



# Alternativa ao aço



**JOSÉ THEÓFILO LEME DE MORAES** é engenheiro civil pesquisador do IPT, especialista em estruturas e fundações (análise estrutural, patologias, gerenciamento de obras de arte-Sigoa, instrumentação e ensaios “in situ”)

.....  
Envie seus comentários, críticas, perguntas e sugestões de temas para esta coluna: [teofilo@ipt.br](mailto:teofilo@ipt.br)

Entre as patologias que afetam as estruturas de concreto armado, a corrosão de armaduras é a mais frequente, podendo trazer transtornos para sua recuperação, em custos e aspectos operacionais.

Em condições normais, o meio alcalino no qual estão imersas as barras de aço constitui proteção efetiva contra a corrosão. Não obstante, quando a estrutura se encontra em ambiente adverso (construções da orla marítima, pontes, obras subterrâneas e pavimentos em contato com o lençol freático), pode ocorrer descaracterização desse meio, propiciando ataques às armaduras, processo que, instalado, destrói esse material, no todo ou em parte, requerendo sua breve restauração.

Há procedimentos para enfrentar esse problema, como pintura das armaduras com materiais epóxicos ou emprego de concreto dosado com aditivos especiais. Entretanto, essas soluções se mostram eficientes em alguns casos e deficientes em outros.

Eles apresentam grande resistência à corrosão, menor densidade em relação ao aço, alta resistência à tração e insensibilidade a efeitos provocados por radiações eletromagnéticas, propriedades que os tornam extremamente interessantes para as aplicações da engenharia civil.

Os Quadros 1 e 2 (pág. ao lado) apresentam um resumo das principais vantagens e desvantagens desses materiais, sendo mostrado no gráfico abaixo, de forma qualitativa, um comparativo do Módulo de Elasticidade dos compósitos em relação ao aço.

A utilização das fibras de FRP teve início após a 2ª Guerra Mundial, quando a indústria aeronáutica reconheceu as suas propriedades de alta resistência à tração e baixa densidade em relação a materiais metálicos. Em período subsequente, já no advento da Guerra Fria, verificou-se um considerável desenvolvimento no uso desses materiais no setor aeronáutico e nas aplicações militares. Somente na década

de 60, seu uso se efetivou na construção de estruturas de concreto armado.

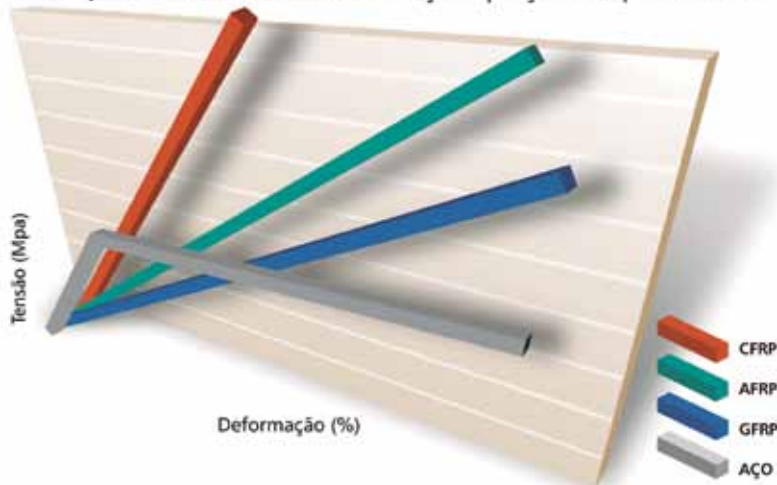
Nos anos 70, já havia mercado esta-

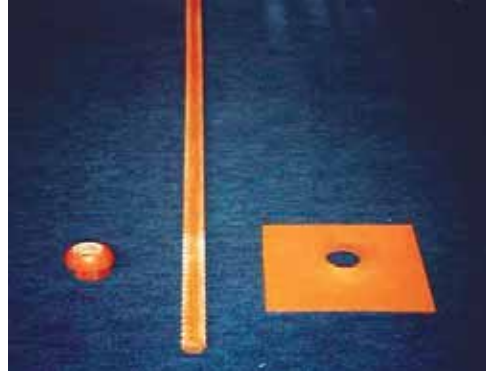
belecido para as barras de FRP e na década seguinte seu emprego no setor médico passou a ser de grande importância, por não serem

## Qualidade dos compósitos de FRP é atrativa para uso na construção

Diante dessa realidade, têm-se buscado materiais alternativos constituídos por compósitos fabricados com fibras especiais imersas em resinas poliméricas, designados pela sigla FRP (Fiber Reinforced Polymer), com resultados promissores. Há três tipos principais desses materiais: CFRP, GFRP e AFRP, fabricados respectivamente com fibras de carbono, vidro e aramida.

CURVAS QUALITATIVAS PARA COMPARAÇÃO | Aço x Compósito de FRP





influenciadas por radiações eletromagnéticas.

Até meados da década de 90, o Japão detinha a condição de maior usuário de compósitos na construção, com aplicação em mais de cem projetos comerciais ou em demonstração. Mais recentemente, a China tornou-se seu maior usuário, empregando-os principalmente na construção de tabuleiros de pontes e obras subterrâneas.

Na Europa, o uso das armaduras de FRP teve início na Alemanha com a construção de uma ponte rodoviária protendida em 1986, obra que estimulou a implantação de um grande programa de pesquisas e utilização desses materiais naquele continente com destaque para o período de 1991 a 1996. Nesse intervalo, foram desenvolvidas diversas investigações relacionadas a ensaios e análises de comportamento desses compósitos.

No Canadá, instituições normativas como a Canadian Highway Bridge Design Code atuam em consonância com a comunidade técnica, sendo citadas diversas obras que empregaram compósitos em suas construções, como as Pontes de Headingley, Kent County Road, Jofre, St. Francois River, todas elas executadas no final da década de 90.

Nos Estados Unidos, a utilização das

barras de FRP tem ocorrido em obras da orla marítima, em lajes de tabuleiro de pontes e em partes pré-moldadas de construções com detalhes artísticos de arquitetura, citando-se como exemplo os edifícios Gonda e National Institute of Health e as Pontes RM 1061 e da 53th Avenue em Bettendorf, Iowa. Em outros países também foi verificado o seu emprego em áreas metropolitanas de Bangkok, Hong Kong, Nova Delhi, Londres e Berlim, principalmente em obras de escavações mecanizadas de túneis.

Em nosso país, o assunto tem sido analisado na Comissão de Estudo Especial de Materiais Não Convencionais para Reforço de Estruturas de Concreto-ABNT/CEE-193, onde três grupos de trabalho investigam o tema quanto à construção, reforço e materiais das barras de FRP, com destaque para os tópicos: terminologia, requisitos e métodos de ensaio. As atividades dessa comissão estão abertas à participação de membros da comunidade técnica, cuja contribuição seria de grande valor para a evolução dos conhecimentos desses materiais.

Uma vez que não há normalização nacional, a comissão irá acompanhar e participar do desenvolvimento da Norma Internacional ISO/TC71/SC6 – *Non-traditional Reinforcing Materials for Concrete Structures*.

Barras de FRP usadas como armadura de uma laje; barra de FRP usada em sistema de ancoragem; armaduras das estruturas de lajes e vigas de viaduto

**QUADRO 1**  
**PRINCIPAIS VANTAGENS E DESVANTAGENS DO FRP EM RELAÇÃO AO AÇO**

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Alta resistência à tração longitudinal	Ruptura à tração frágil, sem escoamento
Resistência à corrosão	Baixa resistência transversal
Alta resistência à fadiga	Menor Módulo de Elasticidade (exceto CFRP)
Baixa densidade	Susceptíveis a danos sob ação de radiações ultravioleta
Não sofre influências eletromagnéticas	Baixa durabilidade de fibras de GFRP sob umidade
Baixa condutividade termoelétrica	Baixa durabilidade de algumas fibras de GFRP e AFRP em ambiente alcalino

**QUADRO 2**  
**PROPRIEDADES MECÂNICAS USUAIS E DENSIDADES DAS BARRAS DE COMPÓSITOS DE FRP**

	AÇO	GFRP	CFRP	AFRP
Tensão Nominal de Escoamento (Mpa)	276-517	-	-	-
Resistência à Tração (Mpa)	483-690	483-1.600		1.720-2.540
Módulo de Elasticidade (GPa)	200,0	35,0-51,0	120,0-580,0	41,0-125,0
Deformação no Escoamento (%)	014-0,25	-	-	-
Deformação na Ruptura (%)	6,0-12,0	1,2-3,1	0,5-1,7	1,9-4,4
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	7,90	1,25-2,10	1,50-1,60	1,25-1,40