Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2023
ISSN 2178-6925

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE VIDRO NO CONCRETO ARMADO: UMA REVISAO BIBLIOGRAFICA

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING FIBERGLASS IN REINFORCE CONCRETE: A BIBLIOGRAPHICAL REVIEW

Bruna Vieira de Souza
Acadêmica de Engenharia Civil, IESC/FAG Faculdade Guaraí, Brasil
E-mail: brunavyeyra3@gmail.com
Jonathan Mendes da Silva
Acadêmico de Engenharia Civil, IESC/FAG Faculdade Guaraí, Brasil
E-mail: eng.jonathanmendes@outlook.com
Karla Cristina Bentes Moreira
Mestranda em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGECiv) UFSCar; Docente da IESC/FAG, Brasil
E-mail: karla.moreira@iescfag.edu.br
Shara Carvalho Lopes
Doutoranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, Brasil
E-mail: shara_cl@hotmail.com

Resumo

A construção civil busca constantemente materiais inovadores para aprimorar a resistência e durabilidade das estruturas. O concreto armado, amplamente utilizado, tem sido alvo de estudos quanto à deterioração e surgimento de manifestações patológicas. Nesse contexto, a fibra de vidro surge como uma alternativa para substituir o aço, oferecendo propriedades mecânicas favoráveis, como alta resistência à tração e corrosão, leveza e neutralidade eletromagnética.
No entanto, o uso da fibra de vidro em estruturas de grande porte e sob altas solicitações ainda requer mais estudos e testes experimentais para garantir sua segurança e eficiência. Em comparação ao aço, as armaduras de fibra de vidro apresentam vantagens, como alta resistência à corrosão, fadiga e fogo. No entanto, possuem desvantagens como estabilidade dimensional e

demanda por mão de obra especializada.
O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica para comparar as características e propriedades da fibra de vidro e do aço no concreto armado, destacando suas vantagens e desvantagens. A metodologia utilizada incluiu a busca por informações atualizadas em livros, artigos científicos e teses, com análise qualitativa dos dados coletados. Os resultados apontaram que a utilização da fibra de vidro na construção civil, pode sim ser vantajosa em relação a algumas construções, como construções em ambientes agressivos e corrosivos, mas como qualquer material tem suas desvantagens, o polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV) não seria diferente, podendo ter sua utilização limitada a certas situações e exposições.

Palavras-chave: concreto armado, fibra de vidro, resistência à corrosão, propriedades mecânicas, estruturas de grande porte, vantagens e desvantagens.

Abstract

Civil construction constantly seeks innovative materials to improve the strength and durability of structures. Reinforced concrete, widely used, has been the subject of studies regarding deterioration and the appearance of pathological manifestations. In this context, fiberglass emerges as an alternative to replace steel, offering favorable mechanical properties, such as high tensile and corrosion resistance, lightness and electromagnetic neutrality.
However, the use of fiberglass in large structures and under high demands still requires further studies and experimental tests to ensure its safety and efficiency. Compared to steel, fiberglass reinforcement has advantages such as high resistance to corrosion, fatigue and fire. However, they have disadvantages such as dimensional stability and demand for specialized labor.
The objective of this work is to carry out a bibliographic review to compare the characteristics and properties of fiberglass and steel in reinforced concrete, highlighting their advantages and disadvantages. The methodology used included the search for updated information in books, scientific articles and theses, with a qualitative analysis of the collected data. The results showed that the use of fiberglass in civil construction can indeed be advantageous in relation to some constructions, such as constructions in aggressive and corrosive environments, but as any material has its disadvantages, fiberglass reinforced polymer (FRP) it would not be different, and its use could be limited to certain situations and exposures.

Keywords: reinforced concrete, fiberglass, corrosion resistance, mechanical properties, large structures, advantages and disadvantages.

1. Introdução

A história da construção civil sempre esteve ligada ao desenvolvimento econômico, ambiental e tecnológico de materiais e práticas construtivas, visando sempre a construção de estruturas mais resistentes e duráveis. Devido o crescente número de construções com deterioração precoce e o aparecimento de danos de diversas origens em estruturas de concreto armado no Brasil e no

mundo, aumenta ainda mais a preocupação e atenção no meio técnico em relação a segurança nas edificações (MENON; RISSON; ARCINE, 2020).

O concreto armado, por exemplo, é o método estrutural mais usual no Brasil, sendo o aço o material utilizado para suprir os esforços à flexão e tração na estrutura. Todavia vem sendo estudada a sua substituição por outro material com capacidades estruturais superiores ou semelhantes. Para Abbood *et al.* (2021), o aço tem algumas desvantagens em relação às suas propriedades, como: condutividade térmica e resistência a corrosão, ressaltando que reforçar, reparar e renovar é necessário para que estruturas sejam protegidas garantindo a segurança e durabilidade do empreendimento.

Diante disso, os componentes em fibra de vidro têm despertado o interesse da comunidade científica e dos profissionais da construção civil. Andrade (2017), cita a aplicação de fibra de vidro em estruturas apresenta resultados favoráveis relacionados às suas propriedades mecânicas, como alta resistência a tração, resistência à corrosão, leveza e neutralidade eletromagnética. Essas características essenciais tornam a fibra de vidro uma alternativa para substituir o aço na construção civil.

Com isso ainda precisa realizar mais estudos e testes experimentais para a utilização desse material. De acordo com Gonçalves *et al*. (2018), autores renomados na área, estão com uma grande necessidade de exploração das propriedades das fibras de vidro devido a alta demanda de utilização estrutural. O aço tem suas propriedades físicas modificadas por intervenção de temperatura e por processos químicos, sendo necessário um aprimoramento para melhorar sua utilização como reforço na estrutura (RAMESH *et al*.,2020).

Em relação às desvantagens do aço, Abbood *et al*. (2021) afirma que o material se dilata a altas temperaturas e oxida facilmente, o que pode levar à corrosão. Enquanto as armaduras de fibra de vidro, segundo Zanotti e Dias (2018), apresentam diversas vantagens em relação às armaduras convencionais de aço, como sua alta resistência específica, leveza e resistência à corrosão, além de contribuir para a redução dos custos e do impacto ambiental da construção civil, conforme estudo de (SINGH e SINGH, 2021).

Considerando a crescente necessidade de inovação construtiva e

estudos da utilização da fibra de vidro na construção civil, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica e apresentar as características e propriedades da fibra de vidro em comparação com as do aço, combinados com concreto bem como suas principais vantagens e desvantagens.

2. Metodologia

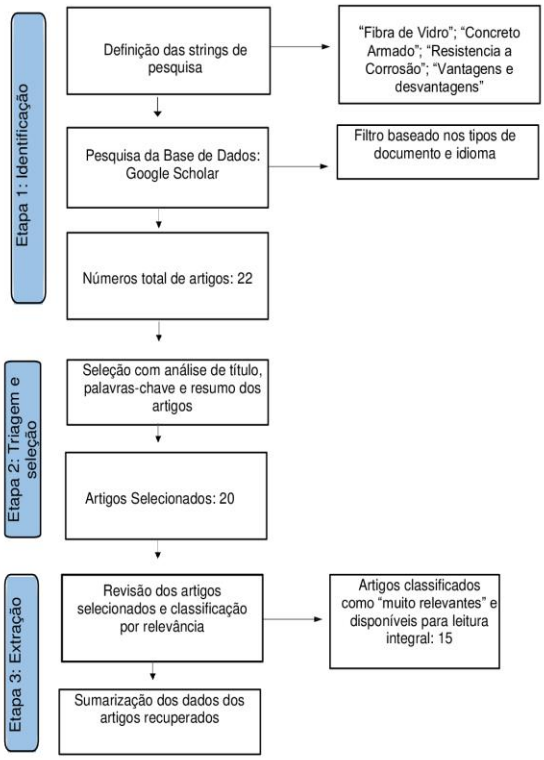
Este estudo é de natureza exploratória e descritiva. As buscas tiveram como objetivo, investigar as características e aplicações das armaduras de fibra de vidro em estruturas de concreto armado e seu real comportamento nas estruturas. Silva *et al*. (2020), afirma que pesquisas exploratórias são importantes para adquirir um conhecimento inicial e aprofundar a compreensão de determinado fenômeno, enquanto pesquisas descritivas têm como objetivo descrever as características e propriedades de um objeto de estudo.

A coleta de dados para este estudo foi realizada por meio de revisão bibliográfica como mostra a imagem a seguir. Foram consultados livros, artigos científicos, teses e dissertações relacionados ao tema, buscando obter informações atualizadas e relevantes sobre o uso de armaduras de fibra de vidro em concreto armado. A revisão bibliográfica é uma etapa fundamental em pesquisas científicas, pois permite analisar estudos anteriores e obter um panorama abrangente sobre o tema de pesquisa (JOHNSON, 2019).

As fontes utilizadas na revisão bibliográfica foram selecionadas com base em sua relevância, credibilidade e atualidade, por meio da Base de Dados o Google Scholar. As palavras chaves foram: “fibra de vidro”, “concreto armado”, “estrutura de concreto armado”, “resinas”, “propriedades mecânicas”, “resistencia a corrosão”, “estrutura de grande porte”. Foram consultadas publicações científicas de renomadas instituições acadêmicas e revistas especializadas na área de engenharia civil e materiais de construção.

Após essa seleção foram escolhidos os textos de relevância para a pesquisa e feita a devida leitura para a coerência do artigo. A figura 1 demonstra o método realizado para o desenvolvimento da pesquisa.

Figura 1.0 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos



Fonte: Autores (2023).

A seleção criteriosa de fontes confiáveis é fundamental para garantir a qualidade e validade dos dados obtidos na revisão bibliográfica. (LEE; PARK; KIM, 2021).

Os dados coletados foram analisados por meio de uma abordagem qualitativa. Foram identificadas e categorizadas as principais vantagens e desvantagens da utilização de armaduras de fibra de vidro em concreto armado, bem como os exemplos de aplicações em diferentes tipos de estruturas. Smith, Jones e Williams (2017) indica que a análise qualitativa permite interpretar os dados de forma a identificar padrões, tendências e relações entre as informações coletadas, contribuindo para uma compreensão aprofundada do fenômeno em estudo.

3. Revisão de Literatura

3.1 Características e propriedades da fibra de vidro

A Norma norte americana ACI (2015), define Polímero Reforçado com Fibra (PRF), sendo materiais feitos de fibra mergulhadas em resina polimérica utilizadas para reforço em estruturas de concreto, são feitos de várias fibras, sendo elas a fibra de aramida contínua (PRFA); Fibra de carbono (PRFC) ou fibra de vidro (PRFV). A figura 2.0 mostra exemplos de barras de PRF de diferentes diâmetros e formatos.

Figura 2.0 - Barras PRF



Fonte: American Concrete Institute (2015).

De acordo com Cateb *et al*. (2011), a utilização dessas fibras em matriz de cimento Portland pode ser de várias formas e tipos, tais como as convencionais que são do tipo E, e as do tipo AR (Fibras fabricadas a partir da adição de oxido de zircônio) durante o processo de fusão do vidro, podendo obtê-las de diversas formas sendo elas: picadas (difusa), telas, tecidos, fios e perfis, sendo que cada forma de utilização absorve tensões de diferentes maneiras, como mostra a tabela 1.0.

Tabela 1.0- Tipos de fibra de vidro e suas principais aplicações.

Fonte: Beber (2003).

Na tabela dois serão apresentadas os diâmetros nominais e pesos ‘específicos das barras de PRFV.

Tipo de fibra	Principal aplicação
E	Aplicação usuais, baixo conteúdo de álcalis (<1%)
A	Elevado conteúdo de álcalis (10-15%)
C	Excelente resistência a corrosão, utilizada para acabamento de superfícies
E-CR	Livre de boro, boa resistência a corrosão por ácidos
R, S	Excelentes propriedades mecânicas, utilizadas para aplicações de alto desempenho
AR	Álcali resistente, empregada em concretos reforçados com fibras

Tabela 2.0 – Características das barras.

Diam. Nom.	Diam. Liq. (mm)	Diam. Tot. (mm)	Seção transv. (mm²)	Peso Específico (kg/m)
8	8,00	9,00	0,00	0,13
12	12,00	13,50	113,00	0,30
16	16,00	18,00	201,00	0,53
25	25,00	27,00	491,00	1,22
32	32,00	34,00	804,00	1,93

Fonte: Adaptado de Witt, (2009).

A seguir, na tabela três irá indicar quais tipos de fibra são utilizados para a fabricação das barras e as mais indicadas para utilização no concreto.

Tabela 3.0-Propriedades das fibras utilizadas como reforço em concreto.

Fiber type	Tensile strength (MPa)	Tensile modulus (GPa)	Tensile strain (%) (max-min)	Fiber diameter (μm)	Alkali stability, (relative)
Asbestos	600-3600	69-150	0.3-0.1	0.02-30	excellent
Carbon	590-4800	28-520	2-1	7-18	excellent
Aramid	2700	62-130	4-3	11-12	good
Polypropylene	200-700	0.5-9.8	15-10	10-150	excellent
Polyamide	700-1000	3.9-6.0	15-10	10-50	-
Polyester	800-1300	up to 15	20-8	10-50	-
Rayon	450-1100	up to 11	15-7	10-50	fair
Polyvinyl Alcohol	800-1500	29-40	10-6	14-600	good
Polyacrylonitrile	850-1000	17-18	9	19	good
Polyethylene	400	2-4	400-100	40	excellent
Polyethylene pulp (oriented)	----------	----------	----------	1-20	excellent
High Density Polyethylene	2585	117	2.2	38	excellent
Carbon steel	3000	200	2-1	50-85	excellent
Stainless steel	3000	200	2-1	50-85	excellent
AR- Glass	1700	72	2	12-20	good

Fonte: Branthia (2009).

As armaduras de fibra de vidro possuem propriedades mecânicas únicas, tais como alta resistência à tração, rigidez e resistência à fadiga, sendo determinadas pela composição da matriz polimérica, configuração das fibras de vidro e processo de fabricação das armaduras (SANTOS, 2010). Além disso, essas armaduras apresentam alta resistência à deformação, o que possibilita suportar cargas de grande magnitude sem deformações significativas, sendo essas propriedades importantes para aplicações em estruturas de grande porte, onde a rigidez é fundamental para garantir a segurança e estabilidade das edificações (GONÇALVES, 2018).

Segundo a Norma ACI 440.1R-15 (2015), as barras de fibra de vidro Polímero Reforçado com Fibra de Vidro, (PRFV) é um material leve, tendo uma resistência muito boa a íon cloreto e/ou ataque químico, é eletricamente e termicamente não condutivo.

3.2 Vantagens e desvantagens da utilização da fibra de vidro no concreto armado

Uma das principais vantagens das armaduras de fibra de vidro é sua alta resistência à corrosão, tornando-as ideais para aplicações em ambientes agressivos, como edifícios costeiros ou estruturas subterrâneas (MARTINS, 2013). Além disso, essas armaduras são leves e de fácil manuseio, o que as torna ideais para estruturas de grande porte (SILVA, 2019).

PRFG é indicada para estruturas onde terá exposição á ambiente corrosivo, ambientes agressivos a íons cloreto ou químicos; obra que visa economia em relação ao aço inoxidável ou locais onde desejam não condutividade térmica (ACI 440.1R-15, 2015).

Outra vantagem é sua alta resistência à fadiga, possibilitando suportar cargas repetitivas ao longo do tempo sem deformações ou fraturas (GONÇALVES, 2018). Adicionalmente, as armaduras de fibra de vidro são altamente resistentes ao fogo, o que as torna uma opção atrativa para estruturas que necessitam de alta segurança contra incêndios (OLIVEIRA, 2015).

Segundo a Norma Americana ACI 440.1R-15 (2015), caso ocorra a degradação das barras de fibra de vidro, o seu mecanismo de degradação não causa malefícios para a estrutura, ou seja, ele não se expande causando falha na estrutura.

No entanto, existem algumas desvantagens na utilização de armaduras de fibra de vidro em estruturas de concreto armado. Uma delas é a falta de norma Brasileira em relação ao uso do vergalhão de fibra de vidro em estruturas (SANTOS *et al.* 2022). Além disso, a mão de obra especializada para instalação e manuseio dessas armaduras pode ser limitada, o que pode ser um obstáculo para alguns projetos (OLIVEIRA, 2015).

3.3 Fibra de vidro no concreto armado X Armaduras de aço no concreto armado

Em comparação com as armaduras de aço convencionais, as armaduras de fibra de vidro apresentam uma série de vantagens, incluindo alta resistência à corrosão, alta resistência à fadiga e alta resistência ao fogo (SANTOS, 2010).

Tab 4.0- Tabela comparativa do aço CA 60, aço inox e PRF.

	Aço CA-60	**Aço Inox**	**PRF**
Tensão de ruptura (MPa)	630	655	1180
Alongamento total (º/oo)	30	50	26,1
Módulo de elasticidade E (GPa)	200	190	64
Aderência (MPa)	13,7	13,7	12,2
Cobrimento de concreto (mm)	30 a 60	<30	10
Densidade (g/cm³)	7,85	7,92	2,2
Condutividade térmica (W/mk)	60	16	<0,5
Coef. De expansão térmica (1/K)	0,8 a 1,2x10^{-5}	1,73x10^{-5}	Axial 0,6x10^{-5} Radial 2,2x10^{-5}
Susceptibilidade ao magnetismo	Sim	Ligeiramente	Não
Condutor eletro-magnético	Sim	Sim	Não

Fonte: Adaptado de Witt (2009).

De acordo com Gonçalves (2018), as armaduras de aço ainda são amplamente utilizadas na construção civil devido a sua disponibilidade, baixo custo e facilidade de manuseio.

Para escolher a armadura mais adequada para um determinado projeto, é importante avaliar cuidadosamente as necessidades da estrutura, incluindo requisitos de resistência, disponibilidade de mão de obra especializada e condições ambientais (MARTINS, 2013). Além disso, é importante considerar o custo total da obra, incluindo custo de aquisição das armaduras, custo de instalação e o custo de manutenção ao longo do tempo (OLIVEIRA, 2015).

É importante ressaltar que o vergalhão de fibra de vidro pode ser utilizado em conjunto com a armadura de aço em estruturas de concreto armado, o que possibilita a combinação das vantagens de ambos os materiais (SILVA, 2019). Essa abordagem pode ser especialmente interessante em projetos que exigem maior resistência à corrosão, como em ambientes agressivos, ou que necessitam de alta resistência ao fogo, garantindo assim a durabilidade e segurança da estrutura (TAVARES, 2017).

4. Considerações Finais

O uso de materiais inovadores na construção civil é fundamental para aprimorar a resistência e durabilidade das estruturas. Nesse contexto, a fibra de vidro tem sido estudada como uma alternativa ao aço no concreto armado, oferecendo propriedades mecânicas favoráveis, como alta resistência à tração e corrosão, leveza e neutralidade eletromagnética.

No entanto, o uso da fibra de vidro ainda requer mais estudos e testes experimentais para garantir sua segurança e eficiência. Embora as armaduras de fibra de vidro apresentem vantagens, como alta resistência à corrosão, fadiga e fogo, também possuem desvantagens, como a falta de normas brasileiras e demanda por mão de obra especializada.

Esta revisão bibliográfica destacou as características e propriedades da fibra de vidro em comparação com o aço no concreto armado, ressaltando seus pros e contras à utilização. Verificou-se que a fibra de vidro possui alta resistência à corrosão, leveza e resistência à fadiga, tornando-a uma opção atraente para ambientes agressivos e estruturas de grande porte. Além disso, apresenta alta resistência ao fogo, contribuindo para a segurança contra incêndios.

Por outro lado, é necessário considerar o desfalque que causa a falta de uma norma brasileira vigente para fácil entendimento e a necessidade da mão de obra especializada para seu manuseio e aplicação. Além disso, mais estudos são necessários para avaliar o desempenho da fibra de vidro em estruturas de grande porte e sob altas solicitações.

Em suma, a fibra de vidro possui potencial como substituto do aço no concreto armado, oferecendo diversas vantagens, mas podendo oferecer também reforços estruturais em trabalho conjunto em estruturas de grande porte e a ambientes agressivos. É essencial continuar a pesquisa e os testes para garantir sua aplicabilidade segura e eficiente, levando em conta as limitações mencionadas. A utilização adequada da fibra de vidro pode contribuir para aprimorar a durabilidade e a resistência das estruturas na construção civil.

A construção civil é muito importante para o crescimento e desenvolvimento econômico do país e do mundo. Portanto faz-se necessário que materiais inovadores sejam estudados em prol facilitar o dia a dia da construção.

5. Referências

ABBOOD, I. S.; ODAA, S. A.; HASAN, K. F.; JASIM, M. A. PROPERTIES EVALUATION OF FIBER REINFORCED POLYMERS AND THEIR CONSTITUENT MATERIALS USED IN STRUCTURES – **A review. Materials Today: Proceedings**, 43, 1003–1008, (2021). Disponível em: https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.07.636. Acesso em 14 de jun. 2023.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Guide For The Design And Construction Of Structural Concrete Reinforced With Frp Bars** (ACI 440.1R-2015). Nova York, EUA, 2015.

ANDRADE, A. L. (2017). **Utilização de fibra de vidro em estruturas**. Revista Brasileira de Engenharia Civil, v. 2, n. 1, p. 13-22.

BANTHIA, N. FIBER REINFORCED CONCRETE. Vancouver**: University of British Columbia**. 2009.

BEBER, A. J. (2003). COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS COM COMPÓSITOS DE FIBRA DE CARBONO. Porto Alegre: **CPGEC** / **UFRGS**, Tese de doutorado.

CATEB Lucas Carvalho et al. **Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)**: CONCRETO COM ARMADURA DE FIBRA DE VIDRO.2011. Disponível em: http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9CAFPY.

GONÇALVES, C. S. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM ARMADURAS DE FIBRA DE VIDRO**.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - **Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2018.

GONÇALVES, F. C. (2018). APLICAÇÕES DE ARMADURAS DE FIBRA DE VIDRO EM ESTRUTURAS DE GRANDE PORTE. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v. 18, n. 1, p. 53-62.

GONÇALVES, M. A. CONCRETO ARMADO COM FIBRA DE VIDRO: UMA REVISÃO DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS. In: **Congresso brasileiro de engenharia civil**, 8., 2018, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFMG, 2018.

JOHNSON, A. B. (2019). MÉTODOS DE PESQUISA EM CIÊNCIAS SOCIAIS. **Editora X.**

LEE, S.; PARK, J.; KIM, M. (2021). IMPORTANCE OF LITERATURE REVIEW IN RESEARCH WRITING. **Journal of Educational Evaluation for Health Professions**, 18, 1-5.

MARTINS, A. A. ARMADURAS DE FIBRA DE VIDRO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. **Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil**, v. 5, n. 1, p. 67-74, 2013.

MARTINS, L. C. (2013). FIBRA DE VIDRO PARA CONCRETO ARMADO. São Paulo: ABCM.

MENON, N. V.; RISSON, A. V.; ARCINE, M. F. SISTEMA DE ANCORAGEM POR CORDÃO DE FIBRAS DE CARBONO EM VIGAS REFORÇADAS À FLEXÃO COM PRFC -estudo experimental. **BrazilianJournal of Development**, *[S. l.]*, v. 6, n. 1, p. 4303–4308, 2020.

OLIVEIRA, D. C. DESEMPENHO DE ARMADURAS DE FIBRA DE VIDRO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. Monografia (Especialização em Estruturas de Concreto Armado e Protendido) - **Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 2015.
OLIVEIRA, R. V. ANÁLISE DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE ARMADURAS DE FIBRA DE VIDRO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia civil**, 7., 2015, Brasília. Anais... Brasília: UnB, 2015.

RAMESH, B.; ESWARI, S.; SUNDARARAJAN, T. FLEXURAL BEHAVIOUR OF GLASS FIBRE REINFORCED POLYMER (GFRP) LAMINATED HYBRID-FIBRE REINFORCED CONCRETE BEAMS. **SN Applied Sciences**, 2(2), 204, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s42452-020-1966-2. Acesso em 14 de jun. 2023.

SANTOS Diego Benner Freire et al. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS VERGALHÕES DE AÇO E POLÍMERO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO. 2022. Disponível em: https://repositório.animaeduccao.com.br/handle/ANIMA/24880.

SANTOS, E. M. COMPORTAMENTO DAS ARMADURAS DE FIBRA DE VIDRO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. Dissertação (M estrado em Engenharia Civil) - **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2010.

SANTOS, L. R. AS ARMADURAS DE FIBRA DE VIDRO E SUAS PROPRIEDADES MECÂNICAS. São Paulo: **Universidade de São Paulo**, 2010. Dissertação de Mestrado.

SILVA, B. C. UtILIZAÇÃO DE ARMADURAS DE FIBRA DE VIDRO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - **Universidade Estadual de Campinas**, Campinas, 2019.

SILVA, F. B. VERGALHÃO DE FIBRA DE VIDRO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. In: **Simpósio Brasileiro de Estruturas**, 21., 2019, Belém. Anais... Belém: UFPA, 2019.

SILVA, M. C.; SANTOS, J. R.; OLIVEIRA, A. B.; SOUZA, F. A. (2020). ÉTICA NA PESQUISA CIENTÍFICA: UM GUIA PARA PESQUISADORES INICIANTES. **Revista Brasileira de Pesquisa Científica**, 12(1), 45-51.

SINGH, R.; SINGH, D. (2021). FIBRE REINFORCED POLYMER COMPOSITES FOR CONSTRUCTION APPLICATIONS: **A review. Composites Part B: Engineering,** v. 211, p. 108542.

SMITH, R.; JONES, T.; WILLIAMS, L. (2017). QUALITATIVE DATA ANALYSIS: A PRACTICAL EXAMPLE. **Journal of Applied Research in Higher Education**, 9(2), 341-356.

TAVARES, P. M. VERGALHÃO DE FIBRA DE VIDRO E SUAS APLICAÇÕES EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído,** 12., (2017), Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC, 2017.

WITT, C. FIBER REINFORED COMPOSITE. (2009). Toronto: **University of Toronto**.

ZANOTTI, R. A.; DIAS, M. A. V. C. (2018). ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DE VIGAS DE CONCRETO REFORÇADAS COM FIBRA DE VIDRO. **Revista Matéria**, v. 23, n. 2, p. e12781.