo de elasticidade estático, correlação entre módulo de elasticidade estático e módulo de elasticidade dinâmico e a correlação entre módulo de elasticidade estático e Velocidade de pulso ultrassônico (UVP) (RIBEIRO, FORMAGINI, 2023).

Com os resultados observados em relação à absorção de água, nota-se que a amostra com maior teor de OG (0,09%), para os traços de 30 e 35 MPa, apresentam uma diminuição na absorção de água, que é representado em cerca de 0,76% e 0,64%, respectivamente, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 - Avaliação da absorção de água com adição de OG a) concreto 30 MPa b) concreto 35 MPa.

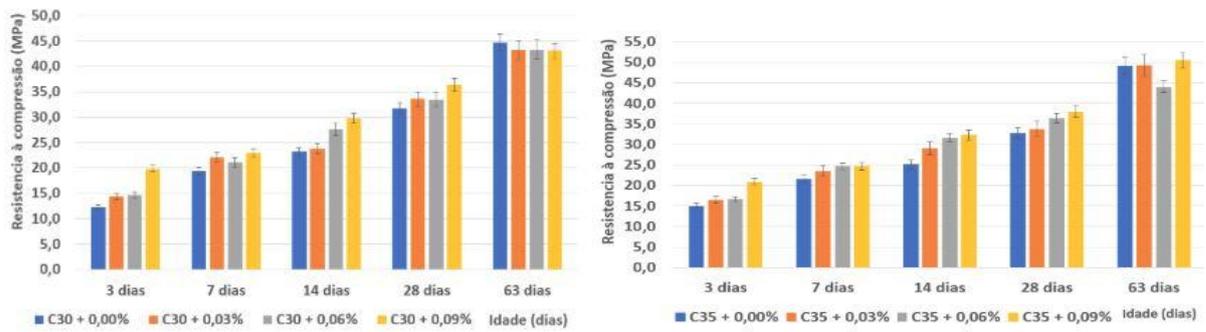


FONTE: (RIBEIRO, FORMAGINI, 2023)

Para Zaid et al. (2022) a incorporação de OG nos compósitos cimentícios proporciona a geração de uma camada do material devido a uma interação mais fraca do que com a matriz ligante, representando um revestimento de proteção, isso permite uma maior resistência no que diz respeito a penetração de água no concreto.

Em relação a resistência à compressão, a Figura 4 mostra os resultados médios encontrados para os concretos com diferentes resistências e diferentes teor de OG, bem como, a quantidade de dias de cura do concreto.

Figura 4 - Teste de resistência a) resistência 30 MPa b) resistência 35MPa

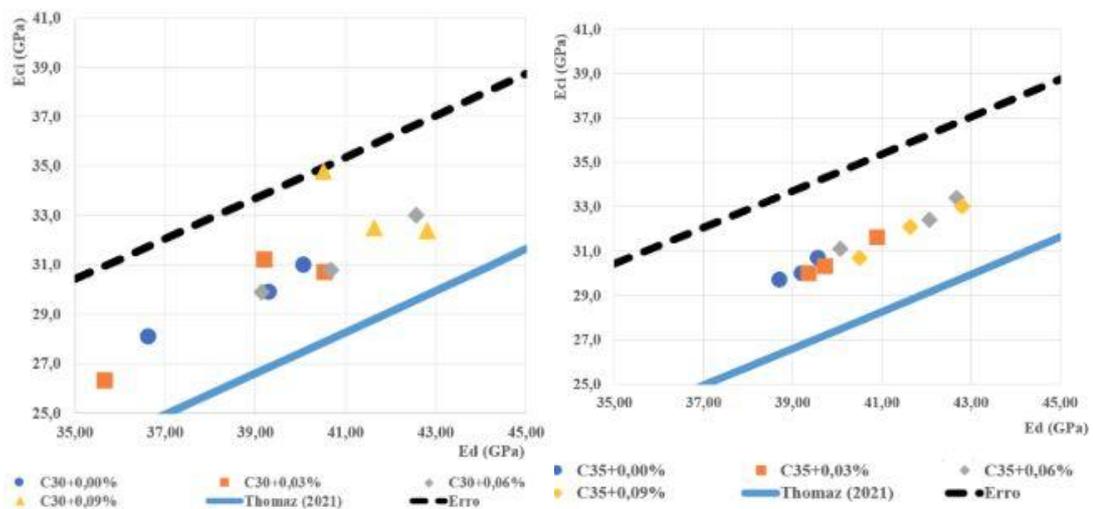


FONTE: (RIBEIRO, FORMAGINI, 2023).

Os resultados demonstram que em todos os percentuais do concreto (30 MPa e 35 MPa) com adição de OG mostram que houve aumento da resistência à compressão quando comparadas a sua amostra base (0% de adição de OG). Os melhores resultados são relacionados ao corpo de prova com 0,09% de OG, obtendo um ganho percentual de 12,85% para o concreto de 30 MPa e 13,64% para o de 35 MPa. Observa-se variações no que diz respeito as amostras de 0,03% e 0,06% entre os tempos de cura 3 e 28 dias, no entanto, a estabilidade alcançada é aos 63 dias em todos os traços (RIBEIRO, FORMAGINI, 2023). Estes resultados corroboram com os encontrados nos trabalhos de Zaid e colaboradores (2022) e no de Wu e colaboradores (2019).

A análise de velocidade de pulso e módulo de elasticidade mostraram que quanto maior o teor de grafeno maior foram os valores das propriedades avaliadas. A correlação de resistência à compressão e o módulo de elasticidade estático demonstram valores similares aos encontrados na literatura (RIBEIRO, FORMAGINI, 2023). A correlação entre módulo de elasticidade estático e módulo de elasticidade dinâmico apresentam resultados satisfatórios conforme mostra a Figura 5 e superiores aos encontrados no trabalho desenvolvido por Thomaz (2021).

Figura 5 - Correlação entre módulo estático e módulo de elasticidade dinâmico a) concreto 30 MPa b) concreto 35 MPa.



FONTE: (RIBEIRO, FORMAGINI, 2023; THOMAZ 2021).

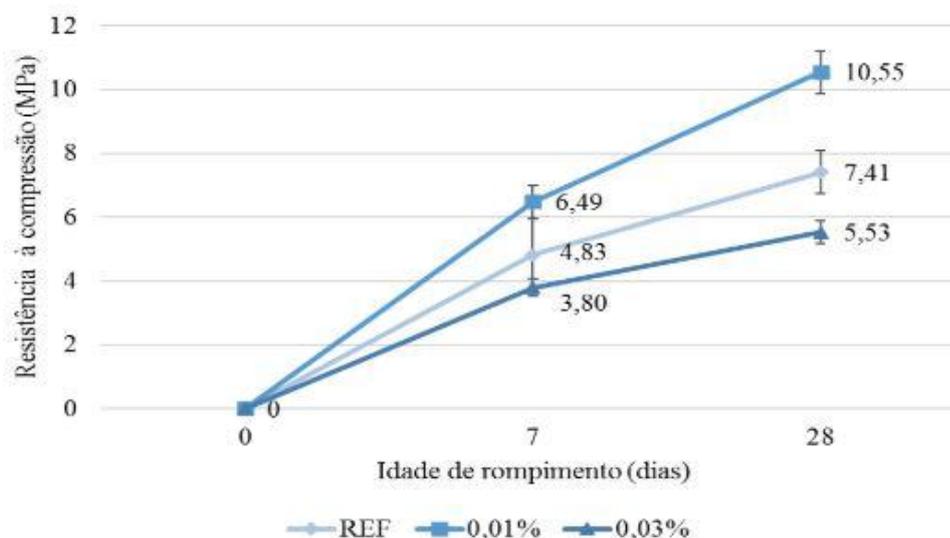
Ao avaliar os resultados da correlação entre módulo de elasticidade estático e velocidade de pulso ultrassônico (UVP) observa-se que estes encontram em uma tendência de aumento, desenvolvido por Pereira e Formagini (2022), onde os resultados apresentam erros dentro da margem dos autores acima citados.

Entende-se que os resultados apresentados no trabalho de Ribeiro e Formagini (2023) mostram que o uso do OG influenciou o crescimento dos módulos de elasticidade estático, velocidade de pulso e elasticidade dinâmica. Este fato está diretamente relacionado com o aumento da compressão. Quando compara-se os resultados encontrados com os propostos pela NBR 6118:2014, aos trabalhos de Thomas, Miyaji e Possan (2021) e Pereira e Formagini (2022), entende-se que estes se encontram dentro dos modelos e comportamentos estabelecidos.

No trabalho desenvolvido por Dutra e colaboradores (2022), foi realizado a síntese do óxido de grafeno e o incorporaram no concreto nas percentagens de 0,01% e 0,03% e avaliaram suas resistências a compressão e tração.

Para os resultados de compressão axial, seguiu-se os parâmetros estabelecidos na NBR 5739:2018, os dados obtidos são demonstrados na Figura 6.

Figura 6 - Resistência à compressão



FONTE: (DUTRA, et al, 2022).

Com os resultados obtidos foi observado que com 7 dias a amostra com 0,01% de óxido de grafeno possuiu cerca de 34,4% quando comparado ao concreto referência (usual). Já na amostra contendo mais grafeno, foi observado uma redução de cerca de 21,3% de resistência. De relevada importância, as amostras com maior teor de óxido de grafeno (0,03%) necessitaram de um acréscimo de água maior, pois verificou-se que diminuiu a trabalhabilidade do concreto (DUTRA, et al, 2022).

A diminuição da trabalhabilidade do concreto advindo do maior teor de óxido na composição é relatada na literatura, para Chuah (2014) os nanomateriais apresentam áreas superficiais grande, então, ocorre a necessidade de maior hidratação. Com isso, a resistência mecânica decresce, e para Abrams (2019) diversas propriedades do concreto estão inversamente atreladas à taxa de água/cimento.

Com 28 dias de cura, observa-se que o corpo de prova com 0,01% apresenta cerca de 42,4% de resistência (DUTRA, et al., 2022). Quando se compara os resultados encontrados com a literatura, vê-se que os valores percentuais obtidos são satisfatórios, visto que no trabalho de Khan (2020) ele obteve 21% de resistência e foi utilizado 0,02% do óxido. Logo, com metade da concentração de OG obteve-se uma maior resistência à compressão.

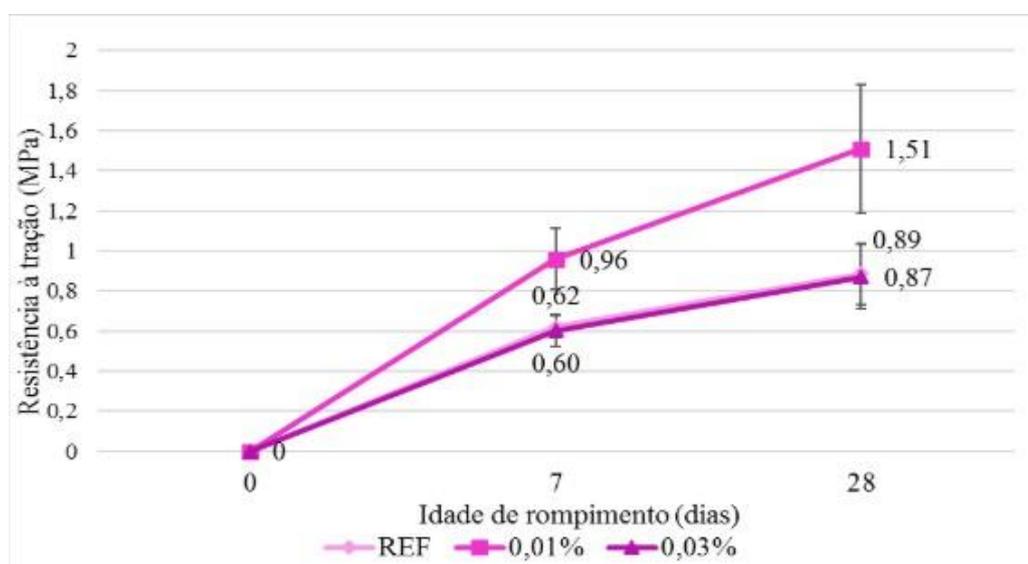
Khan (2020) complementa em seu trabalho que quimicamente os grupos funcionais oxigenados do óxido de grafeno tende a atuar como sítio ativo que faz com que haja a atração com as partículas de cimento, e esta grande relação auxilia a

formação de hidratos de cimento, favorecendo ligações covalentes extremamente fortes, que faz com que as propriedades deste material sejam diferenciadas.

A literatura afirma ainda que a interação entre o OG e o cimento acelera o processo do calor de hidratação, fator este, que pode explicar o aumento da resistência à compressão (MOHAMMED et al., 2015).

Os ensaios de resistência à tração por compressão diametral foram embasados segundo o que preconiza a NBR 7222:2011. Os resultados encontrados estão dispostos na Figura 7.

Figura 7 – Ensaio de resistência à tração



FONTE: (DUTRA et al., 2022)

Para 7 dias de cura, foi observado que houve aumento de 54,8% para a resistência à tração para as amostras com 0,01% e redução de 3,2% para a amostra com 0,03% de OG. Aos 28 dias, o corpo de prova com 0,01% também demonstrou aumento de 69,7% enquanto o de 0,03% teve redução de 2,3% (DUTRA, et al., 2022). Quando comparado os ensaios de tração aos resultados bibliográficos vê-se que estes são muito superiores aos valores encontrados nos trabalhos de Pan (2015) e Shang (2015).

Em suma, as propriedades mecânicas do concreto com OG tendem a aumentar, no entanto, ao inserir grandes concentrações ocorre o aumento de água na mistura, para melhorar a trabalhabilidade e diminuição das resistências (DUTRA, et al., 2022).

2.2.2. Revestimentos

A nanotecnologia nos presentes dias aparece como forma de aumentar a vida útil das edificações, impossibilitando irregularidades (SANTOS et al., 2023). De modo geral, as tintas apresentam inúmeras formas de aplicações, na construção civil, a maior utilização é nos revestimentos. Cientificamente, essa área tem crescido bastante em razão de buscar novas formulações, a fim de se obter materiais com novas funcionalidades (KAISER, ZUIN, WICK, 2013). Neste sentido, a condutividade elétrica é uma das propriedades que pode caracterizar aos materiais diversas funções (YEDRA et al, 2016).

A presença de materiais condutores nas tintas, podem acrescentar potenciais de condução de eletricidade (BARE CONDUCTIVE, 2021). Essa nova tecnologia na construção civil traz transparência à condutividade elétrica, apresenta flexibilidade e é gerado no estado líquido, o que promove um menor custo na hora da produção. Dentre as diversas aplicações desta tinta, têm-se a proteção contra a corrosão de metais (LOPES, 2022).

O grafeno apresenta alto poder de condução térmica e elétrica, em razão deste fator este se torna funcional no que diz respeito aos revestimentos, possibilitando que estes não rachem, se tornem resistentes à água e ao óleo, proteção contra os raios UVA (CARDOSO, 2005).

No trabalho desenvolvido por Paula (2022), estes realizaram a síntese do óxido de grafeno (OG) e do óxido de grafeno reduzido (rOG) com a finalidade de avaliar a condutividade elétrica para utilização em tintas, tornando-as condutoras. Os materiais foram caracterizados e corroboraram com as estruturas esperadas, como condutividade elétrica obsevou-se os seguintes valores, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Condutividade elétrica do OG e rOG.

Parâmetro	OG	rOG
Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	277,20	876,80

FONTE: (PAULA, 2022).

Com os resultados apresentados observa-se que o OG e o rOG, são isolantes e condutores, respectivamente. Com isso, concluiu-se que o óxido de grafeno

reduzido tem um grande potencial como fonte para uma tinta condutora (PAULA, 2022).

Na literatura, Duarte (2015), apresenta o óxido de grafeno com a cal, os resultados demonstraram resultados positivos quanto às propriedades antivegetativas e anticorrosivas.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os compósitos cimentícios são os materiais mais conhecidos para utilização na construção civil, e estes materiais precisam estar em consonância com às normas vigentes, bem como os revestimentos. Sabe-se, no entanto, que a construção civil vem investindo e estimulando novas pesquisas acerca de materiais que possam diminuir custos, aumentar a flexibilidade e otimização das etapas construtivas.

Dentro desse contexto, o trabalho evidenciou que o grafeno aparece como uma grande proposta para suprir tais necessidades. Com a pesquisa realizada observou-se que o grafeno em compósitos cimentícios apresentou potenciais resultados, principalmente, nas propriedades mecânicas (resistência à compressão e tração). No entanto observou-se que a grande incorporação de grafeno no concreto, pode apresentar diminuição de resistência e diminuição na trabalhabilidade, esse fator foi correlacionado com o fator água/cimento, pois quanto maior foi o percentual de grafeno, maior necessidade do aumento de água para aumentar a trabalhabilidade, como consequência, houve uma queda de resistência. Logo, conclui-se que percentuais medianos são as melhores referências para uso e obtenção de melhores resultados de resistência.

Por outro lado, o grafeno tem por propriedade o potencial de condução elétrica e térmica, logo, o grafeno reduzido apresentou melhores e grandes resultados para sua utilização em tintas condutoras, sendo este, um revestimento que se torna tendência no mercado da construção civil.

REFERÊNCIAS

- ABRAMS, D. A.; **Design of concrete mixture**. Chicago: Lewis Institute, 2019.
- ALENCAR, E.; SANTANA, D.; **PROCESSOS DE OBTENÇÃO DO GRAFENO, SUAS APLICAÇÕES E SUA IMPORTÂNCIA PARA O BRASIL**. Revista Interface Tecnológica, [s. l.], 2020.
- ANDRADE, C.; TERENCE, M. C. **Óxido de grafeno agregado ao concreto**. XII JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2017, São Paulo. Anais. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2017. p. 1-15.
- ARAÚJO, C. **GRAFENO: COMPOSIÇÃO, PROPRIEDADES, APLICABILIDADE E PERSPECTIVAS**. Revista Brasileira de Processos Químicos, [s. l.], 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- BABAK, F.; ABOULFAZL, H.; ALIMORAD, R.; PARVIZ, G. **Preparation and mechanical properties of graphene oxide: cement nanocomposites**. The Scientific World Journal, v. 4, 2014.
- BARCELOS, I. D.; **Crescimento de Grafeno por CVD em folhas de cobre**. 66f. Dissertação de Mestrado. Curso de Física. Instituto de Ciências Exatas. Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- BRASIL é um dos maiores produtores de Grafeno no mundo**. [S. l.],. Disponível em: <https://www.conexaomineral.com.br/noticia/2929/brasil-e-um-dos-maiores-produtores-de-grafeno-no-mundo.html#:~:text=Assim%2C%20%C3%A9%20um%20dos%20materiais,Estados%20Unidos%2C%20Canad%C3%A1%20e%20M%C3%A9xico>. Acesso em: 25 mar. 2024.
- CAMBRAIA, V. L. **Cortes Cristalográficos em Grafeno Catalisado por Nanopartículas Termicamente Ativadas** (Dissertação em Física) - Universidade Federal de Belo Horizonte, [S. l.], 2013.
- CARDOSO, S. P.; **Avaliação de indicadores de uso diverso como inibidores de corrosão**. Química Nova, v. 28, n. 5, p. 756–760, 2005.
- CHUAH, S.; **Nano reinforced cement and concrete composites and new perspective from graphene oxide**. Construction and Building Materials, v. 73, n.1, p.113-124, 2014.
- COSTA, C. **A APLICABILIDADE DO MATERIAL GRAFENO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Faculdade Pitágoras, [S. l.], 2018.

COSTA, G. O.; **GRAFENO E SUAS APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL: TESTE DE BLOCO DE CONCRETO COM GRAFENO**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Faculdade Doctum Juiz de Fora, [S. l.], 2019.

DUARTE, F. M. E. S. **Influência da adição de óxido de grafeno em produtos de acabamento de cal para revestimento de paredes**. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/16396>. Acesso em: 24 abri. 2024.

DUTRA, P; BERNARDINO, E; YAMAGUCHI, N. **Incorporação de óxido de grafeno em concreto: avaliação das resistências à compressão e tração**. Revista de Engenharia e Tecnologia, p. 155-166, 2022.

FIGUEIREDO B. Q. et al. **Uso do grafeno e nióbio na prática médica: uma revisão narrativa de literatura**. Research, Society and Development. v. 11, n. 1, p. 1- 6, 2022.

HASS, J.; VARCHON, F.; MILLAN-OTOYA, M. S.; SHARMA, N.; HEER., W; FIRST, P.; MAGAUD, L.; CONRAD, E.; **Why multilayer graphene on 4h-sic(0001) behaves like a single sheet of graphene**. Physical review letters, 100(12):125504, 2008.

KAISER, J.; ZUIN, S.; WICK, P.; **Is nanotechnology revolutionizing the paint and lacquer industry? A critical opinion**. Science Of The Total Environment, v. 442, p. 282-289, Elsevier BV, 2013.

KHAN, R. A.; DEVI, S. C.; **Effect of graphene oxide on mechanical and durability performance of concrete**. Elsevier, India, 2020.

LOPES, J. M.B. **O Grafeno**. Revista de Ciência Elementar, [s. l.], 2024.

LOPES, L.; **Preparação de tintas condutoras como métofo para a proteção contra a corrosão de metais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Sagrado Coração, 2022.

MARCONDES, C. G. N.; BORBA, A. P. B.; MEDEIROS, M. H. F. **Nanotubos de Carbono (NTC) na tecnologia do concreto: uma revolução possível**. Revista Concreto e Construção n. 62. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://ibracon.org.br>. Acesso em: 17 mai. 2024.

MEHL, Hiany et al. **Efeito da variação de parâmetros reacionais na preparação de grafeno via oxidação e redução do grafite**. Química Nova, v. 37, p. 1639-1645, 2014.

MELO, B. M. S. **Estrutura eletrônica de folhas de grafeno onduladas**. 60f. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.

MOHAMMED, A.; SANJAYAN, J. G.; DUAN, W. H.; NAZARI, A. **Incorporating graphene oxide in cement composites: A study of transport properties**. Construction and Building Materials, v. 84, p. 341–347, 1 jun. 2015.

NOVOSELOV. K. S., GEIM, A. K., MOROZOV, S. V., JIANG, D., ZHANG, Y., DUBONOS, S. V., GRIGORIEVA, I. V., FIRSOV, A. A. **Electric field effect in atomically thin carbon films**. Science, 306, 666-669, 2004.

PALACIO, M. G.; REIS, E. A. P.. **Estudo das propriedades do grafeno: do conhecimento teórico as aplicações**. Encontro de iniciação científica do Centro Universitário Antonio Eufrásio de Toledo, Presidente Prudente, SP, 2019.

PAN, Z.; HI, L.; QIU, L.; KORAYEM, A. H.; LI, Z.; ZHU, J.; COLLINS, F.; LI, D.; DUAN, W. H.; WANG, M. C. **Mechanical properties and microstructure of a graphene oxide-cement composite**. Cement and Concrete Composites, v. 58, p. 140-147, 2015.

PAULA, Y.; **Avaliação da condutividade elétrica de uma amostra de óxido de grafeno reduzido visando seu potencial para aplicação em tintas condutoras**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - UFRN, [S. I.], 2022.

PEREIRA, F.; BRITO, T.; SILVA, L.; OLIVEIRA, M.; SANTOS, E.; SILVA, R. **Os benefícios da utilização do grafeno na construção civil**. Research, Society and Development, [s. l.], 2023.

PEREIRA, S. L. D.; FORMAGINI, S. **Correlação experimental da velocidade de pulso ultrassônico com resistência à compressão, módulos estáticos e dinâmicos do concreto de cimento portland**. 2022. 15 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2022.

QUINTANA, M.; TAPIA, J. I.; PRATO, M. **Liquid-phase exfoliated graphene: functionalization, characterization and applications**. Beilsteins Journal Of Nanotechnology, v. 5, p. 2328-2338, 2014.

RIBEIRO, G.; FORMAGINI, S.; **Análise das Propriedades Físicas e Mecânicas de Concretos com Adição de Óxido de Grafeno**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - UFMS, 2023.

SALLES, L. **Nanomateriais na construção civil: uma análise da adição de grafeno em compósitos cimentícios**. Orientador: Diego Marisco Perez. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - UniRitter, 2022.

SANTOS, R. A. R.; BISPO, V. M. M.; TEDESCHI, V. H. P.; **Nanociência na engenharia civil: um estudo exploratório do grafeno na construção civil**. Revista Tecnológica - uniFATEC, p. 24-34, 2023.

SEGUNDO, J.; VILAR, E. **Grafeno: Uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas energéticos**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, [s. l.], 2016.

SHANG, Y.; ZHANG, D.; YANG, C.; LIU, Y.; **Effect of graphene oxide on the rheological properties of cement pastes**. Construction and Building Materials. v.96, p. 20-28, 2015.

SOLDANO, C.; MAHMOOD, A.; DUJARDIN, E. **Production, properties and potential of graphene carbon**, v. 48. N. 8, p. 2127-2150, 2010.

SOLDANO, C.; MAHMOOD, A.; DUJARDIN, E.; **Production, properties and potential of graphene**. Carbon, v. 48, n. 8, p. 2127-2150, 2010.

THOMAZ, W. A.; MIYAJI, D. Y.; POSSAN, E. **Comparative study of dynamic and static Young's modulus of concrete containing basaltic aggregates**. Case Studies In Construction Materials, v. 15, 2021.

WU, Y.; QUE, L.; CUI, Z.; LAMBERT, P. **Physical Properties of Concrete Containing Graphene Oxide Nanosheets**. *Materials*, v. 12, n. 10, p. 1707, 2019.

YEDRA, Á.; GUTIÉRREZ-SOMAVILLA, G.; MANTECA-MARTÍNEZ, C.; GONZÁLEZ-BARRIUSO, M.; SORIANO, L.; **Conductive paints development through nanotechnology**. *Progress In Organic Coatings*, v. 95, p. 85-90, Elsevier BV, 2016.

ZAID, O.; HASHMI, S. R. Z.; ASLAM, F.; ABEDIN, Z. U.; ULLAH, A. **Experimental study on the properties improvement of hybrid graphene oxide fiber-reinforced composite concrete**. *Diamond And Related Materials*, v. 124, p. 108883, 2022.

PLANEJAMENTO DE OBRA PARA UM CONDOMÍNIO SUSTENTÁVEL

Maria Helena Guedes Clementino Paiva

Hágnon Correia de Amorim

Priscila Mayana Torres Barboza

RESUMO

Baseando-se em fatos importantes a cerca da construção civil ao longo dos anos de sua existência, sempre foi muito corriqueiro o fator dela desempenhar no mundo ambiental um impacto grotesco. Sendo assim, nesse presente estudo, se retratará uma forma de se planejar uma obra para um condomínio sustentável. Desse modo, será abordado a importância de um bom planejamento, seus erros ao longo do processo, caso mal feito ou não feito, tendo um grande impacto no findar da obra de diversas formas, sendo elas: geração de mais resíduos, custo elevado do produto final, demora para entrega, entre outros. Por conseguinte, como destacado no início, a construção gera grandes impactos ao meio ambiente, sendo assim, houve a necessidade da melhoria dessa prática nas obras, assim, implantando sistemas produtivos mais eficientes, aliados a uma gestão empresarial que permita incorporar as questões da sustentabilidade. Logo, estará destrinchado ao longo do texto as formas de condomínios, suas importâncias em serem sustentáveis, a forma em que a sustentabilidade deverá ser abordada desde a construção do canteiro até a parte de usabilidade do condomínio, com práticas que serão abordadas durante este estudo.

Palavras-chave: Construção. Sustentável. Planejamento

ABSTRACT

Based on important facts about civil construction throughout the years of its existence, it has always been very common for it to have a grotesque impact on the environmental world. Therefore, in this present study, we will portray a way of planning a project for a

sustainable condominium. In this way, the importance of good planning will be addressed, its errors throughout the process, whether poorly done or not done at all, having a major impact on the completion of the work in several ways, including: generation of more waste, high cost of the product cost, delay in delivery, among others. Therefore, as highlighted at the beginning, construction generates major impacts on the environment, therefore, there was a need to improve this practice in construction, thus implementing more efficient production systems, combined with business management that allows sustainability issues to be incorporated. . Therefore, the forms of condominiums, their importance in being sustainable, the way in which sustainability should be approached from the construction of the site to the usability part of the condominium will be broken down throughout the text, with practices that will be addressed during this study.

Keywords: Construction. Sustainable. Planning

1. INTRODUÇÃO

Sabendo-se da ambição humana por conquistas, poder e dinheiro, ao longo da história da humanidade, o homem busca incessantemente por esses três pilares, então encontrou nos recursos naturais mais uma possibilidade de conquistar isso, sendo o principal explorador deles. (QUEIROGA, 2015)

No começo, a extração dos recursos era unicamente para sobrevivência, mas, com o passar dos tempos, o indivíduo viu na natureza a possibilidade de crescimento econômico, conseqüentemente, conquistas e poder em torno disso. A ambição pelo crescimento foi cada vez maior, levando à extração de recursos de maneira desmedida e, muitas vezes, à extinção de recursos, o que gerou diversos impactos ambientais e sociais.(QUEIROGA, 2015)

Partindo dessa afirmativa sobre o tanto que o ser humano gerou impactos negativos ao meio ambiente, tornou-se necessário um controle sobre isso, a ONU, então destinou diversas reuniões de encontro para rever medidas de cuidado e preservação ao meio ambiente. Provindo da premissa que mais de 50% dos impactos ambientais dos consumos de recursos naturais e descartes indevidos de resíduos são provenientes da construção, logo diversas atitudes devem ser tomadas para mitigar

esse desastroso fator, sendo elas sustentáveis, fazem com que seja eficiente a aquisição de selos verdes. Os selos verdes nada mais são do que certificações que destacam a responsabilidade ambiental das empresas em executar suas atividades de forma mais consciente, sustentável e com o menor impacto ambiental possível.(NASCIMENTO, 2022).

Sendo assim, o fato de haver cada dia mais construções sustentáveis, torna um âmbito necessário para construção civil, tornando cada dia mais escassos os impactos acerca das diversas obras.Neste sentido, a implantação de métodos de descarte consciente e de reaproveitamento de materiais agrega valor a imagem da construção civil, no valor de melhoramento do mundo, firmando um compromisso com a sociedade e com as gerações futuras, mais não se pode esquecer das dificuldades enfrentadas como as barreiras de grandes mudanças culturais e a difícil conscientização das pessoas envolvidas no processo da construção civil. (YEMAL, 2011).

Com o reaproveitamento de materiais, a empresa a qual está fazendo a obra lucrará em cima disso, conseqüentemente diminuição nas compras, gastando menos, gerando menos resíduos, diminuindo custo com a remoção dos materiais, porém o maior ganho seria sem dúvida a diminuição do impacto ambiente.(YEMAL, 2011).

Para qualquer ideia tornar-se real, é necessário o projeto, depois então, o planejamento do que foi pensado e projetado. Tendo essa ideia de um mundo mais sustentável é necessário planejamento para colocar ação no pensamento, deste modo, cada detalhe pode ser planejado reduzindo o custo e o impacto ambiental, tornando um planejamento de uma futura edificação menos danosa as futuras gerações. (DA SILVA,2017).

Um bom planejamento estratégico, é importante na formação gerencial, é a base de sustentação de uma empresa e negócio, antes mesmo de uma empresa existir, um planejamento se é feito, cada vez mais deve-se atrelar um bom planejamento com a sustentabilidade, para assim, as obras serem projetadas em harmonia com um mundo mais sustentável (DECOURT, 2015).

Ao observar a importância da sustentabilidade na construção civil, este trabalho tem por objetivo mostrar como pode-se fazer um bom planejamento para a execução de um condomínio sustentável, quais recursos usar para executar a edificação e também para usabilidade pós obra do condomínio de maneiras menos danosas para as futuras gerações (NASCIMENTO, 2022).

Este trabalho tem como objetivo agregar o conhecimento sobre a relevância de um bom planejamento acerca da construção civil e ressaltar a dimensão da engenharia civil preocupar-se com o futuro do meio ambiente, tornando assim, a realidade sobre a construção civil poluir exorbitantemente, algo que ficará no passado, mitigando cada vez mais os danos ao meio ambiente e das gerações futuras acerca de um mundo mais saudável.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. METODOLOGIA

A seleção do método de pesquisa está diretamente ligada ao problema estudado. Este estudo é classificado como descritivo, fundamentando-se na revisão da literatura e na coleta de dados primários obtidos por meio de entrevistas com especialistas. A escolha dos especialistas foi determinada pelo critério de amostragem por conveniência (OLIVEIRA, 2013).

É importante compreender que a atividade da construção civil demanda alinhamento com as dimensões sustentáveis: social, ambiental, econômica, cultural e política, desde a etapa de planejamento da construção (PARK, 2011).

As construções sustentáveis não se restringem apenas aos domínios de arquitetos e engenheiros civis. O planejamento de construções sustentáveis envolve conceitos mais abrangentes, como meio ambiente, sociologia e economia, destacando a importância da interdisciplinaridade nesse processo (MITEV, 2009).

O planejamento da construção de edificações inicia-se na fase de projeto, abrangendo o design, a especificação de materiais, a identificação de riscos e a promoção da saúde e segurança dos trabalhadores. Também podem ser considerados o uso racional de água e energia, a gestão eficiente de resíduos, o inventário de emissões de gases do efeito estufa, entre outros aspectos. A escolha da tecnologia construtiva e do uso da edificação impactará na contratação e capacitação da mão de obra local, bem como na valorização dos recursos naturais da região (TAN, 2011).

É recomendável questionar de que maneira as dimensões da sustentabilidade serão integradas diante de fatores insatisfatórios, tais como: processos decisórios,

liderança, falta de diálogo, levantamento dos recursos locais e análise do local da obra (NING, 2011).

2.2. PLANEJAMENTO DE OBRA

A falta de um bom planejamento acarreta em danos irreparáveis, para todos os envolvidos na obra, desde o construtor até os terceirizados, sejam danos financeiros, sejam no tardar da obra ou até mesmo na qualidade da construção, esse erro pode ocorrer em diversas etapas da construção, desde um erro no custo para execução da fundação, um orçamentos superestimado ou minguado, dilação errada para iniciação dos terceirizados e/ou contratação de mão de obra, prazos com muito distintos para cada etapa da obra, entre outros. (YAMAGUTI, 2016).

A construção civil é sempre uma atividade com diversas variáveis, é impossível construir sem nenhum desvio, são muitos fatores dependentes, sendo eles: mão de obra, materiais, fornecedores, clima, ambientes, entre diversos outros, por esses fatores que nem sempre a construção é cônsona. Entretanto, o maior causador dos erros na construção são: a falta de planejar ou a falta de gerenciar o planejamento, por isso é de suma importância minimizar as adversidades ao longo de uma obra, não cometendo esses dois erros cruciais. (ÂNGULO, 2001).

Quando não se planeja as etapas de uma edificação é possível encontrar ao longo do percurso erros drásticos, prejudicando assim a qualidade da obra ao ser entregue, esses danos são vistos independente dos riscos devido à grande recorrência das causas de retrabalho, podem ocasionar consequências mais significativas do que simplesmente uma questão monetária de custos, como um serviço mal realizado e de consequência o bom desenvolvimento do uso, comprometendo muitas das vezes um pós obra sem prazo de fim (DE AZEVEDO, 2020).

Ao se planejar uma obra no viés sustentável, é importante ressaltar que os critérios de sustentabilidade ambiental para o espaço construído, muitas vezes representam um investimento inicial alto, mas que ao longo da vida útil do empreendimento vão sendo minimizado, por meio dos ganhos com eficiência energética, uso racional da água e durabilidade da edificação. Fazendo o

planejamento adequado contribui em suma para a diminuição dos gastos desnecessários, ainda mais em construções sustentáveis. (PEREIRA,2016).

2.2.1 PROBLEMÁTICAS CAUSADAS PELA FALTA DE PLANEJAMENTO

A falta de um bom planejamento acarreta em danos irreparáveis, para todos os envolvidos na obra, desde o construtor até os terceirizados, sejam danos financeiros, sejam no tardar da obra ou até mesmo na qualidade da construção, esse erro pode ocorrer em diversas etapas da construção, desde erro no custo para execução da fundação, orçamentos superestimado ou minguado, dilação errada para iniciação dos terceirizados e/ou contratação de mão de obra, prazos com muito distintos para cada etapa da obra, entre outros (YAMAGUTI, 2016).

A construção civil é uma atividade com diversas variáveis, é impossível construir sem nenhum desvio, são muitos fatores dependentes como mão de obra, materiais, fornecedores, clima, ambientes, entre diversos outros, por esses fatores que nem sempre a construção é cônica. Entretanto, o maior causador dos erros na construção são: a falta de planejar ou a falta de gerenciar o planejamento, por isso é de suma importância minimizar as adversidades ao longo de uma obra, não cometendo esses dois erros cruciais. (ÂNGULO, 2001).

Sem planejamento, nas etapas de uma edificação, é possível encontrar erros, prejudicando a qualidade da obra ao ser entregue, esses danos são vistos independente dos riscos devido à grande recorrência das causas de retrabalho, podem ocasionar consequências mais significativas do que simplesmente uma questão monetária de custos, como um serviço mal realizado e de consequência o bom desenvolvimento do uso, comprometendo muitas das vezes um pós obra sem prazo de fim (DE AZEVEDO, 2020).

Na Tabela 1, observa-se causas e consequências geradas por erros de gerenciamento:

Tabela 1. Consequências geradas por erros de gerenciamento

CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS
Falta de qualidade dos profissionais; Baixa qualidade dos materiais; Erro de tempo da execução da atividade; Mudanças de projeto; Falhas no processo; Omissões; Má conduta na gestão de obra; Falta de fiscalização; Condições climáticas; Danos naturais.	Mais gastos; Atrasos na entrega; Má qualidade do produto; Insatisfação do usuário; Conflitos intraorganizacionais; Estresse e fadiga; Desmotivação - Perda de trabalho futuro; Lucro reduzido.

Fonte: de AZEVEDO, (2020)

A falta de planejamento acarreta em diversas problemáticas, como a utilização inadequada de recursos naturais, desperdício de materiais, impactos ambientais negativos, custos adicionais e até mesmo a insatisfação dos usuários finais. Um bom planejamento é essencial para minimizar esses problemas e garantir que os princípios de sustentabilidade sejam efetivamente aplicados.

2.3. CONSTRUÇÃO DE CONDOMÍNIOS

As principais áreas de um condomínio são: o terreno, uma academia, área de lazer (piscina, churrasqueira, salão de festas, quadras esportivas), áreas verdes (jardins, parquinhos), conveniência, entre outros, para determinadas regiões, tudo que for feito a mais dependerá das diversas propostas e projetos (NIGRI, 2006).

"Administração de Condomínios", do autor Hubert Gebara, 2015. Disse: "Planejar é a arte de prever, de antecipar acontecimentos e situações, de prevenir problemas e solucioná-los antes que ocorram". Essa citação destaca a importância do planejamento proativo na administração de condomínios, visando evitar conflitos e promover uma convivência harmoniosa entre os moradores.

A construção de condomínios é uma prática comum em áreas urbanas e suburbanas, visando oferecer espaços residenciais que atendam às necessidades habitacionais das pessoas. Além disso, os condomínios podem oferecer uma série de comodidades e serviços compartilhados, promovendo um estilo de vida comunitário, visando também o senso comum, de uma população priorizando o todo. A construção

de condomínios pode contribuir para a oferta de moradias em áreas urbanas adensadas, promover a convivência comunitária e oferecer soluções habitacionais que atendam às demandas da população.(LOPES,2008)

Na prática, um condomínio pode ser definido como um espaço dividido por diversos proprietários, que também compartilham áreas em comum, sendo algo pensado no âmbito comunitário, sem deixar o luxo e os benefícios de lugar próprio. Cada proprietário possui sua unidade privativa, de acordo com as especificações feitas no momento da compra, detalhada como o cliente deseja ter seu terreno. Sendo assim, construir um condomínio sustentável e de boa convivência para todos os envolvidos no bem-estar comum do imóvel ao qual torna-se o lar do prioritário.(PAIZ, 2017)

2.4. ASPECTOS CONCEITUAIS DE SUSTENTABILIDADE

Segundo o dicionário da língua portuguesa, a palavra sustentabilidade tem o significado de: qualidade ou condição do que é sustentável, deste modo, têm-se um conceito básico do que é sustentabilidade e da sua usabilidade, podendo sustentar as próximas gerações através do modo em que se vive hodiernamente, os três fortes pilares para boa prática da sustentabilidade são: econômica, social e ambiental, apesar de haver esse incentivo, o maior motivo deveria ser a preservação do meio ao qual todos vivem (FERREIRA, 2010).

Contudo, a definição de sustentabilidade mais difundida é a da Comissão Brundtland, a qual considera que o desenvolvimento sustentável deve satisfazer às necessidades da geração presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras, no relatório como bem exposto foi-se chegando as assertivas mais concretas e definindo as para usar ao longo do tempo, um exemplo é essa definição bem pontual sobre sustentabilidade. (DE OLIVEIRA, et al, 2008.).

A adoção do conceito de sustentabilidade e a sua aplicação no âmbito das obras requer uma interação de mão dupla entre o debate ambiental e as questões urbanas. Há uma preocupação crescente com a temporalidade das cidades, com a concentração populacional nas metrópoles, com os conflitos entre a ocupação urbana e as redes de abastecimento de água etc. Há uma incerteza quanto ao futuro, e o debate tem início com a busca dos futuros idealizados que se deseja tornar realidade, aplicando cada vez mais as práticas de um formato mais usual.(ARAÚO, 2006).

A sustentabilidade é um conceito que envolve a busca por um equilíbrio entre as necessidades atuais da sociedade, a preservação do meio ambiente e a garantia de recursos para as gerações futuras, como dito no relatório de Brundtland, 1987. Como um dos principais princípios orientador da sustentabilidade temos : ações individuais e coletivas em prol de um futuro mais equilibrado e saudável para o planeta e suas diversas formas de vida (BINDÉ, 2016).

2.4.1. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Capielem debates sobre a noção de sustentabilidade em quase todas as áreas do conhecimento, eles obrigatoriamente têm suas raízes nas reflexões de duas disciplinas consideradas científicas: ecologia e economia. Na primeira, não demorou a surgir oposição à inocente ideia de que a sustentabilidade ecossistêmica corresponderia a um suposto “equilíbrio”, tal qual, para suprir e minimizar o tamanho de impacto ambiental que o ser humano causou, causa e causará ao meio ambiente, nessa perspectiva, a construção civil, com dados concretos, influência veemente na poluição ambiental (VEIGA, 2010).

Inicialmente estavam mais relacionados às demandas genéricas como o consumo de água, as emissões atmosféricas, o consumo de energia elétrica, etc. A ISO 14.000(série de normas desenvolvidas pela International Organization for Standardization) obrigou as empresas que buscavam certificação a identificar seus impactos ambientais, definir e acompanhar os indicadores, criar planos de ação para mitigação dos impactos negativos e fazer a avaliação regular de todo esse processo visando a melhoria contínua, os indicadores englobavam a saúde financeira e ambiental, porém não contemplavam adequadamente o principal componente de qualquer empreendimento: as pessoas.

Desta forma, foram definidos novos indicadores com foco nas pessoas, sejam colaboradores diretos, terceirizados ou a comunidade do entorno das operações. Sendo assim, contribuindo para diminuir a quantidade de exposição a poluentes, diminuindo os danos a saúde dos colaboradores das empresas específicas, agregando valores sustentáveis as empresas (NETO, 2011).

2.5. PROJETO SUSTENTÁVEL

A construção civil desempenha um papel significativo no desenvolvimento do Brasil, esse fato é indubitável, entretanto, infelizmente ela é uma dos maiores causadores de poluição no país, como já citado anteriormente. Esse setor, tão vital para a economia e a infraestrutura, enfrenta desafios ambientais que exigem atenção e ação imediata. O ser humano precisa pensar mais no futuro e tomar medidas para retratação com o meio ambiente. Tomando medidas mais sustentáveis ao dá início a uma obra (AGOPYAN, 2011.).

Quando planejado o início de uma obra é necessário já possuir o projeto da mesma, tal projeto deve ser pensado detalhadamente em como diminuir o máximo o prejuízo ao meio ambiente. Sendo o principal intuito na visão de um condomínio sustentável todos os pensamentos devem ser em torno de otimizar a preservação ao meio ambiente (SCARAMAI, 2023.).

Em um projeto sustentável as ações e decisões tomadas visam atender às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades. Esse enfoque holístico considera o impacto de longo prazo das atividades humanas no planeta (FLORIM,2005)

Nesse projeto é de suma importância a promoção da utilização responsável dos recursos naturais, a redução da geração de resíduos e a minimização da poluição. Isso pode ser alcançado por meio da implementação de práticas eco-friendly, como a adoção de fontes de energia renovável, o uso eficiente da água, a gestão adequada de resíduos e a promoção da reciclagem (DA SILVA,2017)

2.5.1. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O planejamento sustentável será feito não só na usabilidade do condomínio, após pronto, começará durante a obra, com a separação e reciclagem devidas dos materiais utilizados na construção, para torná-la sustentável, mas todas essas áreas terão tanto medidas de alerta para preservação do meio ambiente, como também serão alimentadas por energia solares e terão reaproveitamento de água, sistemas indicadores específicos em prol do meio ambiente, tornando desde a fundação uma construção que se interessa por valores de preservação ao meio ambiente (QUEIROGA,2015).

A fim de solucionar problemas de alto custo na edificação e ser isento das taxas tributárias que existem, minimizar os impactos ambientais, desenvolveu-se o presente modelo de utilidade, através de um projeto inovador unindo sistemas de geração de energia solar e eólica, tratamento de esgoto (biodigestor), aproveitamento da água pluvial, coleta seletiva do lixo e geração de gás com biodigestor, sistemas testados e comprovados na prática de sua eficiência e capacidade produtiva, além de estudos para região de aplicação do projeto para melhor aproveitamento das correntes de ar, posicionamento de solo (altitude) quanto o posicionamento do sol nascente e poente. Tem-se então o cenário ideal para a construção de um condomínio sustentável, sendo feito todos os detalhes com o intuito de preservação do meio ambiente (DEGANUTTI, et al, 2008).

De acordo com o Conselho Internacional da Construção (CIB), a construção é a que mais consome recursos naturais, utiliza energia de forma intensiva e gera significativa quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Por isso, torna-se mais que necessário a prática de tornar o processo construtivo mais sustentável, não só na execução, mas começar a construir casas, apartamentos, pontos comerciais aos quais visem um futuro melhor, mais sustentável preservando, assim, o meio ambiente, da forma mais possível dentre suas necessidades, mantendo sempre um equilíbrio para tentar suprir o tanto de poluente que a construção produz (QUEIROGA, 2015).

À medida que o setor da construção civil cresce, é necessário que as partes envolvidas busquem meios de criar procedimentos viáveis, de maneira real e efetiva, a adoção de práticas sustentáveis nas construções, tendo como objetivo não apenas durante a construção, mas também construir edificações sustentáveis. Logo, é preciso investir em estudos que abordem os princípios da sustentabilidade, buscando aplicá-los. Conseqüentemente, os impactos gerados serão minimizados e o custo/benefício para as empresas serão maiores, resultando em sistemas produtivos que, ao longo dos anos, serão mais sustentáveis e promoveram um bem-estar maior para as gerações futuras (QUEIROGA, 2015).

2.5.2. QUALIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

As empresas devido ao mercado, necessitaram investir e buscar programas de qualidade, para apresentarem a seus clientes produtos de qualidade, confiabilidade

e durabilidade, com preços acessíveis. Entre as estratégias adotadas pelas empresas, como resposta à necessidade de ampliar ou conservar uma posição no mercado, está a implantação de programas de qualidade, implementando cada vez mais uma forma sustentável de ver o mundo da engenharia civil, tendo qualidade para os seus clientes e para gerações futuras (GRAUPMANN, 2017).

Após um período em que as empresas resistiram em aplicar as normas de qualidade, e no qual a certificação era vista apenas como um meio de diferenciação das empresas no mercado, as empresas de construção civil começaram a aplicá-lo com mais abrangência. Algumas ações políticas surgiram no Brasil, com objetivo de melhorar a competitividade da indústria brasileira e buscar a inserção delas no mercado internacional. Tais implementações podem abranger um maior campo de benefícios para os moradores e os construtores, tendo um fato importante sendo os viés sustentáveis (GRAUPMANN, 2017).

A eficiência da implantação de sustentabilidade é crucial para garantir que as práticas sustentáveis sejam efetivamente incorporadas em diversos setores, dentro dos âmbitos proposto para garantir a sustentabilidade, é necessário além da incorporação a fiscalização. Isso envolve desde a adoção de tecnologias verdes até a implementação de políticas e processos que promovam a responsabilidade ambiental e social, para ser conscientizado cada dia mais a importância de causar menor dano para as gerações futuras (AMORIM, 2023).

A avaliação da qualidade da implantação de sustentabilidade pode incluir indicadores de eficiência energética, redução de resíduos, uso responsável de recursos naturais, reaproveitamento de água, entre outros aspectos, voltados também para práticas inovadoras criadas na engenharia civil. As empresas e organizações devem estar comprometidas com a excelência nesse processo para realmente fazer a diferença no cenário da sustentabilidade, não apenas para melhoria econômica, mas também para uma melhor qualidade de vida, para as gerações atuais e as futuras (CÔRTEZ, 2012).

2.5.3. BENEFÍCIOS DE UM CONDOMÍNIO SUSTENTÁVEL

Um condomínio sustentável pode trazer uma série de benefícios para os moradores, o meio ambiente, a comunidade em geral e as gerações futuras, sendo eles: a redução de custos, implementando práticas sustentáveis, como eficiência

energética e gestão de resíduos, o resultado disso é a redução nos custos operacionais do condomínio a longo prazo (BERTOCCO,2020)

O fato primordial de importância para empenho de tornar o mundo um lugar mais sustentável deveria ser a melhoria da qualidade de vida, tornando os lugares mais sustentáveis, assim, resultando em ambientes mais saudáveis e agradáveis para se viver, com melhor qualidade do ar, espaços verdes e menor impacto ambiental, aos quais causam danos irreparáveis para as gerações futuras caso não forem cuidados da forma correta (JESUS,2021).

Reduzir o consumo de recursos naturais e minimizar a geração de resíduos contribui para a preservação do meio ambiente e a mitigação das mudanças climáticas, um fato que deve ser transmitido na ação humana. A utilização de práticas e tecnologias sustentáveis resulta em menor consumo de água, energia e materiais de construção, gerando economia a longo prazo para os proprietários e usuários das edificações (GONÇALVES, 2008).

Para que as práticas sustentáveis engajem e tenham resultados positivos é necessário a população do determinado local se unir em torno de um objetivo comum, fortalecendo o senso de comunidade e responsabilidade compartilhada em prol de algo maior: o bem estar comum. Os benefícios da sustentabilidade impactam positivamente a sociedade e também têm um efeito mais amplo, promovendo um estilo de vida mais consciente e sustentável (SILVA,2021).

2.5.4. CONTROLE DA PRÁTICA SUSTENTÁVEL NO CONDOMÍNIO

Para um condomínio ser sustentável, é importante implementar uma série de práticas e iniciativas que promovam a redução do impacto ambiental e o uso responsável dos recursos, algumas podem ser citadas como exemplo e incentivo para a ação de se tornar sustentável. A gestão de resíduos, na prática seria estabelecido pela administração em um livro de regras da conduta do condomínio um sistema de coleta seletiva e promover a reciclagem no mesmo, acarretando em multa caso descumprimento da tarefa do sistema (NASCIMENTO,2012).

Para funcionamento do condomínio, necessita-se determinar algumas práticas:

- **Uso consciente da água:** Promover campanhas de conscientização sobre o uso racional da água, reparar vazamentos e considerar a instalação de dispositivos economizadores, facilitando assim, a redução do uso de um recurso natural tão importante para a vida humana (MELO,2013)
- **Áreas verdes:** Na arquitetura da construção, o condomínio já terá diversas áreas verdes, locais nas áreas comuns com diversos tipos de plantações, até mesmo para os moradores plantarem e depois usufruírem consumindo o que foi plantado, deve-se conscientizar a manutenção delas e também a criação de mais áreas verdes dentro do condomínio, como jardins e hortas comunitárias (MELO,2013)
- **Transporte sustentável:** Estimular o uso de transporte compartilhado, como caronas solidárias, e o condomínio terá estrutura para bicicletas comunitárias (TACO, 2011).
- **Manutenção sustentável:** Priorizar materiais e produtos sustentáveis na manutenção das áreas comuns do condomínio (SCHELB, 2016.)
- **Conscientização e engajamento:** Promover campanhas educativas, palestras, workshops e eventos que abordem temas relacionados à sustentabilidade, incentivando a participação ativa dos moradores sobre práticas sustentáveis, como economia de água e energia, gestão de resíduos e uso racional de recursos, com o objetivo de engajar os moradores e funcionários (OLIVEIRA, 2016).
- **Implementação de coleta seletiva:** Estabelecer um sistema eficiente de coleta seletiva de resíduos no condomínio, com a disponibilização de recipientes adequados para separação de materiais recicláveis (NASCIMENTO,2017).

Essas são apenas algumas ideias iniciais. A implementação efetiva de práticas sustentáveis requer o envolvimento e comprometimento de todos os moradores e da administração do condomínio. Na obra será executado todos os parâmetros para se haver sustentabilidade, mas também é necessário que os moradores se empenhe em usar de forma consciente (RIBEIRO,2016).

2.5.5. EXECUÇÃO DA OBRA SUSTENTÁVEL

A execução de uma obra de forma sustentável envolve a aplicação de práticas e tecnologias que visam reduzir o impacto ambiental, promover a eficiência no uso de recursos e garantir condições seguras e saudáveis para os trabalhadores e para os moradores quando forem vendidas as edificações. Abaixo terão algumas diretrizes para a execução de uma obra sustentável:

- **Eficiência energética:** Execução da construção do condomínio já com lâmpadas de modelos mais econômicos, como LED, e realizar manutenção periódica nos sistemas elétricos para evitar desperdícios (CAMPOS,2016).
- **Sistema de Captação de Água da Chuva:** Utilização de cisternas e sistemas de captação para armazenar água da chuva, que pode ser utilizada para irrigação de jardins, limpeza de áreas comuns e até mesmo para descargas nos banheiros (CAMPOS,2016).
- **Iluminação Eficiente:** Sensores de presença nas áreas comuns, visando reduzir o consumo de energia elétrica e aumentar a eficiência no condomínio (PAES, 2008).
- **Horta Comunitária:** Criação de espaços destinados ao cultivo de hortaliças e ervas, promovendo a produção local de alimentos e incentivando práticas sustentáveis entre os moradores. Fazendo um projeto arquitetônico intuitivamente destinado para haver diversas áreas verdes (PEREIRA,2016).
- **Coleta Seletiva:** Implementação de um sistema eficaz de coleta seletiva de resíduos, com a separação adequada de materiais recicláveis, orgânicos e rejeitos, contribuindo para a redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários, sendo separado já no projeto áreas de descartes corretos para os lixos (PEREIRA,2016).
- **Estação de Reciclagem:** Disponibilização de uma estação de reciclagem no condomínio, facilitando o descarte correto de materiais como vidro, plástico, papel e metal com lixos com as cores e descrição de cada tipo de resíduo, para haver um descarte mais consciente, placas de práticas e conscientizando todos os moradores serão organizadas por todas as partes do condomínio, essa ação precisa ter sucesso pelo principal motivo: bem

estar comum, mas caso não seja o suficiente, cláusulas do contrato de adesão da propriedade acarretará em multa para quem não cumprir os requisitos de sustentabilidade imposto pelo condomínio (PEREIRA,2016).

- **Telhado Verde:** Implementação de um telhado verde em áreas específicas do condomínio, contribuindo para o isolamento térmico, absorção da água da chuva e melhoria da qualidade do ar (PEREIRA,2016).
- **Manutenção Ecológica das Áreas Comuns:** Adoção de práticas sustentáveis na manutenção das áreas verdes do condomínio, como o uso de adubos orgânicos e controle natural de pragas (TRIGUEIRO,2017).
- **Energia solar:** A energia solar é considerada uma fonte limpa e sustentável, pois não gera emissões de gases de efeito estufa ou poluentes atmosféricos durante sua operação. Capturada por meio de painéis fotovoltaicos, que convertem a luz solar em eletricidade, ou por sistemas de aquecimento solar, que utilizam a energia térmica do sol para aquecer água e ambientes. A energia solar desempenha um papel crucial na transição para um sistema energético mais sustentável e na redução da dependência de fontes não renováveis (TACO,2011).
- **Sistemas Híbridos:** Combinam energia solar com armazenamento de baterias, podem ser explorados para garantir um suprimento contínuo de energia, especialmente durante quedas na rede elétrica (TACO,2011).
- **Biomassa:** O aproveitamento da biomassa, como resíduos orgânicos, pode ser utilizado para a geração de calor, eletricidade ou biocombustíveis. Isso é especialmente relevante em áreas rurais ou industriais (TRIGUEIRO,2017).

A execução de uma obra sustentável demanda planejamento adequado para minimização de erros e resíduos, investimento em tecnologias e materiais adequados, além do comprometimento de todos os envolvidos no processo construtivo para se empenhar na causa de lugares mais verde e na preservação do mundo para as gerações futuras. Ao adotar essas práticas, é possível reduzir o impacto ambiental da construção civil e promover um desenvolvimento mais responsável e equilibrado, fazendo uma edificação mais consciente e que prioriza o bem-estar (QUEIROZ,2010).

A literatura apresentada demonstra como a Engenharia Civil, por meio da sustentabilidade, têm a capacidade de reduzir os impactos causados pela má utilização dos recursos naturais (FARIAS, 2020).

O correto planejamento de condomínios sustentáveis assegura a utilização racional de recursos naturais cada vez mais escassos e dispendiosos. Resultando em economia para os moradores e possibilita ao planeta se recuperar adequadamente para suprir as necessidades das futuras gerações (OLIVEIRA, 2016).

A educação é o meio mais eficaz que a sociedade possui para enfrentar os desafios do futuro e, portanto, deve ser uma parte vital de todos os esforços para promover maior respeito às necessidades do ambiente e sua utilização de forma sustentável (FARIAS, 2020).

No entanto, para que a gestão ambiental seja bem-sucedida, é necessário que ocorram mudanças nas atitudes, nos padrões de comportamento e na própria cultura das instituições (OLIVEIRA, 2016).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerado o fato de poluição exorbitante da engenharia, deve-se cada vez mais se empenhar em melhoria do mundo mais verde, com isso, o mundo mais sustentável. A sustentabilidade é um tema de extrema relevância nos dias atuais, essa pesquisa certamente contribuirá para a disseminação de práticas mais conscientes e responsáveis no contexto condominial.

Ao longo desse trabalho está a contextualização do tema: planejamento de obra para um condomínio sustentável, com descrições sobre sustentabilidade e importâncias de um bom planejamento, ao longo deste texto foi dissertado as formas de um bom planejamento de obra e seus viés sustentáveis, a indubitável necessidade de tornar a área civil mais sustentável e o quão pode ser benéfico em diversos âmbitos.

Ao concluir o planejamento de obra para um condomínio sustentável, é possível vislumbrar os benefícios significativos que essa abordagem pode oferecer. A integração de práticas sustentáveis desde a fase de planejamento representa um compromisso com a preservação do meio ambiente, a eficiência no uso de recursos e a promoção do bem-estar dos futuros moradores. A consideração cuidadosa de

aspectos como eficiência energética, gestão de resíduos, uso racional da água e integração de áreas verdes demonstra um olhar holístico em direção a um empreendimento mais responsável e alinhado com as demandas atuais da sociedade.

A implementação de soluções sustentáveis durante o planejamento da obra também se traduz em oportunidades para a redução de custos operacionais a longo prazo. A escolha criteriosa de materiais e tecnologias mais eficientes, aliada à consideração do ciclo de vida dos elementos construtivos, pode resultar em economia de recursos e energia, contribuindo para a viabilidade econômica do condomínio e para a valorização do empreendimento no mercado imobiliário.

Além disso, ao adotar um planejamento voltado para a sustentabilidade, o condomínio se posiciona como um agente de mudança e inovação no setor da construção civil. A disseminação das práticas sustentáveis implementadas durante o planejamento pode influenciar positivamente outros empreendimentos, contribuindo para uma transformação mais ampla e duradoura no modo como os projetos imobiliários são concebidos e executados.

Por fim, as considerações finais acerca do planejamento de obra para um condomínio sustentável ressaltam a importância do engajamento e da conscientização de todos os envolvidos no processo. Desde os profissionais responsáveis pelo projeto e execução até os futuros moradores, é fundamental promover uma cultura que valorize e mantenha as práticas sustentáveis ao longo do tempo, garantindo que os objetivos estabelecidos durante o planejamento sejam efetivamente alcançados.

Em síntese, o planejamento de obra para um condomínio sustentável representa um compromisso com a qualidade de vida, a responsabilidade ambiental e a inovação. As decisões tomadas durante essa fase impactam não apenas o resultado final da construção, mas também as comunidades que irão usufruir desses espaços. Ao priorizar a sustentabilidade desde o início, abre-se caminho para um futuro mais promissor e equilibrado para todos. E assim chega ao final desta pesquisa, que não está acabada, pois é possível abrir novas discussões.

REFERÊNCIAS:

AMORIM, Rômulo César Araújo; RIBEIRO, Flávio Miranda. IMPLEMENTAÇÃO DAS POLÍTICAS AMBIENTAIS NOS INSTITUTOS FEDERAIS DE ENSINO: UM ESTUDO SOBRE PGRS, A3P E PLS. LEOPOLDIANUM, v. 49, n. 138, p. 24-24, 2023.

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Eduardo; JOHN, Vanderley Moacyr. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. São Paulo: SP, 2001.

ARAÚJO, Max Aurélio Goncalves et al. A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DE UMA OBRA CIVIL. In: Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. 2019.

AZEVEDO, Gardênia Oliveira David de; KIPERSTOK, Asher; MORAES, Luiz Roberto Santos. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 11, p. 65-72, 2006.

BARROS NETO, Jose de Paula. Proposta de modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional. 1999.

BERTOCCO, Angelica Biagi et al. Proposta de um modelo de transferência de tecnologia em condomínios sustentáveis de interesse social. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BETIOL, Luciana Stocco et al. Compra Sustentável: a força do consumo público e empresarial para uma economia verde e inclusiva. Programa Gestão Pública e Cidadania, FGV, 2012.

BINDÉ, André Abreu. Administração pública, sustentabilidade e constitucionalismo: a efetividade da responsabilidade extracontratual do estado por omissão administrativa. 2016.

CORRÊA, Lásaro Roberto. Sustentabilidade na construção civil. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) -Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

CÔRTEZ, Rogério Gomes et al. Contribuições para a sustentabilidade na construção civil. Sistemas & Gestão, v. 6, n. 3, p. 384-397, 2012.

COSTA, Bianca da Silva Lima Miconi, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído – monografia, 2019

DA SILVA, Christian Luiz et al. Políticas públicas e indicadores para o desenvolvimento sustentável. Saraiva Educação SA, 2017.

DE AZEVEDO, Roberta Machado. Análise do retrabalho devido à falta de planejamento em uma obra da indústria da construção civil. Boletim do Gerenciamento, v. 16, n. 16, p. 49-59, 2020.

DE OLIVEIRA CLARO, Priscila Borin; CLARO, Danny Pimentel; AMÂNCIO, Robson. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. Revista de Administração RAUSP, v. 43, n. 4, p. 289-300, 2008.

FARAH, OSVALDO ELIAS; MARCONDES, LUCIANA PASSOS; CAVALCANTI, MARLY. Empreendedorismo Estratégia de Sobrevivência para Pequenas Empresas. Saraiva Educação SA, 2018.

FARIAS, M. S. de; LEAL, D. A. A inovação proposta pelo condomínio sustentável: Nuances para a Arquitetura e Engenharia Civil na idealização do lugar propício ao lar / The innovation proposed by the sustainable condominium: Nuances for Architecture and Civil Engineering in the idealization of the right place for the home. Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 24463–24473, 2020.

FARIAS, M. S. de; LEAL, D. A. A inovação proposta pelo condomínio sustentável: Nuances para a Arquitetura e Engenharia Civil na idealização do lugar propício ao lar / The innovation proposed by the sustainable condominium: Nuances for Architecture and Civil Engineering in the idealization of the right place for the home. Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 24463–24473, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-048. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9552>. Acesso em: 11 may. 2024

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Novo Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa. 3 Curitiba: Editora Positivo, 2004, 2120

FREJ, Tatiana Asfora; ALENCAR, Luciana Hazin. Fatores de sucesso no gerenciamento de múltiplos projetos na construção civil em Recife. Production, v. 20, p. 322-334, 2010.

GEBARA, Hubert, livro de 2015, "Administração de Condomínios"

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. Ambiente Construído, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 51–81, 2008.

GRAUPMANN, Olaf. Planejamento, qualidade e sustentabilidade na construção civil. Uniuv em Revista, v. 16, n. 1, 2017.

JESUS, Priscila da Silva Farias. Estratégias de sustentabilidade: o caso da Praça da Juventude no conjunto Marcos Freire II, Nossa Senhora do Socorro–SE. 2021.

MATTOS, Aldo Dórea, livro de 2019, Planejamento e controle de obras, 2º edição

MITEV, N.; VENTERS, W., 2009. Reflexive Evaluation of an Academic-Industry. Research Collaboration: Can Mode 2 Management. Research be Achieved? Journal of Management Studies.

NASCIMENTO, Luis Felipe. Gestão ambiental e sustentabilidade. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, p. 45-46, 2012.

NETO, João Amato et al. Sustentabilidade & Produção: teoria e prática para uma gestão sustentável. São Paulo: Atlas, 2011.

NIGRI, Michelle Regina. Um estudo sobre as tipologias de áreas de lazer em edifícios multifamiliares contemporâneos no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006

NING, X.; LAM, K.; LAM, M. C., 2011. A decision-making system for construction site layout planning. In: Automation in Construction.

OLIVEIRA, Ana Paula Nunes de; HENKES, Jairo Afonso. Condomínios sustentáveis: desafios da escassez dos recursos naturais. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 602 - 625, out. 2015/mar. 2016.

OLIVEIRA, M. L.; QUELHAS, OLG; SIMÃO, V. G. Proposta de Diretrizes para Planejamento de Edificações Sustentáveis. 4 th International Workshop | Advances in Cleaner Production, 2013.

PAIZ, Eduarda et al. Dimensionamento estrutural e precificação em administradoras de condomínios. 2017.

PARK, J.; KI, D.; KIM, K.; LEE, S. J.; KIM, D. H.; OH, K. J., 2011. Using decision tree to develop a soil ecological quality assessment system for planning sustainable construction. In: Expert Systems with Applications.

PASSOS, Priscilla Nogueira Calmon de. A CONFERÊNCIA DE ESTOCOLMO COMO PONTO DE PARTIDA PARA A PROTEÇÃO INTERNACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Direitos Fundamentais e Democracia, ISSN 1982-0496, Vol. 6 (2009).

PEREIRA, José Bráulio. Sustentabilidade: um desafio para engenharia. Revista Instituto de Educação Tecnológica, Brasília, 2016.

QUEIROGA, Adayanna Teberges Dantas; DE FÁTIMA MARTINS, Maria. Indicadores para a construção sustentável: estudo em um condomínio vertical em Cabedelo, Paraíba. Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria, v. 8, 2015.

RIBEIRO, Edinelza Macedo. O futuro do Ecoturismo: Cenários para 2025. Appris Editora e Livraria Eireli-ME, 2016.

SILVA, Luiz Henrique Vieira da. Aplicação e impactos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em grandes empresas privadas do setor industrial no Brasil. 2021.

TAN, Y.; SHEN, L.; YAO, H., 2011 Sustainable construction practice and contractors' competitiveness: A preliminary study. In: Habitat International.

TATAGIBA, Lucas Magalhães. Energia fotovoltaica e o desafio da redução de impactos ambientais para o desenvolvimento sustentável no Brasil. 2023.

VALENTINA DE FREITAS E LOPES, Andiará. Condomínios residenciais: novas faces da sociabilidade e da vivência de transgressões sociais. 2008.

VEIGA, José Eli da. Indicadores de sustentabilidade. Estudos avançados, v. 24, p. 39-52, 2010.

YAMAGUTI, Vitor Alexis. Estudo do controle de prazos e custos através das ferramentas de valor, prazo e duração agregada na construção civil. 2016.

MELO, Caroline de Sousa Martins. Ações desenvolvidas no Ministério Público do Rio Grande Do Norte à luz dos cinco eixos temáticos da agenda ambiental na administração pública-A3P. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Administração.

TACO, Pastor Willy Gonzales; DAFICO, Caio César Ferreira; SEABRA, Luciany Oliveira. Transporte e circulação dos usuários do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília: elementos para uma política da mobilidade sustentável. 2011.

SCHELB, Cristina Galvão. Avaliação de tipologias construtivas nos critérios de sustentabilidade: estudo de casos–telhas. 2016.

NASCIMENTO, Lara Dourado Vasconcelos. Implantação da coleta seletiva no condomínio residencial Jardim das Vivendas. 2017.

CAMPOS, Victor Arruda Ferraz de. Implantação de um condomínio sustentável. 2016.

PAES, Pedro; EDP–ENERGIAS DE PORTUGAL, S. A. Iluminação Eficiente. Lisboa, sn, 2008.

TRIGUEIRO, André. Cidades e Soluções: Como construir uma sociedade sustentável. BOD GmbH DE, 2017.

PEREIRA, Rafaela Kleinhans et al. O equilíbrio do ser e a permacultura. 2016.

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. O desafio da sustentabilidade na construção civil. Editora Blucher, 2011.

SCARAMAI, Micaelle da Paixão Barbosa et al. Desenvolvimento de ferramenta de verificação de projetos básicos submetidos à secretaria do verde e meio ambiente da cidade de São Paulo. 2023.

FLORIM, Leila Chagas; QUELHAS, Osvaldo Luiz. Contribuição para a construção sustentável: características de um projeto habitacional eco-eficiente. Revista Produção Online, v. 5, n. 2, 2005.

TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - A EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO DRONES (VANT)

Edson Carneiro de Carvalho Neto
Arnaldo Dias de Almeida Neto
Márcio Santos Gonçalves
Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos

RESUMO

Com a grande evolução das tecnologias que estão sendo desenvolvidas atualmente, a indústria da construção civil, vem aproveitando esta crescente inovação para obter melhorias durante todo o processo construtivo, visando grandes resultados nos âmbitos: econômico, produtivo, segurança, analítico e etc. sendo assim, utilizando a tecnologia dos VANTs (Veículo Aéreo Não Tripulado) popularmente conhecido como Drones, este trabalho visa a importância do emprego desta ferramenta na construção civil, destacando e analisando as principais aplicações que estão sendo desenvolvidas nos dias de hoje não apenas no canteiro de obras, mas, em diversas áreas da engenharia civil, que vão desde o acompanhamento da evolução de obra, topografia, modelagens, inspeções, análises, compatibilizações, redução de custos e entre outros fatores que estão diretamente ligados a indústria da construção civil e seus impactos, sob o olhar do profissional de engenharia civil. Trata-se de uma revisão bibliográfica e discussão sobre as tendências e oportunidades de novas áreas de trabalho para o engenheiro civil, a partir desta tecnologia.

Palavras-chaves: Drones, Engenharia Civil, Construção Civil, Tecnologia.

ABSTRACT

In the current landscape of rapidly advancing technologies, the construction industry has been leveraging this innovation to enhance various aspects of the construction

process, aiming for significant improvements in economic, productivity, safety, analytical, and other domains. This study focuses on the utilization and significance of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), commonly known as Drones, in the construction sector. It highlights and analyzes the primary applications emerging in contemporary times, not only within construction sites but also across diverse fields of civil engineering. These applications range from progress monitoring, topography, modeling, inspections, analyses, coordination, cost reduction, among other factors directly impacting the construction industry, from the perspective of civil engineering professionals. This paper constitutes a bibliographic review and discussion on the trends and opportunities for new areas of work for civil engineers through the integration of this technology.

Keywords: Drones, Civil Engineering, Construction Industry, Technology.

1. INTRODUÇÃO

Um drone, também conhecido como veículo aéreo não tripulado (UAV) conforme definido pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO, 2011), é uma aeronave que opera sem a presença de um piloto humano a bordo. Outro termo associado é o Sistema de Aeronave Não Tripulada (UAS), composto por componentes como o próprio drone, o controlador em solo e o sistema de comunicação entre os dois. A ICAO (2015) estabeleceu definições adicionais, como o Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (RPAS), que é uma aeronave controlada remotamente juntamente com suas estações de piloto remoto e links de controle, e a Aeronave Pilotada Remotamente (RPA), uma aeronave não tripulada pilotada de uma estação remota.

Todos esses termos se referem a drones controlados remotamente por um operador em terra ou pré-programados para seguir rotas específicas (NELSON e GORICHANAZ, 2019). Distinguem dois tipos principais de drones: asas fixas, que geram sustentação enquanto se movem, permitindo velocidade constante no ar, e rotores, que são altamente manobráveis, podendo pairar e girar com a ajuda de um controlador de voo. Cada tipo possui vantagens e desvantagens em termos de alcance de voo, duração da bateria e capacidade de carga útil (AYAMGA et al., 2021).

Os drones desempenham um papel significativo na engenharia civil, proporcionando uma série de benefícios e aplicações que melhoram a eficiência e a precisão em diversas etapas de projetos e obras. Eles são essenciais para o levantamento topográfico e mapeamento, possibilitando uma compreensão abrangente do terreno e das características do local. Além disso, são utilizados para inspeção de infraestruturas, como pontes, estradas e edifícios, fornecendo imagens detalhadas que ajudam na identificação de problemas estruturais e necessidades de manutenção. Durante a construção, os drones monitoram o progresso da obra, permitindo ajustes conforme necessário para manter o projeto dentro do cronograma e do orçamento previsto (JACOBY, 2022).

Também contribuem para a segurança no local de trabalho, realizando inspeções antes de os trabalhadores entrarem em áreas perigosas e monitorando o cumprimento das regulamentações de segurança. Além disso, os drones coletam uma variedade de dados, como imagens térmicas e modelos 3D, que são processados para fornecer informações valiosas aos engenheiros, permitindo análises mais

detalhadas e tomadas de decisão embasadas em dados. Por automatizarem tarefas que exigiriam mais tempo e recursos humanos, os drones também contribuem para a redução de custos e o aumento da eficiência nos projetos de engenharia civil. Em resumo, são ferramentas versáteis e poderosas que melhoram a eficiência, a segurança e a precisão em uma variedade de aplicações na engenharia civil (JACOBY, 2022).

Foi definido como objetivo deste trabalho, analisar os benefícios do uso do drone na engenharia civil, visando obter dados para que possamos comparar todas os benefícios que esta tecnologia pode contribuir para a indústria da construção civil e em diversos setores da engenharia.

2. DESENVOLVIMENTO

A terminologia para identificar os drones varia consideravelmente na literatura. Em inglês, termos como Remotely Piloted Aircraft (RPA), Remotely Piloted Aerial Systems (RPAS), Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) ou, mais comumente, "drones" são frequentemente utilizados. Estes se referem a qualquer tipo de aeronave controlada nos três eixos sem a necessidade de pilotos embarcados. Em português, utiliza-se o termo Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), Figura 1 (JACOBY, 2022).

Figura 1 - Drone



(Google imagens, 2024)

Com o avanço tecnológico em ritmo acelerado, muitos identificam esta era como a 4ª revolução industrial. Neste contexto, o campo da engenharia está

inevitavelmente imerso nesse processo de evolução, o qual se torna essencial para o desenvolvimento profissional atual. Diante das constantes mudanças no cenário tecnológico, é crucial que os profissionais da engenharia se mantenham atualizados para explorar e implementar melhorias ao longo de todo o processo na construção civil. Este estudo visa examinar as principais aplicações dessa tecnologia no dia a dia do Engenheiro Civil e os benefícios associados (FALORCA, 2018).

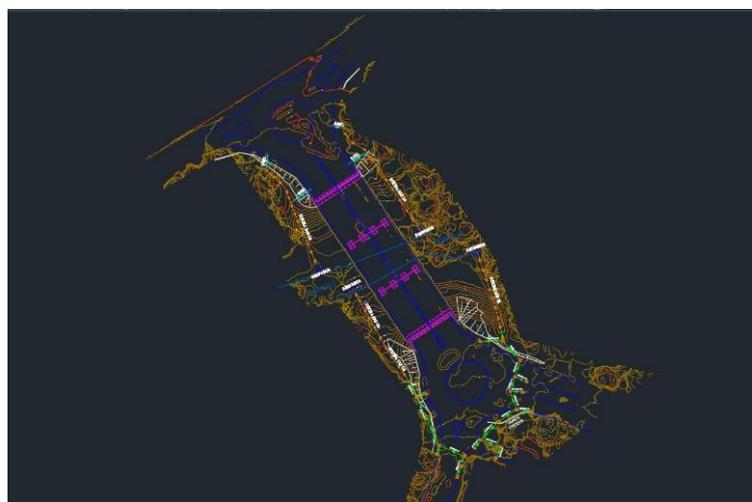
A utilização da tecnologia dos drones tem se expandido significativamente em diversas aplicações ao longo do processo construtivo, tendo um impacto financeiro considerável no mercado da construção civil. Anteriormente associados principalmente a fins militares e à ficção cinematográfica, os drones, operados remotamente e dotados de múltiplas funcionalidades, passaram a ser uma ferramenta de trabalho indispensável e realidade incontestável. A utilização de drones, ou veículos aéreos não tripulados (VANTs), na engenharia civil tem se mostrado uma ferramenta cada vez mais importante para a realização de levantamentos, monitoramento de obras e inspeções de estruturas. Com a capacidade de realizar voos de forma autônoma e coletar dados de forma ágil e precisa, os drones tem a destaque entre as escolhas dos profissionais da engenharia (SANTOS, 2019).

Os drones têm suas raízes na indústria militar, onde foram inicialmente concebidos para fins de vigilância e reconhecimento durante conflitos armados. Seu uso na engenharia civil teve início com a democratização e aprimoramento da tecnologia, tornando-a mais acessível e versátil para aplicações civis. Um ponto crucial na evolução dos drones ocorreu com a introdução do sistema de GPS (Global Positioning System/Sistema Global de Posicionamento) e dos sistemas de voo automatizado, possibilitando que esses dispositivos voassem de maneira autônoma, coletando dados de forma precisa e eficiente (SANTOS, 2019).

Os drones possuem uma ampla gama de aplicações na engenharia civil, incluindo levantamentos topográficos, monitoramento de obras, inspeções de estruturas e mapeamento de terrenos, entre outras. No que diz respeito aos levantamentos topográficos, os drones têm a capacidade de sobrevoar extensas áreas e coletar dados de alta resolução, permitindo a criação de modelos digitais do terreno e a geração de mapas tridimensionais detalhados. Isso possibilita que os engenheiros desenvolvam projetos com maior precisão e eficiência. (ANDRADE, 2019)

O uso de drones na engenharia civil oferece uma série de benefícios, como redução de custos, aumento da eficiência e melhoria da segurança no canteiro de obras. No entanto, para aproveitar esses benefícios, é crucial que os operadores sejam devidamente treinados para operar esses dispositivos de forma eficaz e em conformidade com as regulamentações estabelecidas. De acordo com a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), os drones devem cumprir critérios específicos e seguir regras definidas para operação no espaço aéreo, garantindo o cumprimento de toda a legislação aplicável, Figura 2 (SANTOS, 2019).

Figura 2 – Topografia



(Neto, 2024)

A busca por métodos mais eficientes de avaliação da condição das estradas tem sido constante, com foco na melhoria e sistematização dos métodos manuais tradicionais. O uso de vídeo e imagens tem se mostrado particularmente valioso nesse contexto. Desde 1982, pesquisas realizadas pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Waterloo, nos EUA, têm explorado a utilização de sistemas especializados para automatizar a coleta de dados sobre a condição das estradas. Esses sistemas envolvem o uso de câmeras de vídeo montadas em veículos, cujas imagens são posteriormente digitalizadas, processadas e classificadas. Também propuseram um sistema automatizado de avaliação da condição das estradas, que utiliza laser, vídeo e técnicas de processamento de imagens, montado em veículos terrestres. Esse sistema é capaz de detectar e calcular vários parâmetros, como comprimento, largura, direção, posição e número de trincas (CARVALHO 2017).

O avanço tecnológico no sensoriamento remoto tem possibilitado a detecção de propriedades dos materiais que permitem o monitoramento das condições das estradas asfaltadas. Foi descrito uma metodologia na qual imagens hiper espectrais são obtidas a partir de um sensor digital aéreo embarcado e, em seguida, analisadas em duas etapas. Na primeira etapa, as imagens são analisadas pixel a pixel e, posteriormente, refinadas por meio de algoritmos e softwares de computador para identificar objetos. Na segunda etapa, são identificadas e classificadas as principais falhas observadas nas imagens, com o uso de técnicas avançadas de classificação de imagens baseadas em objetos. O resultado final é a geração de índices que representam as condições da superfície da estrada, permitindo comparações com indicadores normalizados no país (ZAINUDIN, 2015).

O uso de drones tem sido direcionado para diversas atividades de inspeção, incluindo mapeamento de áreas, monitoramento do progresso de obras, inspeções de grandes estruturas e identificação de patologias e fissuras. Mesmo estruturas aparentemente simples, como passagens para pedestres, requerem um cronograma de inspeção. Avanços na área de inspeções visuais têm sido impulsionados pelo desenvolvimento do sensoriamento remoto e pela automação de processos. Os drones são particularmente interessantes devido à sua capacidade de transportar câmeras e transmitir imagens em tempo real. Eles podem seguir rotas predefinidas ou ser controlados visualmente pelo operador, identificando a localização e o tamanho de defeitos por meio de fotos ou vídeos (ZAINUDIN, 2015).

2.1 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo descritivo, do tipo revisão bibliográfica. A revisão bibliográfica sistemática, originada como uma forma de obter evidências e informações científicas sobre intervenções, tecnologias, medicamentos e terapias, tem como objetivo auxiliar no processo de tomada decisão (EVANS & PEARSON, 2001; LOPES & FRACOLLI, 2008; MENDES, SILVEIRA, & GALVÃO, 2008). A Prática Baseada em Evidências é uma abordagem que envolve a definição de um problema, a busca e a avaliação crítica das evidências disponíveis, a implementação das evidências na prática e a avaliação dos resultados obtidos (GALVÃO SAWADA, & MENDES, 2003; GALVÃO, SAWADA, & MENDES, 2004). Dessa forma, esse método

subsídia a assistência com base no conhecimento científico, proporcionando resultados qualificados e custo efetivo (MENDES et al., 2008).

Consoante a necessidade de rigor metodológico para realização de uma Revisão Bibliográfica, foi definido o seguinte objetivo: Analisar os benefícios do uso do drone na engenharia civil. Para a seleção do material de estudo, a principal fonte de busca e pesquisa consultada foi a WEB OF SCIENCE. Para a busca automática foram empregados os seguintes descritores: Drones, Engenharia Civil, Construção Civil, Tecnologia. Os descritores foram combinados com operadores booleanos AND.

Para selecionar a amostra, foram utilizados os seguintes critérios de inclusão (CI): artigos sobre a temática, disponíveis na íntegra e gratuitamente nas bases de dados selecionadas, com limites de tempo de 2018 a 2024, no idioma português e inglês. Os critérios de exclusão (CE) foram: não apresentar relação com o objeto de estudo. Os artigos encontrados em duplicidade nas bases de dados foram considerados apenas uma vez. As buscas nas bibliotecas de pesquisa selecionadas foram realizadas no mês de maio de 2024.

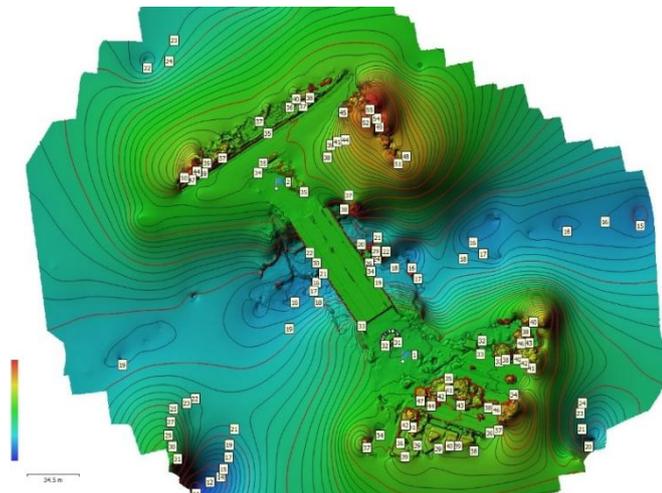
Na busca automática, foram encontrados 3.402 estudos, e, após obter o resultado da pesquisa, foi realizado a leitura dos títulos e resumos dos manuscritos encontrados a fim de verificar se os artigos e o fenômeno de interesse atendiam ao objetivo. Desta forma, 10 estudos atendiam aos CI e CE deste estudo sendo realizado o download do arquivo do tipo bibtex contendo o título e o resumo. Em seguida, as publicações selecionadas foram agrupadas, excluindo-se estudos duplicados de cada retorno. Assim, 13 estudos foram incluídos na etapa final e lidos na íntegra para o preenchimento do instrumento-roteiro no intuito de garantir a elegibilidade dos estudos selecionados para compor a amostra final.

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na presente revisão constatou-se que uso de drones na engenharia civil tem despertado um interesse crescente devido aos inúmeros benefícios que essa tecnologia proporciona em diversas fases e aspectos dos projetos de construção. Essas aeronaves não tripuladas têm se estabelecido como ferramentas versáteis e poderosas, capazes de otimizar processos, aumentar a eficiência e melhorar a precisão em várias aplicações dentro do campo da engenharia civil (VILAR, 2019; ANDRADE, 2019).

Os drones oferecem uma série de benefícios notáveis na execução de levantamentos topográficos e mapeamentos em comparação com os métodos tradicionais. Sua capacidade de realizar essas tarefas de maneira rápida, precisa e detalhada é um aspecto fundamental que ressalta sua utilidade neste contexto. Primeiramente, a rapidez é uma vantagem notável proporcionada pelos drones. Ao contrário dos métodos convencionais que dependem de equipes terrestres, cujo trabalho pode levar dias ou até semanas para mapear uma grande área, os drones são capazes de concluir essa tarefa em questão de horas. Esse aspecto é particularmente benéfico em projetos com prazos apertados ou que demandam informações atualizadas de forma rápida, Figura 3 (ANDRADE, 2019).

Figura 3 – Topografia 2



(Neto, 2024)

A precisão é outro ponto forte dos drones. Equipados com tecnologia de posicionamento por GPS e sensores avançados, essas aeronaves são capazes de coletar dados com uma precisão milimétrica. Isso inclui informações detalhadas sobre a topografia do terreno, elevações, relevos e outros elementos importantes. Tal precisão é crucial para o planejamento e o design de projetos de engenharia civil, garantindo a confiabilidade e a exatidão das informações coletadas (VILAR, 2019).

Além disso, os drones oferecem um nível excepcional de detalhamento. Equipados com câmeras de alta resolução e sensores avançados, eles podem capturar imagens nítidas e detalhadas do terreno. Isso inclui características pequenas e complexas que poderiam passar despercebidas pelos métodos tradicionais de levantamento. Essa capacidade é especialmente valiosa em áreas de difícil acesso

ou com terrenos irregulares, onde a coleta de dados manual seria desafiadora ou até mesmo impossível, Figura 4 (FALORCA, 2018).

Figura 4 – Detalhamento



(Neto, 2024)

Tradicionalmente, essas tarefas exigiam uma logística complexa e muitos recursos, mas com o advento dos drones equipados com câmeras de alta resolução e sensores avançados, agora é possível obter dados precisos e atualizados em uma fração do tempo e com muito menos esforço. Além disso, os drones são extremamente úteis para o monitoramento de obras em andamento. Eles podem sobrevoar o local regularmente, capturando imagens e vídeos que documentam o progresso da construção. Isso permite que os gerentes de projeto identifiquem potenciais problemas ou atrasos e tomem medidas corretivas rapidamente, garantindo que o projeto permaneça dentro do prazo e do orçamento estabelecidos, Figura 5 (SANTOS, 2019).

Figura 5 – Monitoramento.



(Neto, 2024)

Outro benefício importante é a capacidade dos drones de realizar inspeções de infraestrutura de forma segura e eficiente. Eles podem acessar áreas de difícil alcance ou perigosas, como pontes, viadutos e torres, e fornecer imagens detalhadas que ajudam na identificação de problemas estruturais ou de manutenção. Isso não só reduz o risco para os trabalhadores, mas também pode levar a economias significativas em custos de inspeção e manutenção. Além disso, os drones têm sido cada vez mais utilizados para análise de dados e modelagem 3D. Eles podem coletar uma variedade de informações, como imagens térmicas e nuvens de pontos, que podem ser processadas para fornecer insights valiosos para os engenheiros. Isso permite uma análise mais detalhada e uma tomada de decisão mais informada ao longo do ciclo de vida do projeto. O na identificação de patologias na engenharia civil também tem se tornado uma ferramenta valiosa para profissionais que lidam com a manutenção e inspeção de estruturas. Patologias em estruturas podem surgir devido a uma série de fatores, como desgaste natural, danos causados por eventos climáticos, falhas de projeto ou problemas de construção (VILAR, 2019).

Os drones são equipados com câmeras de alta resolução e sensores avançados que permitem uma inspeção detalhada das estruturas. Eles podem sobrevoar edifícios, pontes, túneis e outras infraestruturas, capturando imagens e vídeos de áreas que podem ser difíceis ou perigosas para os inspetores humanos acessarem. Essas imagens podem então ser analisadas por engenheiros e especialistas em patologias de estruturas para identificar quaisquer sinais de deterioração, danos ou anomalias. Isso inclui fissuras, trincas, corrosão, deformações e outros problemas que podem comprometer a integridade e a segurança da estrutura, Figura 6 (SANTOS, 2019).

Figura 6 - Patologias



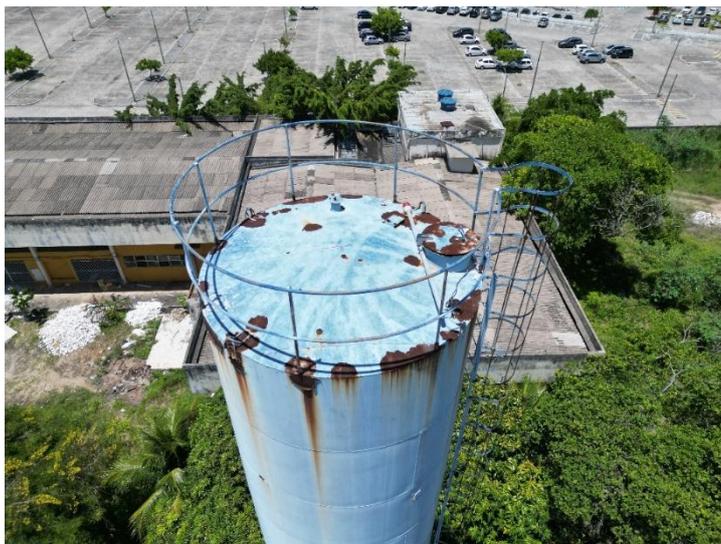
(Neto, 2024)

Na engenharia civil, patologias referem-se a defeitos, danos ou anomalias que afetam a integridade, durabilidade, estabilidade ou funcionalidade das estruturas, edifícios ou infraestruturas. Essas patologias podem surgir devido a uma variedade de fatores, incluindo ação do tempo, uso inadequado, erro de projeto, falha de materiais, má execução da construção, entre outros. As patologias podem se manifestar de diferentes formas e em diferentes partes das estruturas. Alguns exemplos comuns incluem fissuras, trincas, corrosão, deslocamentos, deformações, infiltrações, desgaste superficial, entre outros. Esses problemas podem comprometer a segurança das estruturas e, se não forem identificados e tratados adequadamente, podem levar a danos mais graves ou até mesmo ao colapso da estrutura (WELTON, 2020).

A identificação precoce e a correção das patologias são essenciais para garantir a segurança, durabilidade e funcionalidade das estruturas civis. Para isso, são realizadas inspeções regulares e métodos de monitoramento, além de serem adotadas medidas corretivas e preventivas adequadas, como reparos, reforços estruturais, substituição de materiais danificados, entre outras ações. A utilização de drones para inspeção de patologias oferece uma série de vantagens em comparação com métodos tradicionais. Primeiramente, os drones podem acessar áreas de difícil alcance ou perigosas com maior facilidade e segurança, eliminando a necessidade de equipamentos especializados ou de montagem de andaimes. Além disso, eles podem realizar inspeções mais frequentes e abrangentes, permitindo uma detecção precoce

de problemas e uma intervenção mais rápida e eficaz. Outra vantagem é a capacidade dos drones de capturar imagens em alta resolução e em diferentes espectros de luz, como infravermelho e ultravioleta. Isso pode revelar informações adicionais sobre as condições das estruturas que podem não ser visíveis a olho nu, auxiliando na identificação de problemas ocultos, Figura 7 (JACOBY, 2022; WELTON, 2020).

Figura 7 - Patologias



(Neto, 2024)

Sendo assim segundo Vilar, 2019, dentre os numerosos benefícios ligados à engenharia civil, podemos destacar:

- Aumento da produtividade, crucial em um mercado cada vez mais competitivo.
- Garantia da qualidade dos serviços realizados no local da construção, evitando deslocamentos.
- Melhoria na resolução e detalhamento das imagens capturadas, especialmente em voos mais baixos, destacando-se em comparação com imagens de satélite.
- Redução de custos de mão de obra, necessitando apenas de um operador para levantamentos em vez de uma equipe especializada.
- Facilitação na elaboração de relatórios detalhados, incluindo simulações em modelo 3D do estágio atual da construção.
- Cálculo preciso de distâncias, áreas, volumes e representação de seções.
- Assistência nas medições de campo, com precisão e eficiência, reduzindo significativamente o tempo necessário.

- Produção de curvas de nível e nuvem de pontos, amplamente utilizadas na elaboração de projetos de engenharia.

Em um cenário global de constante competitividade, a engenharia civil emerge como uma força propulsora para impulsionar a produtividade e garantir a qualidade nos serviços prestados. Neste artigo, exploramos os diversos benefícios associados à engenharia civil e seu impacto transformador no setor. O aumento da produtividade representa um dos pilares fundamentais para o sucesso em um mercado cada vez mais acirrado. A capacidade da engenharia civil em otimizar processos, reduzir desperdícios e acelerar a conclusão de projetos desempenha um papel crucial na manutenção da competitividade das empresas do setor.

A garantia da qualidade dos serviços prestados é outro aspecto essencial, e a engenharia civil se destaca ao assegurar que os trabalhos realizados no local da construção atendam aos mais elevados padrões. Ao evitar deslocamentos e permitir uma supervisão direta, a qualidade é mantida de forma mais eficiente, resultando em projetos mais robustos e duráveis. A evolução tecnológica também desempenha um papel significativo na engenharia civil, com avanços notáveis na resolução e detalhamento das imagens capturadas. Em particular, a capacidade de realizar voos mais baixos permite uma visão mais precisa e detalhada do terreno, destacando-se em relação às imagens de satélite tradicionais. Essa melhoria na visualização é essencial para um planejamento mais preciso e uma execução mais eficiente dos projetos. (ZAINUDIN, 2015)

Além disso, a redução de custos de mão de obra é um fator-chave para a viabilidade econômica dos empreendimentos. Ao exigir apenas um operador para levantamentos em vez de uma equipe especializada, a engenharia civil consegue minimizar os custos sem comprometer a qualidade do trabalho realizado. A facilidade na elaboração de relatórios detalhados, incluindo simulações em modelo 3D do estágio atual da construção, representa outro avanço significativo. Essa capacidade permite uma comunicação mais eficaz entre todas as partes envolvidas no projeto, garantindo uma compreensão mais clara do progresso e das próximas etapas. (WESTOBY, 2012)

A precisão é uma marca registrada da engenharia civil, evidenciada pelo cálculo preciso de distâncias, áreas, volumes e representação de seções. Essa precisão não só contribui para a eficiência geral do projeto, mas também para a segurança e durabilidade das estruturas construídas. As medições de campo são simplificadas e

aprimoradas pela assistência tecnológica, resultando em uma redução significativa no tempo necessário para completar essas tarefas. Isso não apenas aumenta a eficiência do trabalho, mas também libera recursos para outras atividades essenciais do projeto. Por fim, a produção de curvas de nível e nuvem de pontos representa uma ferramenta indispensável na elaboração de projetos de engenharia. Esses dados são essenciais para uma análise detalhada do terreno e para a identificação de potenciais desafios e oportunidades. (ZAINUDIN, 2015)

Em suma, os benefícios oferecidos pela engenharia civil são vastos e multifacetados. Desde o aumento da produtividade até a melhoria na qualidade dos serviços prestados, passando pela evolução tecnológica e precisão nos cálculos, a engenharia civil continua a desempenhar um papel fundamental na construção de um mundo mais seguro, eficiente e sustentável, Figura 8.

Figura 8 - Topografia



(Neto, 2024)

A busca incessante por métodos mais eficientes de avaliação da condição das estradas reflete a necessidade de melhorar e sistematizar os métodos tradicionais, que muitas vezes são demorados e suscetíveis a erros. O emprego de tecnologias como vídeo, imagens e sensoriamento remoto tem sido fundamental nesse contexto, permitindo uma abordagem mais precisa e abrangente na análise das condições das vias. Os avanços tecnológicos, como os sistemas especializados desenvolvidos pela Universidade de Waterloo, nos EUA, e os sistemas automatizados que utilizam laser, vídeo e processamento de imagens em veículos terrestres, representam uma revolução na forma como coletamos dados sobre o estado das estradas. Esses

sistemas não apenas simplificam o processo de coleta de dados, mas também possibilitam uma análise mais detalhada e precisa, fornecendo informações cruciais sobre parâmetros como comprimento, largura, direção e número de trincas (CARVALHO 2017; ZAINUDIN, 2015).

Além disso, a utilização de imagens hiper espectrais obtidas por sensores digitais aéreos representa um avanço significativo no monitoramento das condições das estradas. Essa metodologia, que envolve uma análise detalhada das imagens em duas etapas, permite a identificação e classificação das principais falhas nas estradas, gerando índices que podem ser comparados com padrões estabelecidos. O uso de drones para inspeção também é uma tendência promissora. Essas aeronaves não tripuladas têm a capacidade de fornecer imagens em tempo real e podem ser empregadas em uma variedade de atividades de inspeção, desde o mapeamento de áreas até a identificação de patologias e fissuras. O controle remoto desses drones oferece uma flexibilidade adicional, permitindo que eles sejam direcionados para áreas específicas de interesse (CARVALHO 2017; ZAINUDIN, 2015).

Em suma, a combinação de tecnologias como vídeo, imagens, sensoriamento remoto e drones está transformando a maneira como avaliamos e monitoramos as condições das estradas. Essas inovações não apenas aumentam a eficiência e precisão da coleta de dados, mas também têm o potencial de melhorar significativamente a segurança e a qualidade das vias, Figura 9 (CARVALHO 2017; ZAINUDIN, 2015).

Figura 9 - Monitoramento



(Neto,2024)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de drones na engenharia civil oferece uma série de benefícios significativos, incluindo aumento da eficiência, redução de custos, melhoria da segurança e melhorias na precisão e na qualidade dos dados. Como essa tecnologia continua a evoluir e se tornar mais acessível, é provável que seu papel na engenharia civil cresça ainda mais no futuro, transformando a maneira como os projetos são planejados, executados e gerenciados. Além disso, o uso de drones na identificação de patologias na engenharia civil oferece uma abordagem inovadora e eficaz para a manutenção e inspeção de estruturas. Essa tecnologia permite uma avaliação mais completa e detalhada das condições das estruturas, contribuindo para a preservação da segurança e durabilidade das mesmas.

Embora a revisão bibliográfica sistemática e a Prática Baseada em Evidências sejam ferramentas fundamentais na tomada de decisão, é evidente a necessidade de mais publicações sobre o assunto. Apesar do crescente reconhecimento da importância dessas abordagens, a literatura disponível ainda pode ser considerada limitada em relação à quantidade e diversidade de benefícios. A obtenção de evidências robustas e atualizadas é essencial para informar práticas baseadas em dados sólidos e confiáveis.

Sendo assim, os drones emergem como uma tecnologia altamente benéfica para a engenharia, trazendo consigo inovação, praticidade e redução de custos. Além dos benefícios previamente discutidos ao longo deste trabalho, como a capacidade de mapeamento de áreas, monitoramento do progresso das obras, inspeções detalhadas de estruturas e identificação de patologias, os drones oferecem uma abordagem ágil e eficiente para diversas tarefas. Sua capacidade de transportar câmeras e transmitir imagens em tempo real permite uma análise detalhada das condições das infraestruturas, enquanto seu controle remoto possibilita uma operação flexível e adaptável às necessidades específicas do projeto. Dessa forma, os drones representam não apenas uma ferramenta promissora para o presente, mas também um investimento estratégico para o futuro da engenharia civil, impulsionando a eficiência, segurança e qualidade das obras.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. G et al. Estudo comparativo entre modelos digitais de elevação obtidos por duas diferentes aeronaves remotamente pilotadas: estudo de caso em uma costa arenosa. *Revista eletrônica do PRODEMA*. Fortaleza, Brasil, v. 14, n. 1, p.134-150, 2020.
- AMERICAN SOCIETY PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING. Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v.81, No. 3, A1–A26. 2015
- ANDRADE, Renan Pereira, et al. Estado da arte da utilização da técnica de termografia embarcada em drones para inspeção de revestimentos de fachadas. In: *WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS*. 2019. p. 1-5.
- AYAMGA, Matthew; TEKINERDOGAN, Bedir; KASSAHUN, Ayalew. Exploring the challenges posed by regulations for the use of drones in agriculture in the African context. *Land*, 2021, 10.2: 164.
- BRODU, N.; LAGUE, D. 3D Terrestrial lidar data classification of complex natural scenes using a multi-scale dimensionality criterion: Applications in geomorphology. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2012
- Evans, D., & Pearson, A. Systematic reviews: gatekeepers of nursing knowledge. *Journal of Clinical Nursing*, 2001.
- FALORCA, Jorge; LANZINHA, João. A utilização de drones como ferramenta tecnológica emergente para a inspeção técnica da envolvente de edifícios. In: *Congresso Construção 2018–Reabilitar e construir de forma sustentável*.
- Galvão, C. M., Sawada, N. O., & Mendes, I. A. C. (2003). A busca das melhores evidências. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 37(4), 43-50.
- Galvão, C. M., Sawada, N. O., & Trevizan, M. A. (2004). Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da Enfermagem. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 12(3), 549-56.
- GORODETSKY, A e RAKHA, T. Review of Unmanned Aerial System (UAS) applications in the built environment: Towards automated building inspection procedures using drones. *Automation in Construction*, Volume 93. 2018.
- HADDAD, J. M e PIMENTA, M. A. D. L. Sistema de Transporte via drone para entrega de bolsas de sangue em hospitais do Rio de Janeiro. 2019. 106p. Monografia (Graduação de Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2019.
- ICAO, Doc. 2015. 10019, “Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)” 2015.
- ISO 9001. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 9001 – Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos, 2015. 4p
- JACOBY, Guilherme. A UTILIZAÇÃO DE DRONES COMO FERRAMENTA DE INOVAÇÃO NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Projeto de Graduação de curso Politécnica UFRJ. Rio de Janeiro 2022.
- KAMEYAMA, S. e SUGIURA, K. Effects of Differences in Structure from Motion Software on Image Processing of Unmanned Aerial Vehicle Photography and Estimation of Crown Area and Tree Height in Forests. Kanagawa, Japão. 2021.

KNEIPP, R. B. O estado da arte na utilização de drones para inspeção naval e offshore. 2018. 67p. Monografia (Graduação de Engenharia Naval e Oceânica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Lopes, A. L. M., & Fracolli, L. A. (2008). Revisão sistemática de literatura e metassíntese qualitativa: considerações sobre sua aplicação na pesquisa em enfermagem. *Texto & Contexto Enfermagem*, 17(4), 771-778.

Mendes, K. D. S., Silveira, R. C. C. P., & Galvão, C. M. (2008). Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto Contexto de Enfermagem*, 17(4), 758-64.

MOHANNAD ALHARTHI; TAHA, A.-E. M.; HASSANEIN, H. S. **Evaluating Softwarization Gains in Drone Networks**. 2021 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 1 dez. 2021.

NELSON, Jake; GORICHANAZ, Tim. Trust as an ethical value in emerging technology governance: The case of drone regulation. *Technology in Society*, 2019, 59: 101131.

NETO, Antonio Salgado. CALDEIRA, Nathália Longaray. FARIA, Msc. Michela Steluti Poleti. ESTUDO DE CASO – ANÁLISE DE IMAGENS GERADAS POR VANT (DRONE) PARA MONITORAMENTO E CONTROLE DO AVANÇO DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA. Artigo Científico UNISOCIESC, Joinville – SC 2021.

OLIVEIRA, F. et al. A reforma do Estádio do Maracanã para a realização da copa do mundo 2014: impactos sociais e urbanos. *Anais do XVI Encontro Nacional da ANPUR*. Belo Horizonte, 2015.

PATEKOSKI, Gabriele Porto. KADLEC, Thalita Malucelli. MAPEAMENTO DE ESTUDOS PROSPECTIVOS DE TECNOLOGIAS NA REVOLUÇÃO 4.0: UM OLHAR PARA A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Trabalho de conclusão de curso UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Curitiba – PR 2018.

ROCHA, T. B. e LUCENTE, A. R., Agricultura 4.0 e o seu cenário: uma análise bibliométrica. VI Simpósio em Gestão do Agronegócio. Jaboticabal, São Paulo. 2021 SANTOS, A. P. Controle de qualidade cartográfica: metodologias para avaliação da acurácia posicional em dados espaciais. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais, 2015.

SANTOS JÚNIOR, J. E.; GALHARDO, C. X.; SANTOS, V. M. L. INNOVATIONS IN THE CIVIL CONSTRUCTION SECTOR PROVIDED BY INFORMATION TECHNOLOGIES. *Revista Gestão Inovação e Tecnologias*, v. 9, n. 4, 20 out. 2019.

SILVA, V. H. M, Mapeamento Aerofotográfico com uso de VANT. 2019. 39p. Monografia (Graduação de Engenharia Civil) - Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas, Tocantins, 2019.

VERMA, A. K. e BOURKE, M. C. A method based on structure-from-motion photogrammetry to generate sub-millimetre-resolution digital elevation models for investigating rock breakdown features. *Earth Surf*, v.7, p 45–66, 2019.

VILAR, B. ESTUDO DE CASO - APLICAÇÃO DE DRONES NA ENGENHARIA. Disponível em: <<https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/estudo-de-caso-aplicacao-de-drones-na-engenharia-33912>>. Acesso em: 29 nov. 2023.

WELTON ARAÚJO et al. AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS COM USO DE DRONE. 2020.

WESTOBY, M. et al. Structure-from motion photogrammetry: a low-cost, effective tool for geoscience applications. *Elsevier*, v. 179, p 300-314, 2012.

ZAINUDIN A. Z. B., Application of drone in visual inspection for construction project. 2015. 81p. Monografia (Graduação de Engenharia Civil) - Universidade Malaysia Pahang. Pahang, Malásia, 2015.

CARVALHO, N. H. S. DE. Monitoramento e levantamento dos defeitos existentes no pavimento da UFPE Campus CAA com uso de drone. 2017.