



Viabilidade de Utilização de Vergalhão de Fibra de Vidro

Feasibility of Using Fiberglass Rebar

VILLAR, Larissa Gabrielle da Silva¹; SOUSA, Julio Cesar Pereira²
larissa.villar@outlook.com.br¹; julio.eng@live.com².

¹Engenheira Civil, Pós-Graduada em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civis, UFRJ.

²Engenheiro Civil, Pós-Graduado em Perícias de Engenharia e Avaliações, Univ. Presbiteriana Mackenzie.

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Vergalhão
 Fibra de vidro
 Armadura

Key words:

Rebar
 Fiberglass
 Armor

Resumo:

Na construção civil a busca por novas metodologias e melhoria de processos deve ser contínua, de maneira a sempre possibilitar uma melhor gestão do empreendimento e trazer inovações que foquem na redução de custos, aumento da produtividade, segurança e durabilidade das estruturas. Ao analisarmos a utilização do aço que é um dos materiais de maior consumo neste ramo, encontramos como opção o vergalhão de fibra de vidro, para aplicação em concreto armado. Esta alternativa vem se mostrando viável para atendimento das necessidades de melhoria da durabilidade, inovação de metodologia executiva e disponibilidade de mercado. Este artigo tem o intuito de apresentar as fases de fabricação, aplicações e estudo de implantação do PRFV, a fim de concluir a viabilidade de utilização dos vergalhões de fibra no concreto estrutural, mesmo que empregado de forma mista (aço + fibra de vidro). Diante das análises das referências bibliográficas e resultados apresentados neste artigo é possível comprovar a praticabilidade da solução em obras com estruturas não sujeitas a esforços de flexo tração acentuado, porém mesmo com esta limitação, o vergalhão demonstra resultados satisfatórios quando avaliada as suas demais propriedades mecânicas e benefícios de aplicação em comparação ao aço.

Abstract

In construction, the search for new methodologies and process improvement must be continuous, in order to always enable better management of the project and bring innovations that focus on reducing costs, increasing productivity, safety and durability of structures. When analyzing the use of steel, which is one of the most consumed materials in this field, we found fiberglass rebar as an option for use in reinforced concrete. This alternative has been proving to be viable for meeting the needs of improving durability, innovation in executive methodology and market availability. This article is intended to present the manufacturing phases, applications, and study of GFRP implantation, in order to conclude the viability of using fiber rebars in structural concrete, even when used in a mixed way (steel + fiberglass). In view of the analysis of the bibliographical references and results presented in this article, it is possible to prove the practicality of the solution in works with structures not subject to accentuated bending traction efforts, but even with this limitation, rebar demonstrates satisfactory results when evaluated its other mechanical properties and application benefits compared to steel.

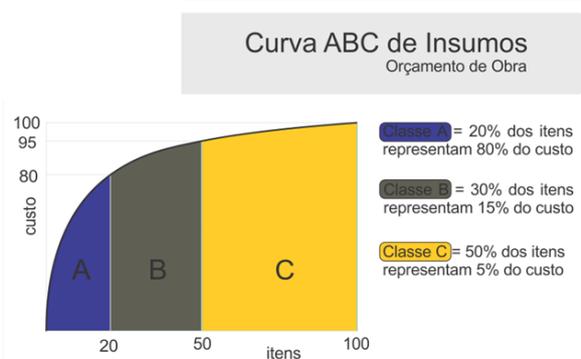
Introdução

Estruturas de concreto armado são constituídas pela união de armaduras, geralmente em aço, e concreto (cimento, agregados e água), sendo a armação elemento que garante a resistência a tração destas estruturas. Essa resistência é fornecida pelas características físicas e mecânicas dos vergalhões de aço do tipo CA, que tem maior resistência a tração e escoamento se comparadas a estrutura de concreto convencional não armado.

Atualmente, quando demandado um material para armar o concreto o vergalhão comumente utilizado é o com composição de material metálico fabricado de ferro, carbono, manganês, silício e enxofre (conhecido como ferro-gusa), porém devido à possibilidade de escassez de diversas matérias primas e o aumento extemporâneo do valor de importação, este material tende a sofrer variação nos custos de fornecimento, resultando por consequência em um aumento do preço final de compra.

Considerando que o aço na execução de obras civis tem grande percentual na composição de custo, com proporção de aproximadamente 90kg/m³ de concreto [1], e com isso sendo sempre um dos itens de classe A da curva ABC de consumo em obras civis, é necessário a busca por alternativas que possibilitem a substituição mesmo que parcial deste insumo.

Figura 1 - Curva ABC - Representação



Fonte: Funchal [2]

Um dos materiais possíveis para suprir os vergalhões de aço são os fabricados com Fibra de Vidro, que podem trazer uma redução de peso das estruturas, maior sustentabilidade no processo de fabricação e melhoria na atividade de montagem, além de, uma maior durabilidade para construção.

Posto isso, este artigo visa analisar comparativamente as principais características, entre os materiais e assim concluir as aplicações e limitações do polímero reforçado por fibra de vidro (PRFV) no concreto armado.

1. Fibra de vidro – PRFV

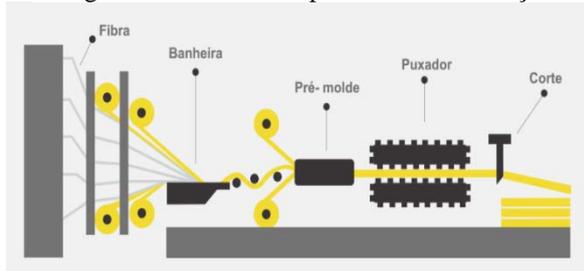
A fibra de vidro vem sendo pensada como alternativa para diversas áreas como automotiva, aviação, náutica, construção civil e até mesmo na área estética em uma menor escala. A escolha por esse material se dá devido a sua alta resistência e leveza, quando produzido. Na construção civil uma das alternativas é o uso do Polímero Reforçado por Fibra de Vidro (PRFV) em vergalhões.

1.1. Fabricação

O polímero reforçado por fibra de vidro (PRFV) é fabricado pelo processo de Pultrusão, que consiste em entrelaçar os fios de fibra de vidro com uma resina polimérica, sendo utilizado respectivamente em uma proporção de 70% para 30% [3]. Para obter no processo de pultrusão uma composição mais resistente a agressividade é comumente utilizada a resina a base de Éster Vinílico ou Epóxi. O processo de fabricação acontece comumente conforme figura 02.

Neste processo podem ser produzidos vergalhões no formato de barras ou em rolos, além de chapas, telas, estribos ou outras peças, apenas modificando a matriz/molde e em alguns casos alterando o dimensionamento da máquina para fabricação de modo a comportar o formato desejado.

Figura 2 - Processo de pultrusão – Fabricação



Fonte:Stratus [3]

As peças também podem ter pigmentações diferentes, o que pode auxiliar no processo de separação e armazenamento de vergalhões com diâmetros variados, uma vez que cada um pode ter cor específica, o que mitiga a possibilidade de erros de instalação na obra e facilita a fiscalização. [4]

1.1.1. Normas

Apesar de não existirem normas brasileiras, as atuais fabricantes utilizam as diretrizes estrangeiras para garantia da qualidade dos produtos em PRFV. Sendo algumas delas:

- ACI440.1R-15 – Estados Unidos
- GOST 31938-2012 – Rússia
- ISO 10406-1:2015;
- AASHTO LRFD GFRP 2009 – Estados Unidos
- CAN/CSA-S806-02 – Canadá
- CNR-DT 203/2006 – Itália

Nacionalmente o IBRACON/ABECE está em processo de desenvolvimento do documento denominado “Estruturas de Concreto Armado com Barras de Polímero Reforçado com Fibras (FRP)” por meio do comitê técnico CT 303, o que incentiva e promove o uso do material pelos projetistas. [4]

1.1.2. Composição

A fibra de vidro tem como composição a aglomeração de finos filamentos de fios de vidro flexíveis, compilados através de resinas, silicones ou outros compostos solúveis[5].

Esta matéria prima também pode ser obtida de vidros reciclados.

A fibra é fabricada por meio do derretimento da matéria prima e quando resfriado formam os fios, este processo de resfriamento é controlado em processo rígido que garante o diâmetro adequado dos filamentos para passagem nos orifícios da máquina junto a resina epóxica [5].

Figura 3 - Fibra de vidro fabricação



Fonte: Info Escola [5]

1.1.3. Reciclagem

O vidro sendo considerado um material com ciclo de reciclagem infinito (ver figura 04) proporciona que o seu processo de reciclagem possa ocorrer sem perdas, uma vez que este é 100% reciclável.

Basta apenas que o vidro seja segregado corretamente (por tipo e cor) e este poderá ser utilizado para diversos fins como: novas garrafas, potes, espelhos, mantas, tecidos e fios de vidro, além de outras aplicações [6].

Os vidros translúcidos ou brancos retornam as vidrarias, onde são lavados e triturados com adição de mais areia e outros minerais, e quando fundidos, podem dar origem a fibra de vidro que é utilizada para fabricação dos vergalhões de PRFV por meio de pultrusão citado anteriormente [5].

Figura 4 - Ciclo de reciclagem do vidro



Fonte: Recicloteca [7]

Este processo de reciclagem permite a redução significativa da extração de areia do meio ambiente, assim como outros insumos utilizados na composição de novos vidros [6].

1.2. Fornecimento construção civil

Na construção civil a principal utilização do PRFV é a substituição, mesmo que parcial das barras de aço colocadas em concreto armado. No mercado atual são encontradas três alternativas comuns para esta aplicação, sendo elas:

- Vergalhões/barras para diâmetros maiores que 16 mm em barras de 10m de comprimento;
- Rolos de até 200m de comprimento para diâmetros menores ou iguais a 12,5 mm;
- Malha ou tela de fibra.

Estas três opções de fornecimento facilitam a utilização no dia a dia das obras civis, uma vez que as telas e barras retas se assemelham com as de aço já fornecidas no mercado. No caso dos rolos, apesar de menos comum, podemos considerar como melhoria produtiva para o processo de armação de lajes ou estruturas com grandes áreas, visto que desta forma podemos reduzir o trabalho manual de traspasse entre as barras durante a montagem.

Figura 5 - Exemplo de barra e rolo de fibra de vidro (PRFV)



Fonte: Composite Group [8]

Figura 6 - Exemplo de malha de fibra



Fonte: Brafib [4]

1.3. Locais de aplicação

Atualmente apesar de ainda serem novidades no mercado, os vergalhões de fibra já vêm sendo utilizado em vários países devido as vantagens construtivas. Desde os anos 80 existem aplicações na construção civil sendo implantadas em obras tanto de pequeno quanto de grande porte.

O uso da fibra começou na Europa em 1986, com a construção de uma ponte rodoviária na Alemanha.

Segundo artigos dos fabricantes Composite Group [8] e Best Fiber Glasse [9] é

conhecida a aplicação da solução em outros locais como:

- **Qatar - Fábrica Qatalum (2007):**

Para construção da Fábrica de alumínio Quatalum desde a sua concepção foi sugerido a utilização de vergalhões de fibra de vidro devido a neutralidade eletromagnética e as propriedades mecânicas. Como curiosidade o material foi importado do Canadá para o Qatar apenas em contêineres em função do peso consideravelmente mais leve do que o aço.

Figura 7 – Fábrica Qatalum - Qatar



Fonte: Qatalum [10]

- **Áustria – Estação de trem Viena (2009):**

Com intuito de reduzir a penetração de correntes de indução nas áreas adjacentes do túnel do metrô, as estacas e paredes dos pisos inferiores são livres de aço.

Figura 8 - Estação Viena na Áustria



Fonte: Best Fiber Glasses [9]

- **Suíça – Leito Ferroviário (2009):**

Utilizado na base do leito ferroviário na Suíça, devido a curvatura e redução da condutividade elétrica.

Figura 9 - Leito Ferroviário da Suíça



Fonte: Best Fiber Glasses [9]

1.4. Comparativo – Aço x Fibra

1.4.1. Características

A PRFV tem características específicas que devem ser considerados no momento da concepção do projeto executivo e as respectivas memórias de cálculo.

Segundo os catálogos técnicos, as principais propriedades da fibra podem ser listadas:

- Material leve;
- Alta resistência a tração;
- Resistente a corrosão;
- Alta resistência a umidade;
- Baixo coeficiente de dilatação;
- Baixa condutividade térmica;
- Baixa condutividade elétrica;
- Baixo módulo de elasticidade.

Para um melhor entendimento destas características é necessário o comparativo com o aço CA50, que é o material convencional utilizado na construção de concreto armado. Desta forma podendo entender quais as principais diferenças:

Tabela 1 - Comparativo CA 50 e PRFV

| Propriedades | Aço CA50 | PRFV |
|--|--------------|-------------------------------|
| Resistência à tração [MPa] | 500/600 | 1000 |
| Resistência à compressão [MPa] | 390 | 300 |
| Módulo de elasticidade [GPa] | 210 | 55 |
| Densidade [kg/m ³] | 7850 | 2000 |
| Condutividade de expansão térmica [um/m°C] | 12 | 0,16 |
| Comprimento dos vergalhões [m] | Barra de 12m | Barras de 10m e Rolos de 100m |
| Durabilidade em ambientes agressivos | ± 7 anos | + 100 anos |
| Resistência à corrosão | Oxida | Não oxida |
| Cobrimento de concreto | 35 a 45 mm | ≤ 20mm |
| Condutividade elétrica | Possui | Não Possui |

Fonte: Madareli [11]

O PRFV tem diversas características que demonstram oportunidades de melhoria no processo de execução e durabilidade da estrutura. Exceto pelas propriedades de resistência a compressão e módulo de elasticidade.

Quando tratamos da redução de compressão, esta basicamente não afeta na aplicação das estruturas, uma vez que as armaduras têm principal função de resistir a tração. Já em relação a diminuição do módulo de elasticidade, torna-se maior limitante, uma vez que esta característica restringe a aplicação em estruturas que sofrem esforços de flexo tração (flechas acentuadas), como vigas ou lajes em balanço. Pois, quanto menor o módulo de elasticidade mais vulnerável a deformação fica a estrutura, mesmo quando submetido a baixas cargas [12].

Com exceção destas propriedades nota-se um desempenho superior ao aço, principalmente na resistência a tração.

1.4.2. Dobra da fibra de vidro

Segundo Deprá [12], apesar das semelhanças quando comparadas as propriedades mecânicas, a fibra de vidro tem algumas limitações relacionadas a sua dobra em campo. Os vergalhões em PRFV apenas podem ser cortados de maneira a dividir/seccionar as barras retas. Para geometrias específicas como a de estribos, ganchos ou outras necessidades, as peças devem vir prontas de fábrica.

Esta restrição se dá em função da alta resistência do material e sua baixa elasticidade, que o torna mais suscetível a ruptura quando forçado.

Quando se faz necessário muitas dobras recomendasse a utilização de uso misto junto aos vergalhões de aço [4].

Figura 10 - Modelo peças cortadas e dobradas em aço



Fonte: Udiáço [13]

1.4.3. Custos

Realizando a análise comparativa de compra de ambos os materiais, nota-se um percentual 27% mais caro do PRFV no metro linear de barra, conforme tabela 02.

Tabela 2 - Comparativo de custo

| Material | Aço | PRFV |
|--------------------|-----------|-----------|
| Ø (mm) | 12,5 | 12,5 |
| Comp. da barra (m) | 12 | 10 |
| Peso da barra (kg) | 11,56 | 1,85 |
| kg/m | 0,96 | 0,19 |
| Valor da barra | R\$ 61,61 | R\$ 65,50 |
| Valor por kg | R\$ 5,33 | R\$ 35,41 |
| Valor por m | R\$ 5,13 | R\$ 6,55 |

Fonte: Orçamento – Solicitado pelo autor

Porém quando analisados os custos indiretos envolvidos na metodologia construtiva, pode-se realizar uma comparação qualitativa de redução com:

- Menor peso de carregamento e com isso menor custo de frete ou maior volume de transporte;
- Equipamento de grande porte para movimentação no canteiro;
- Traspasse ($\varnothing < 12,5\text{mm}$) quando utilizado os rolos;
- Cimbramentos e escoras durante montagem;
- Indireto para montagem das armaduras.

Grande parte das reduções estão associadas ao peso do material, uma vez que as barras de fibra de vidro pesam aproximadamente 80% menos que as de aço.

Quando consideramos a limitação de carregamento para um colaborador determinada no artigo 198 da CLT (decreto lei 5452/43) que é de 60 kg, notamos que a fibra de vidro pode trazer mais produtividade e segurança inclusive no carregamento manual, conforme tabela 03.

Tabela 3 - Comparativo de transporte manual

| Barra 12,5mm | Aço 12m | PRFV 10m |
|--|---------|----------|
| 01 barra [kg] | 11,56 | 1,85 |
| 10 barras [kg] | 115,60 | 18,50 |
| Barras /homem [un] 60kg / peso da barra | 5 | 32 |

Fonte: Autor

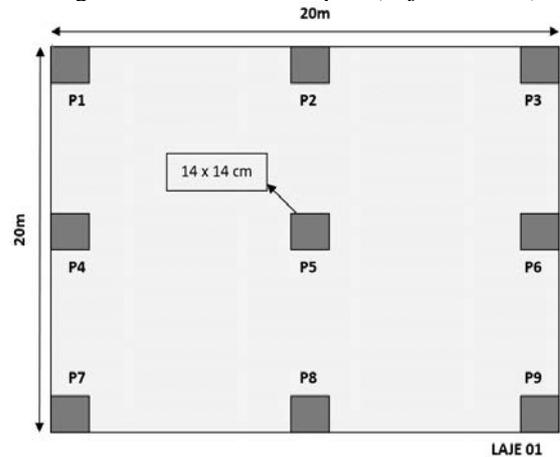
Desta forma um mesmo colaborador pode carregar aproximadamente 6x mais material sem extrapolar o peso especificado na CLT, trazendo, portanto, mais produtividade ao empreendimento.

1.4.4. Comparativo de peso e custo de uma estrutura simples

Ao considerar uma laje simples com alguns pilares, podemos comparar o peso e o custo da estrutura. Para esta estrutura

hipotética foi considerado uma laje térrea de 20 x 20m e um complemento de 09 pilares de 14 x 14 cm distribuídos por esta laje.

Figura 11 - Estrutura simples (Laje + Pilares)



Fonte: Autor

Para armação dos pilares foi considerado apenas utilização de fibras de vidro nas barras retas, os estribos continuam em aço. Na estrutura da laje térrea foi considerado a utilização de todas as barras em fibra de vidro, para montagem de ambas as direções de armação com espaçamento entre barras de 10 cm, similar a uma tela do tipo Q196 de aço.

A tabela 04 demonstra o resultado quantitativo da estrutura considerando a disposição citada.

Tabela 4 - Quantitativo - Estrutura simples

| Dados | | Laje | Pilar |
|--------------------|-----------------------------------|------|-------|
| Barras retas | Qtde de estruturas [un] | 01 | 09 |
| | Qtde de barras por estrutura [un] | 800 | 4 |
| | Qtde total de barras [un] | 800 | 36 |
| | Comp. das barras [m] | 10 | 3 |
| Peso total - Aço | \varnothing [mm] | 12,5 | 6 |
| | Peso/m [kg] | 0,96 | 0,245 |
| | Peso total [kg] | 7680 | 26,46 |
| Peso total - Fibra | Peso/m [kg] | 0,19 | 0,054 |
| | Peso total [kg] | 1520 | 5,832 |

Fonte: Autor

Com os dados apresentados podemos iniciar a análise pelo peso total das barras, com resultados de 7706,5 kg e 1525,8 kg respectivamente para aço e fibra de vidro.

Obtendo novamente uma confirmação de que a fibra é aproximadamente 80% mais leve, e desta forma quando avaliamos uma obra de pequeno porte como a hipotética exposta, conseguimos evitar a necessidade de equipamentos de içar. Visto que um colaborador que pode carregar 60kg conseguiria levar o material de fibra em apenas 25 viagens contra 129 viagens de aço.

E ainda como facilitador ambos os diâmetros escolhidos são fornecidos em rolos, o que melhora a posição de carregamento.

Quando avaliamos apenas os custos com material, o aço ainda é mais competitivo uma vez que a barra com diâmetro de 12,5mm custa R\$ 5,13/m e o PRFV custa R\$ 6,55/m (conforme exposto na tabela 02). Sendo assim mesmo com a necessidade de consideração de um percentual de aço para traspasse das barras, o seu valor é continua mais baixo.

Tabela 5 - Análise de custo - Estrutura simples

| Dados | Aço | Fibra |
|-----------------------|---------------------|---------------|
| Kg | 7706,46 | 1525,832 |
| m - Estrutura | 8108 | 8108 |
| m - Traspasse (laje) | 400 | 0 |
| m - Total | 8508 | 8108 |
| Valor kg | R\$ 5,33 | R\$ 35,41 |
| Valor m | R\$ 5,13 | R\$ 6,55 |
| Valor total [m x R\$] | R\$ 43.646,04 | R\$ 53.107,40 |
| % diferença | Aço 18% mais barato | |

Fonte: Autor

1.5. Processo executivo

1.5.1. Fabril

Foi notória a dificuldade de compra do aço no período de pandemia causada pela escassez

de transporte dos insumos e conseqüentemente o aumento do custo de aquisição do aço, que segundo a CBIC foi de cerca de 34% entre os meses de julho de 2020 e julho de 2021 [14]. Posto isso é essencial a disponibilidade de novas metodologias construtivas para períodos similares.

O polímero reforçado de fibra de vidro pode ser esta alternativa, uma vez que os recursos necessários estão disponíveis (inclusive de fontes recicláveis) e que os espaços para fabricação são mais simples de serem montados, segundo estudo apresentado no simpósio EPUSP, por Bandeira [15].

Os equipamentos necessários para a produção das barras (PRFV) ocupam um espaço muito reduzido. Tal fato permite a instalação de pequenas indústrias produtoras deste material para armação de concreto estrutural, sem prejuízo do meio ambiente.

1.5.2. Em campo

Analisando o gerenciamento da obra em relação as atividades de execução em campo, podemos apontar metodologias que facilitam na montagem.

Estas metodologias conforme já discutidas neste artigo podem trazer uma variedade de resultados, como redução de custo indireto, aumento da produtividade, alternativas para disponibilidade de materiais em tempos de escassez ou até mesmo redução de acidentes.

Ao avaliarmos o aumento da produtividade podemos apontar:

- Redução de traspases: que reduz a necessidade de corte e amarrações nas peças;
- Facilidade de amarração: podendo ser utilizado para travamento dos vergalhões uma abraçadeira de nylon;

Figura 12 - Amarração de barras - PRFV



Fonte: Conselheiro [16]

- Redução de indiretos para montagem: por se tratar de um material mais leve é possível uma redução de mão de obra envolvida na atividade, podendo ser locada em outras atividades ou mais frentes de montagem;

Ao avaliarmos a redução de custos indiretos podemos listar:

- Menor locação de equipamentos de grande porte: considerando que o peso das peças é menor, a movimentação de forma manual é possibilitada ou até mesmo uma necessidade de tempo menor disponível do equipamento.
- Menor custo com indireto: ao avaliar a facilidade de montagem pode ser reduzida a quantidade de indiretos ou até mesmo a realocação do recurso em outra frente;
- Redução de limpeza: uma vez que se tem menor quantidade de intervenções nos vergalhões o ambiente de trabalho se torna mais limpo e organizado.

Quando observamos a questão de indicadores de segurança para o canteiro de obras podemos notar que devido a diminuição de carga da estrutura, temos menor risco de ocasionar acidentes. Além disso apesar de ser um material mais caro, em tempos em que a disponibilidade do insumo de aço gera atrasos de obra e aumento do custo, o material se mostra uma boa solução alternativa.

1.5.3. Manutenção

Além do foco executivo o vergalhão de fibra de vidro, trás melhorias significativas

para a vida útil das estruturas, uma vez que ao não sofrer o processo de corrosão reduz a preocupação com durabilidade da estrutura. Esta melhoria é evidenciada principalmente em áreas litorâneas ou com classe de agressividade mais intensa. [17]

O material também não é reagente com ácidos o que faz ter maior durabilidade mesmo antes da instalação no concreto.

Quando avaliada a baixa condutibilidade térmica podemos melhorar também a resistência ao fogo da estrutura, uma vez que o efeito de *Spalling* que ocorre quando a barra de aço expande e causa destacamentos do concreto é reduzido. [18]

2. Considerações Finais

O artigo propôs a verificação da viabilidade executiva e financeira da utilização de vergalhões de polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV) em substituição aos vergalhões de aço comumente aplicados na construção civil. No decorrer do estudo os fatores mais importante foram considerados de modo a mapear todos os prós e contras da utilização desta metodologia.

Ao considerarmos as propriedades mecânicas do PRFV conclui-se a viabilidade de aplicação, uma vez que a principal necessidade do concreto armado é a resistência a tração fornecida pelas barras/armadura, e os vergalhões apresentam 2 vezes mais resistência do que o aço, mas em contrapartida o módulo de elasticidade é menor, o que torna o material mais frágil e suscetível a maiores deformações. Este parâmetro é onde verificamos a primeira limitação de utilização da fibra, uma vez que a mesma deve ser evitada em estruturas que sofrem flexo tração acentuada, como vigas de grandes vãos ou balanços.

Outro quesito importante para a escolha do material é o valor de aproximadamente 20% acima quando comparador com o custo do aço. Mas este cálculo é realizado de maneira isolada e não considera as reduções com custos indiretos como equipamentos, mão de obra e

produtividade, é indicado que estes custos sejam levantados a cada estudo de caso do empreendimento para que assim uma decisão mais assertiva possa ser tomada.

Além das reduções citadas foram identificadas possibilidades de melhoria na durabilidade das peças estruturais, uma vez que as barras não sofrem corrosão, tem menor condutibilidade térmica e elétrica, e não são impactados por ácidos.

Quando avaliamos o gerenciamento de obras o estudo teve o intuito de auxiliar na proposta de inovação e alternativas para as soluções comumente utilizadas, visto que em tempos de instabilidade financeira como vimos na pandemia do COVID-19 e/ou escassez de recursos, gestores e engenheiros técnicos precisam ter estratégias de contorno para não ocasionar em uma paralisação de obra ou impacto no planejamento operacional do negócio.

Por fim pode ser concluir que as barras têm viabilidade técnica de aplicação e podem ser empregadas em projetos específicos, quando da aprovação do projetista e análise de custo do empreendimento.

3. Referências

- [1] TCPO 13ª EDIÇÃO. *TCPO - Tabelas de composições de preços para orçamentos*. São Paulo: PINI, 2010.
- [2] FUNCHAL, D. *Curva ABC uma eficiente ferramenta*. mar. 2020. Disponível em: <https://funchalacademy.com.br/curva-abc-uma-eficiente-ferramenta/>. Acesso em: 10 mar. 2023
- [3] STRATUS COMPOSTOS ESTRUTURAIS. *Vergalhões Stratus - PRFV*, 2023. Disponível em: <https://www.stratusfrp.com/artigo/vergalhao-em-fibra-de-vidro-para-construcao-civil>. Acesso em: 24 fev. 2023.
- [4] BRAFIB - Soluções em Fibra. *Produtos - Vergalhão*. Disponível em: <https://brafib.com.br/malha-de-fibra-2/>. Acesso em: 25 mar. 2023
- [5] SANTOS, L. R. D. *Fibra de Vidro*. Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/fibra-de-vidro/>. Acesso em: 17 mar. 2023.
- [6] FERREIRA, A. H. *Reciclagem ou Reuso de Embalagens de Vidro*. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo (USP), 2015.
- [7] RECICLOTECA. Vidro: história, composição, tipos, produção e reciclagem, 17 ago. 17. Disponível em: <https://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/vidro/>. Acesso em: 13 fev. 23.
- [8] COMPOSITE GROUP. *Projetos que usam vergalhões de fibra de vidro*, 21 jul. 2020. Disponível em: <https://compositegroup.com.br/blog/projetos-que-usam-vergalhoes-de-fibra-de-vidro/>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- [9] BEST FIBER GLASS REBAR. *Experiência mundial de uso de vergalhões GFRP*. Disponível em: <https://bestfiberglassrebar.com/pt/blog/experience-of-grfp-rebar-use/>. Acesso em: 07 fev. 2023
- [10] QATALUM. *Conheça a fábrica*. Disponível em: <https://www.qatalum.com/Media/Pages/visualmaterial.aspx>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- [11] MADARELI. *Conheça as vantagens de se usar os vergalhões de fibra de vidro na construção*, 23 jul. 2021. Disponível em: <https://blog.madareli.com/a-madareli/conheca-as-vantagens-de-se-usar-os-vergalhoes-de-fibra-de-vidro-na-construcao/>. Acesso em: 30 mar. 2023
- [12] DEPRÁ, M. T. F. *Vergalhão de fibra de vidro: a galinha dos ovos de ouro da engenharia?* 25 jul. 2022. Disponível em: <https://blogdaengenharia.com/engenharia/engenharia-civil/vergalhao-de-fibra-de-vidro/>. Acesso em: 29 mar. 2023.
- [13] UDIACO. *Soluções industriais - Corte & Dobra*. Disponível em: <https://udiaco.com.br/corte-e-dobra/>. Acesso em: 29 mar. 2023.

- [14] CBIC. *Aço representa maior peso entre aumento de custos da construção*, 10 maio 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/aco-representa-maior-peso-entre-aumento-de-custos-da-construcao-diz-estudo/#:~:text=Considerando%20julho%20de%202020%20e,quase%2022%25%20do%20aumento%20total>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- [15] BANDEIRA, A. A.; JUNIOR, A. P.; PRISZKULNIK, S. *Comportamento à flexão de vigas de concreto*. Anais do VI Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, abr. 2006. 801-817.
- [16] CONSELHEIRO, P. *Comparação de vergalhão composto de fibra de vidro e aço*, 16 out. 2021. Disponível em: <https://instrucoes.info/construcao/materiais-de-construcao/comparacao-de-vergalhao-composto-de-fibra-de-vidro.html>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- [17] COMPOSITE GROUP. *Verga fibra - Propriedades*. Disponível em: <https://compositegroup.com.br/verga fibra/>. Acesso em: 29 mar. 2023.
- [18] BRITEZ, M. C. P. H. C. *Ações e efeitos deletérios do fogo em estruturas de concreto*. Revista ALCONPAT, 30 dez. 2019. 1-21

ANEXO A – FICHA TÉCNICA DA FIBRA DE VIDRO – COMPOSITE GROUP

FICHA TÉCNICA VERGA FIBRA

☎ 49 3435-0975
compositegroup.com.br



PRODUTO

Barra polimérica em GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer), Verga Fibra.

- 2 vezes **MAIS RESISTENTE** à tração em comparação ao aço.
- Sem perda de desempenho por **80 ANOS OU MAIS**.
- Até 9 vezes **MAIS LEVE** que as barras de aço.
- Menor esforço para movimentação, transporte e manuseio.
- Economia média de **25%** em relação ao aço.

Resistência à corrosão e a substâncias químicas

Alta resistência à tração

Alta resistência à fadiga

Baixa condutividade térmica

Não conduz eletricidade

Muito leve

Elevada durabilidade

Menor desperdício em obra (material em rolos)

Coefficiente de dilatação térmica similar ao concreto

NORMAS E CERTIFICAÇÕES

- ISO 10406-12015 - Internacional
- ACI440.1R-15 - ESTADOS UNIDOS
- AASHTO LRFD GFRP 2009 - ESTADOS UNIDOS
- CAN/CSA-S806-02 - CANADÁ

- CNR-DT 203/2006 - ITÁLIA
- GOST 31938-2012 - RÚSSIA
- DITEC590 - CUBA
- FIP TASK GROUP 9.3 - REPORT# TF 22 A 98741 - UNIÃO EUROPEIA
- COMITÊ TÉCNICO CT 303, IBRACON/ABECE, GT03 - ESTRUTURAS DE CONCRETO COM ARMADURA DE MATERIAIS NÃO CONVENCIONAIS.



COMERCIALIZAÇÃO/MANUSEIO

Material será comercializado em barras de 12 m e rolos de 12 m, 50 m, 100 m e 200 m. Medidas especiais poderão ser feitas em função de demanda específica. Bitola de 16 mm apenas em barras.

Alguns cuidados de manuseio são necessários para que seja mantida a integridade do

material. É importante evitar pancadas pontuais ou arrastá-lo para não prejudicar a performance mecânica e química.

O Verga Fibra é fácil de ser manuseado e pode ser cortado com diferentes tipos de serras: circular com ponta de diamante, para grandes quantidades,

e serra de cortar metal, para pequenas quantidades.

Barras de pequena bitola podem ser cortadas com tesoura de corte. Não tente quebrar ou dobrar a barra, pois assim ela será danificada.



| Propriedades | AÇO CA50 e CA60 | GFRP |
|---|-----------------|------------|
| Resistência à tração ft (MPa) | 500 / 600 | 800 a 1100 |
| Módulo de elasticidade E (GPa) | 210 | 50 |
| Resistência à compressão fc (MPa) | 390 | 300 |
| Resistência ao cisalhamento fv (MPa) | 273 | 150 |
| Tensão mínima de aderência da barra ao concreto (MPa) | | 12 |
| Densidade (kg/m ³) | 7850 | 2000 |

APLICAÇÕES TÍPICAS

Estruturas de concreto armado de residências, edifícios, pontes, viadutos, barragens, rodovias, estruturas pré-moldadas e pré-fabricadas em geral, pisos industriais, obras costeiras e marítimas, obras em ambientes muito agressivos, recobrimento de canais, taludes e túneis, infraestrutura de indústrias químicas, entre outros.

| Diâmetro Nominal | Peso/metro |
|------------------------|------------|
| Verga Fibra GFRP 4 mm | 0,020 kg/m |
| Verga Fibra GFRP 5 mm | 0,035 kg/m |
| Verga Fibra GFRP 6 mm | 0,045 kg/m |
| Verga Fibra GFRP 8 mm | 0,080 kg/m |
| Verga Fibra GFRP 10 mm | 0,125 kg/m |
| Verga Fibra GFRP 12 mm | 0,185 kg/m |
| Verga Fibra GFRP 16 mm | 0,350 kg/m |

12/04/2021 rev.02

ANEXO B – PROPOSTA DE FORNECIMENTO

Itens de produto ou serviço

| Nº | | Item | Cód (SKU) | Qty | Un | Preço un | Total |
|--|---|-----------------------|-----------|------|------|------------------------|--------|
| 1 |  | VERGALHÃO GFRP - 6MM | 3 | 1,00 | 100m | 239,00 | 239,00 |
| 2 |  | VERGALHÃO GFRP - 12MM | 6 | 1,00 | 100m | 655,00 | 655,00 |
| Número de itens: 2 Soma das quantidades: 2,00 | | | | | | Total dos itens | 894,00 |

Outros itens ou serviços

| | |
|--|------|
| Lembrando que bitola por bitola, o vergalhão em GFRP pode acabar ficando com o preço similar ao aço, porém, pelo fato possuir mais que o dobro da resistência que o aço, é possível utilizar o material reduzindo a bitola ou a quantidade de material utilizado, conseguindo gerar uma grande economia. Além disso, por ser até 8x mais leve que o aço, você economiza muito com o transporte do material. Também, por comercializarmos os vergalhões em rolos de 100m lineares, evitamos perdas com sobras e sobreposição de material. | |
| Total outros itens | 0,00 |

| Data | Total dos itens | Total da proposta |
|------------|-----------------|-------------------|
| 30/03/2023 | 894,00 | 894,00 |

Condições gerais

| | |
|----------------------|--------|
| Validade da proposta | 0 dias |
|----------------------|--------|