

AS VANTAGENS DA FIBRA DE CARBONO EM RELAÇÃO AO AÇO NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

[\[ver artigo online\]](#)

Renan Wagner Novaes Silva¹

Helio Giannini²

RESUMO

Este trabalho tem como finalidade apresentar as vantagens do uso da fibra de carbono na indústria, em especial na automobilística, em comparação ao aço comum. Sua aplicação oferece diversas vantagens, como em peso, resistências e estética. Efetuaram-se comparações entre os materiais, demonstrando suas vantagens e desvantagens, tendo assim, com esses dados, evidências da superioridade da fibra de carbono, foco do presente trabalho. Observa-se que diversos estudos estão sendo realizados para reduzir o custo de produção da fibra de carbono, para que sua comercialização seja ampliada e mais acessível a todas as indústrias.

Palavras-chave: fibra de carbono, compósitos, carbono, redução de peso, automobilística.

ABSTRACT

This work aims to present the advantages of the use of carbon fiber in the industry, especially in the automotive, compared to ordinary steel, Its application offers several advantages, as in weight, resistance and esthetic. Office comparisons between the materials, demonstrating its advantages and disadvantages, thus, with this data, evidence of the superiority of the carbon fiber, focus of this study. It is observed that several studies are being carried out to reduce the cost of production of carbon fiber, so that your marketing be expanded and more accessible to all industries.

Keywords: carbon fiber, composites, carbon, weight reduction, automobile.

¹ Graduando em Eng. de Produção – UniDrummond – renan.wns@hotmail.com

² Graduação em Eng. de Produção – UniDrummond – Prof. Orientador - helio.giannini@drummond.com.br



INTRODUÇÃO

A indústria, em suas diversas áreas, utiliza vários tipos de materiais para moldar suas estruturas. Seja para criar de um utensílio doméstico a uma aeronave, o material mais utilizado é o aço. Isso não muda na indústria automobilística, onde a grande maioria de seus veículos utilizam aço em sua carroceria e componentes mecânicos. Mas há um material que oferece muito mais benefícios que o aço: a fibra de carbono. É uma fibra sintética, que combinada com outros materiais (como ligas metálicas), se torna um material extremamente resistente a diversos tipos de esforços mecânicos e térmicos. Pode ser moldada de diversas formas e combinada com vários outros materiais, sendo assim muito flexível para utilização nas mais variadas áreas da indústria. As fibras de carbono possuem também boa resistência elétrica e térmica e são quimicamente inertes, exceto quanto à oxidação (CALLISTER, 2002).

As fibras de carbono começaram a ser comercializadas no princípio da década de 1960 após extenso programa de pesquisa desenvolvido no Estados Unidos, Inglaterra e Japão (EMMONS, 1998). No Brasil a primeira aplicação de CFC (compósito de fibra de carbono) para reforço estrutural ocorreu em 1998 no viaduto Santa Tereza localizado em Belo Horizonte. O CFC foi escolhido principalmente por aspectos estéticos, pois se tratava de uma estrutura tombada pelo patrimônio histórico (BEBER, 2003). O uso da fibra de carbono vem aumentando gradativamente na indústria automobilística, e junto disso estudos sobre como reduzir o custo de sua obtenção aumentam cada vez mais, com a intenção de ampliar seu uso para veículos de grande escala de produção.

Aço

Os aços são ligas ferro-carbono que podem conter concentrações apreciáveis de outros elementos de liga (CALLISTER, 2002), como 98,5% de ferro (Fe), de 0,3% a 1,7% de carbono (C) e silício (Si), enxofre (S) e fósforo (P) em pequenas quantidades.

Sua classificação depende de sua estrutura química e da quantidade de carbono em sua estrutura. São três classificações de acordo com a porcentagem de carbono:

Tabela 1 – Classificação do Aço

CLASSIFICAÇÃO DO AÇO	% DE CARBONO	APLICAÇÃO
AÇO DE BAIXO CARBONO	ATÉ 0,3%	engrenagens, bielas, entre outros componentes mecânicos.
AÇO DE MÉDIO CARBONO	DE 0,3% A 0,6%	engrenagens, bielas, entre outros componentes mecânicos.
AÇO DE ALTO CARBONO	MAIS DE 0,6%	em trilhos, molas, engrenagens, pequenas ferramentas.

Fonte: elaborada pelo autor

O aço recebe também alguns tratamentos térmicos, como Têmpera (para aumentar a dureza) e Revenimento (para aumentar a tenacidade, diminuindo a chance de ruptura).

Utilizando este contexto podemos dizer que novas oportunidades de emprego surgirão com as novas tendências, outros postos de trabalho vão desaparecer, podemos citar novas tendências, novas competências técnicas e comportamentais surgirão no mercado mundial.

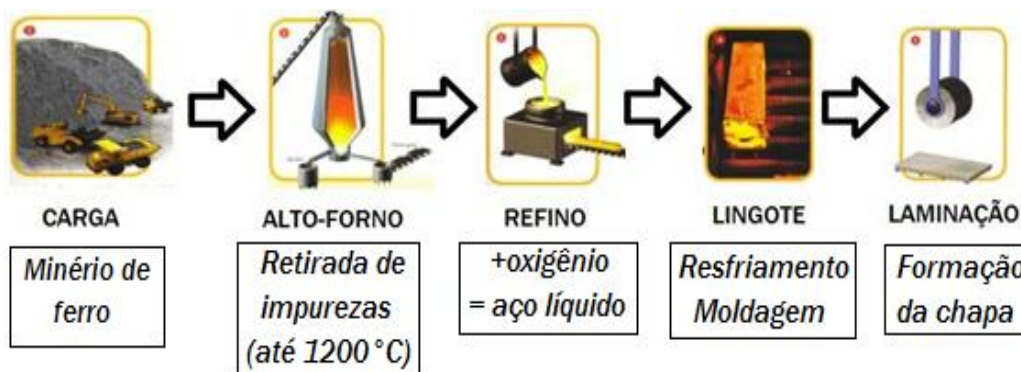
Aplicações do aço

- Indústria automobilística
- Ferramentas
- Peças de máquinas
- Utensílios caseiros (panelas, talheres)
- Construção civil

Obtenção do aço

Em resumo, a obtenção segue a seguinte sequência:

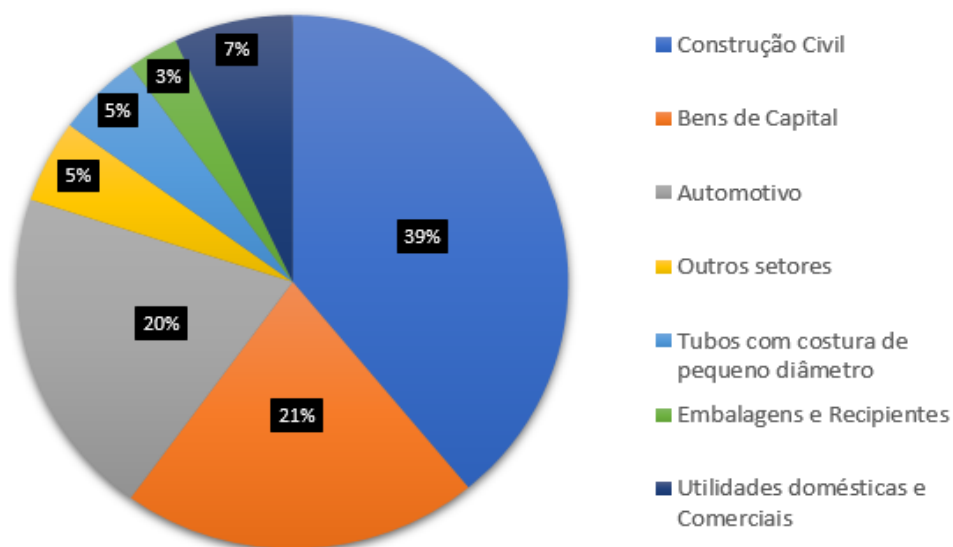
Figura 1 - Sequência de obtenção do aço



Fonte: elaborada pelo autor

A seguir, um gráfico da quantidade de aço consumido, dividido por setor:

Gráfico 1 - Distribuição setorial do consumo de aço em 2014



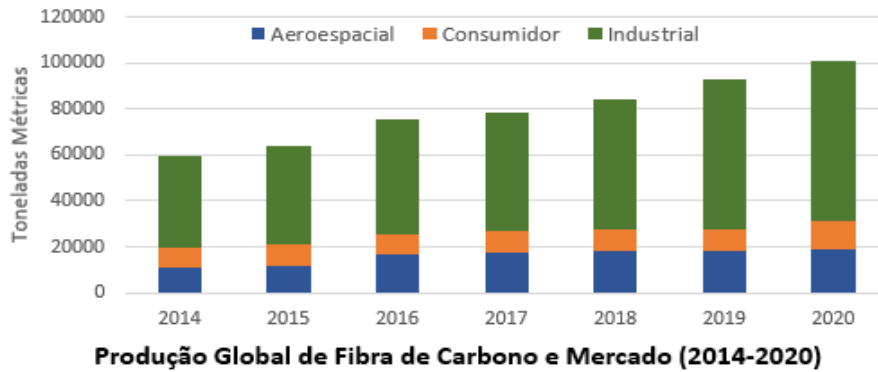
Fonte: Aço Brasil e IBGE

Fibra De Carbono

As fibras de carbono são filamentos compostos por mais de 90% de carbono, os quais possuem de 5 a 10 micrômetros de diâmetro, produzido através da pirólise da poliacrilonitrila (PAN), piche ou raiom (HARADA, 2005). Predomina-se seu uso em aplicações para reduzir massa. Assim como possuem grande rigidez, as fibras de carbono exibem múltiplas características físicas e mecânicas (CALLISTER, 2002), como grandes resistências à fadiga, térmica e elétrica, e também amortecem vibrações e mantem suas dimensões, além de resistirem muito a produtos químicos.

Sua produção se iniciou em 1879, quando Thomas Edison criou fibras a partir de algodão e bambu. Na década de 1950, Roger Bacon obteve a fibra a partir de seda artificial Raiom. Em meados da década de 60, no Japão e na Inglaterra, foi desenvolvido um processo mais eficiente de produção de fibras de carbono utilizando PAN (poliacrilonitrila) (HARADA, 2005). Atualmente é o processo mais utilizado e mais viável em escala industrial. De acordo com dados do Instituto Granada de Tecnologia de Poliacrilonitrila (IGTPAN), o mercado de fibra de carbono está em crescimento, principalmente por novas aplicações no setor automobilístico, gás, óleo e geração de energia. A sua produção localiza-se em grande parte na Ásia, com 40% da produção mundial, seguido de Europa (37%) e América do Norte (21%). A empresa Toray do Japão é responsável por 36% da produção do mundo.

Gráfico 2 – Projeção de Consumo de Fibra de Carbono



Fonte: IGTPAN

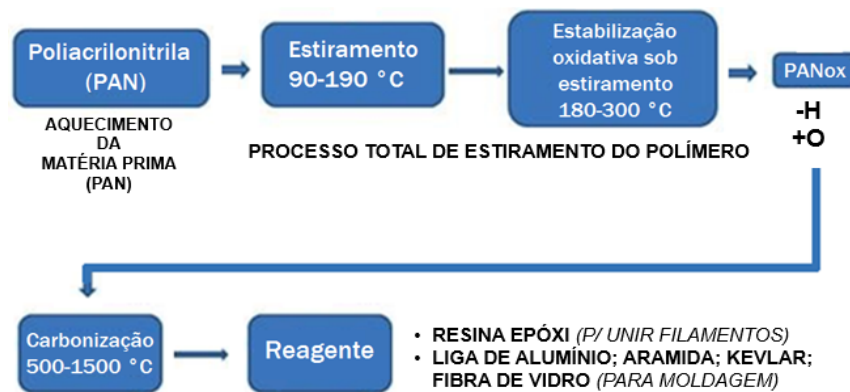
Aplicações da Fibra de Carbono

- Indústria aeroespacial
- Automobilística
- Produtos esportivos
- Construção civil
- Calçados
- Instrumentos musicais
- Hélices de turbinas de energia eólica
- Próteses

Obtenção da Fibra de Carbono

O polímero de acrilonitrila é a principal matéria-prima das fibras de carbono, o qual é obtido pela polimerização de uma variação do acrílico. É uma fonte de alta concentração de carbono. Em resumo, sua obtenção segue a sequência:

Figura 2 – Sequência de obtenção da fibra de carbono



Fonte: elaborada pelo autor

Características da fibra de carbono

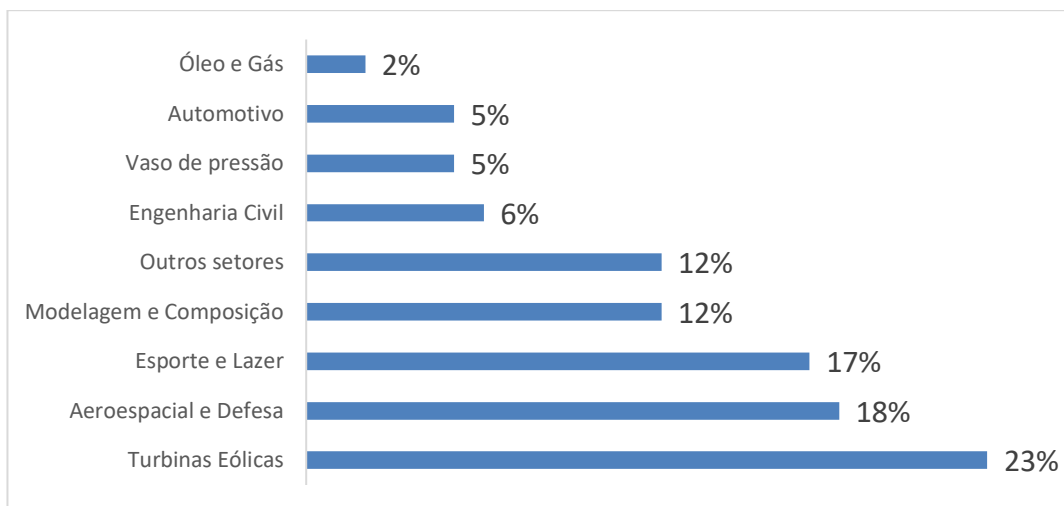
- Baixa massa específica (muito leve).
- Altas resistências mecânicas (tração, elasticidade, torção, compressão).
- Alta resistência à umidade, à ação de muito ácidos e solventes.
- Alta resistência à grandes temperaturas, sendo assim muito resistente às deformações em sua dimensão.
- Boa condutividade elétrica, evitando choques elétricos (blindagem eletromagnética).
- Alto custo de obtenção, conseqüentemente de venda.
- Elevada temperatura de fusão (difícil manuseio).

Há estudos para diminuir seu custo de produção, e que não gerem tanto desperdício como no processo atual, onde pelo menos 50% da fibra original é descartada, gerando resíduos e gases, os quais precisam ser gerenciados. Empresas como Ford, junto com a empresa Magna, estudam reduzir o custo de produção da fibra, assim como empresas alemãs e japonesas, como uso de lasers para união de camadas de fibra de carbono, e resinas termoplásticas (evitando aquecer uma fornalha inteira, diminuindo de 60 a 70% do custo de produção), respectivamente. Outra forma de obtenção está sendo realizada, em escala semi-industrial, desde 2013, pelo Exército Brasileiro, onde é usado um composto de piche de petróleo. De acordo com Major Alexandre Taschetto, do Centro Tecnológico do Exército (CTEx), “(...) a fibra de carbono de piche de petróleo brasileira pode custar entre US\$ 10 a US\$ 15 por quilo. A indústria automobilística avalia que se o custo da fibra estiver abaixo de US\$ 15 por quilo já compensa substituir o aço por fibra em maiores quantidades” (Fonte: Agência Brasil – Junho/2013). Ainda está em pesquisa, pois são necessários estudos quanto aos efeitos na saúde do trabalhador que a produz.

As fibras de carbono não são indicadas para uso sozinhas, mas sim combinadas com outros materiais, como cerâmica, tecidos e ligas metálicas, resultando em um material com excelentes propriedades mecânicas. Existem mais de cem tipos de fibra de carbono, que devem ser produzidas de acordo com a necessidade.

São produzidas de diversas formas, e cada segmento analisa sua prioridade, e então utiliza a fibra de carbono para melhorias em seus produtos, seja para estética, performance, resistências, entre outros motivos. No gráfico 3 está as áreas da indústria que mais utilizam este material:

Gráfico 3-Utilização da Fibra de Carbono na Indústria



Fonte: IGTPAN

METODOLOGIA

Um dos setores que estuda muito aplicação da fibra de carbono é a indústria automobilística. Na atualidade, carros de alta performance, que necessitam de vários aspectos que melhorem seu desempenho e segurança, como as marcas Koenigsegg, Bugatti, McLaren, Lamborghini, entre outros, utilizam partes do veículo feitas de fibra de carbono, como blocos, chassis, eixos e monocells (fig. 3), que é uma estrutura apenas para a parte de baixo do veículo.

Figura 3 - *Monocell* da McLaren



Fonte: site McLaren

A empresa sueca Koenigsegg criou um modelo feito totalmente de fibra de carbono (fig. 4), sem pintura, chamado Regera. De acordo com a Koenigsegg, essa estrutura torna o automóvel mais resistente a danos, como riscos e pequenos amassados, além de ser muito resistente a alterações climáticas e deformações por conta do alto desempenho, pois se trata de um carro com 1500 cv de potência, ou seja, precisa de uma estrutura que aguente tamanha potência.

Figura 4 - *Koenigsegg Regera*: inteiro em fibra de carbono

Fonte: site *Koenigsegg*

Além dos carros “de rua”, no automobilismo, como Formula 1, a fibra de carbono é amplamente utilizada, devido às características de ter grande resistência e proporcionar a redução de peso. Componentes mecânicos nesses veículos também são feitos de fibra de carbono, dando ao automóvel, o qual nas competições utiliza ao máximo seus componentes, mais tempo de vida útil e segurança, pelas propriedades físicas da fibra.

O que ainda não acontece na indústria automobilística é o uso da fibra de carbono veículos fabricados em grande escala, os chamados “populares”. Como dito anteriormente, o ponto crucial dessa implementação é o seu custo de fabricação. Porém há estudos sendo realizados para redução de custo, como foi mencionado. Empresas desse ramo, como a Ford, estuda implementar fibra de carbono em componentes dos carros populares, como suporte de motores, visando uma redução de 87% do peso do componente.

Por se observar tanto empenho de diversos setores para redução de custo de produção da fibra de carbono, é fato que seu uso é de extrema importância devido às suas características mencionadas até aqui. Seu uso em segmentos mais populares trará benefícios em grandes proporções, pois não ficará limitado a esportes e carros de alta performance, mas todos terão acesso a mais segurança na condução, menos custos de modo geral, e aproveitará um melhor desempenho do automóvel.

As características físicas da fibra de carbono proporcionam várias vantagens aos automóveis. Na tabela 2 a seguir, algumas vantagens que a fibra de carbono oferece no setor automobilístico:

Tabela 2 – Vantagens da Fibra de Carbono na Automobilística

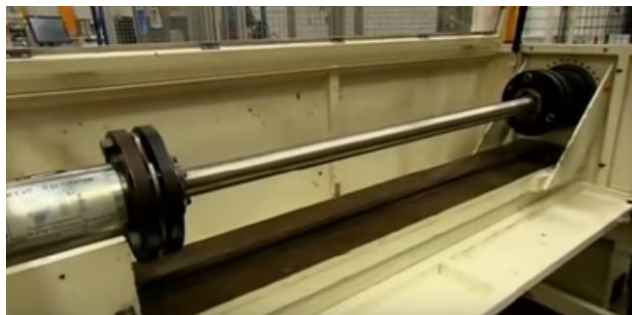
ALTA PERFORMANCE E SEGURANÇA
Permite maior velocidade, não comprometendo dirigibilidade nas curvas, e fornecendo segurança em caso de acidentes e/ou incêndios, por ser muito mais resistente a impactos e altas temperaturas do que o aço. Chassis são mais leves, muito mais resistentes que alumínio e outros materiais, e por distribuir bem as massas, melhora o comportamento dinâmico do carro.
REDUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL
Por ser muito mais leve que aço e alumínio, não exige tanto do motor, reduzindo o consumo de combustível. Ou seja, um carro com menos potência teria boa performance e emitiria menos poluentes. Em caso de carros elétricos, teria menos uso de energia, carregando com menor frequência sua bateria.
FACILIDADE EM TRANSPORTE
Por ser leve e resistente a impactos, seu transporte é facilitado, pois dificilmente irá sofrer deformação, como ocorre com o aço ou alumínio, que podem se danificar com facilidade da origem ao destino, além de ter a possibilidade de se colocar mais carga no meio de transporte, reduzindo as viagens. Isso reduz o custo em logística e possíveis reparos em peças danificadas.
DURABILIDADE
Resiste a impactos 10 vezes mais que o aço, além de resistir muito mais em oxidação, corrosão e ferrugem, em contato com água e outros líquidos, como muitos ácidos e solventes.
DESIGNS AVANÇADOS
Pode ser moldado como o fabricante optar, pelo fato da fibra de carbono ser maleável, facilitando na modelagem, fornecendo acabamentos únicos e atraentes no ponto de vista estético.

Fonte: elaborada pelo autor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Frequentemente diversos testes são realizados pelo mundo, com intuito de demonstrar a grande diferença de resistência da fibra de carbono em relação ao aço. Como por exemplo, em um programa de televisão britânico chamado Top Gear, da BBC, um teste de torção, com eixos cardan (componente de transmissão que liga o motor às rodas) feitos de fibra de carbono e aço, foi realizado pela equipe Lotus de Formula 1.

Figura 5 - Máquina de teste de torção



Fonte: Techmundo

Figura 6 - Deformação do eixo de aço



Fonte: Techmundo

Figura 7 - Deformação do eixo de fibra de carbono



(Fonte: Techmundo)

Todo o teste é controlado por um computador, que demonstra em Nm (Newtonmetro, unidade de medida para torque) qual esforço necessário para torcer a peça. A seguir os resultados:

Tabela 3 – Resultados de torção dos materiais

Material	Torque ao romper / deformar (Nm)
AÇO	1376
FIBRA DE CARBONO	4728

Fonte: elaborada pelo autor / Dados: Top Gear

Observa-se uma diferença considerável na resistência à torção, que comprova, em teste real, a superioridade da fibra de carbono.

As diferenças em características físicas e mecânicas são enormes. Se compararmos utilizando uma peça de mesma dimensão, a fibra de carbono apresenta massa inferior ao aço, assim como algumas resistências. Isso pode ser visto na tabela:

Tabela 4 – Características físicas da Fibra de Carbono e Aço

MATERIAL	MASSA ESPECÍFICA	MÓDULO DE ELASTICIDADE	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO	PONTO DE FUSÃO	PREÇO/LIBRA (lb)
<i>Fibra de Carbono</i>	1,80 g/cm ³	230 Gpa	4000 Mpa	3550 °C	US\$ 7 - 1000
<i>Aço</i>	7,86 g/cm ³	200 Gpa	400 Mpa	1410 °C	US\$ 0,40 - 0,50

Fonte: elaborada pelo autor / Dados: Livros Compósitos Estruturais/ Ciência e Tecnologia, Editora Edgard


Blücher, São Paulo, 2006 e **Resistência dos materiais. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004**

O ponto de fusão da fibra de carbono é mais elevado, porém a vantagem disso é que torna o material mais resistente a deformações, sendo resistente a situações onde se emprega ou ocorrem altas temperaturas, causadas por movimento ou contato.

Para ilustrar melhor as vantagens da fibra de carbono em relação ao aço, segue a tabela:

Tabela 5 – Vantagens da Fibra de Carbono em relação ao Aço

Características	Fibra de Carbono	Aço
Massa		
Elasticidade		
Custo de produção		
Resistência à umidade		
Resistência à ácidos/solventes		
Resistência à deformação		
Resistência à tração		
Condutividade elétrica		
Ponto de Fusão		

 VANTAGEM

Fonte: elaborada pelo autor

De nove características apresentadas, em sete delas a fibra de carbono supera o aço. Com esses dados, é possível empregar a fibra em diversos segmentos que exigem resistência, durabilidade e segurança, por ser um material tão leve e superior.

Devido a estas comparações entre aço e fibra de carbono, é fato que a fibra apresenta muito mais vantagens em relação ao aço. Na indústria automobilística, foco deste artigo, o uso da fibra de carbono apresenta os seguintes benefícios, conforme tabela a seguir:

Tabela 6 – Benefícios do uso da Fibra de Carbono na Automobilística

PONTOS BENEFICIADOS						
	AUTOMÓVEL	MOTORISTA	COMBUSTÍVEL	POLUENTES	VEÍCULOS ELÉTRICOS	PEÇAS DE REPOSIÇÃO
BENEFÍCIOS	MAIS DURABILIDADE EM COMPONENTES MECÂNICOS E CARROCERIA, PELAS SUA RESISTÊNCIAS MECÂNICAS	MAIS SEGURANÇA AO MOTORISTA, PELA RESISTÊNCIA A IMPACTOS E INCÊNDIOS	REDUÇÃO DO CONSUMO, PELA REDUÇÃO DE PESO	REDUÇÃO DE EMISSÃO, DEVIDO REDUÇÃO DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL	MENOR CONSUMO DE BATERIA, POR SER LEVE, RESULTANDO EM MENOS RECARGAS	MENOR PRODUÇÃO, POIS COMPONENTES ORIGINAIS DURAM MAIS TEMPO

Fonte: elaborada pelo autor

Não há dúvidas que a utilização da fibra de carbono é favorável ao setor automobilístico. De acordo com os benefícios demonstrados na tabela, observa-se que o uso da fibra de carbono impacta em tudo o que é relacionado ao automóvel. Sua aplicação reduz custos e preocupações para o cliente final, e à própria indústria, fornecendo veículos duráveis, seguros e favoráveis ao meio ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito deste trabalho é demonstrar, com dados obtidos em várias pesquisas e por meio de comparações dos mesmos, a superioridade da fibra de carbono sob o aço, principalmente na indústria automobilística. Por tudo que se apresenta neste trabalho, é possível observar que esta superioridade é real, pois a fibra de carbono é um material muito mais leve, com maiores resistências a grandes temperaturas e esforços mecânicos, ou seja, as características mecânicas e térmicas da fibra de carbono são de fato superiores ao aço.

A utilização deste material na indústria automobilística trará grandes benefícios, como maior durabilidade do automóvel, seja em sua carroceria como em componentes mecânicos, resultando em reduções de custo de manutenção do veículo e quantidade de peças de reposição, devido a sua durabilidade, além de consumo de combustível, pelo peso menor que possui, assim reduzindo a emissão de poluentes, e aumentando a segurança de quem está no interior do veículo, pois é um material que resiste a grandes impactos e a altas temperaturas.

São muitos os benefícios na utilização da fibra de carbono, não só no produto em si, mas todo efeito colateral positivo na sua aplicação. E que mesmo com seu elevado custo de obtenção, várias pesquisas são realizadas para a diminuição do mesmo, visando um amplo uso do material, deixando bem claro que a indústria sabe muito bem das vantagens do uso da fibra de carbono, pois se não fosse tão importante tal material, não haveria tanto esforço para tais pesquisas.

REFERÊNCIAS

BEBER, A. J. Comportamento de Vigas Reforçadas Com CFC (1) – Tese de doutorado, 2003.

CALLISTER, W. D. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 5ª ed. LTC- Rio de Janeiro, 2002.

CHIAVERINI, V. Tecnologia Mecânica: Processos de Fabricação e Tratamento, Vol. 2 – São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1986.

EMMONS, P.; THOMAS, J.; VAYSBURD, A. Muscle Made with Carbon Fiber, Civil Engineering. Janeiro, 1998.

FIBRA DE CARBONO – MCs. Guilherme Wolf Lebrão - Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia - 2008 – Revista Plástico Sul.

HIBBELER, R.C. Resistência dos materiais. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

LEVY NETO, F.; PARDINI, L. C. Compósitos Estruturais/ Ciência e Tecnologia, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 2006

MAZUR, R. L. Obtenção e caracterização de compósitos de fibra de carbono / PEKK com aplicações aeronáuticas. Guaratinguetá: Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, 2010.

WIEBECK H., HARADA J. Plásticos de Engenharia: Tecnologia e Aplicações. São Paulo: Ed Artliber, 2005.