

# PROCESSO DE FABRICAÇÃO POR PULTRUSÃO E AS APLICAÇÕES NO DESIGN DE PRODUTO

PULTRUSION MANUFACTURING  
PROCESS AND ITS APPLICATIONS  
IN PRODUCT DESIGN

**Mirella Brenner Hennemann** [mirella\\_brenner@hotmail.com](mailto:mirella_brenner@hotmail.com)  
Graduanda em Design pela Universidade Feevale (Novo Hamburgo/Brasil).

**Cristiano Rossi da Silva** [crisrossi7@gmail.com](mailto:crisrossi7@gmail.com)  
Graduando em Design pela Universidade Feevale (Novo Hamburgo/Brasil).

**Eduardo Luis Schneider** [eduardoluis@feevale.br](mailto:eduardoluis@feevale.br)  
Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre/Brasil).  
Professor na Universidade Feevale (Novo Hamburgo/Brasil).

RT&T | a. 10 | n. 1 | p. 132-149 | jan./jun. 2019

Recebido em: 27 de outubro de 2017 | Aprovado em: 10 de março de 2018

Sistema de Avaliação: Double Blind Review | DOI: <https://doi.org/10.25112/rt&t.v10i1.1501>

## RESUMO

A fabricação por pultrusão é um processo industrial contínuo e automatizado que visa transformar a matéria-prima em um produto pronto para ser comercializado. É um método que permite ser explorado no projeto de produtos por trazer inúmeros benefícios em aplicações nas quais tradicionalmente se usam metais. Visando compreender e apresentar as características do processo de pultrusão, este artigo tem como objetivo realizar uma pesquisa sobre o potencial de aplicações no design de produtos. Desta forma, foi elaborada uma pesquisa em diversas fontes bibliográficas, artigos científicos e materiais disponibilizados por empresas que atuam na área, a fim de obter informações técnicas e científicas relacionadas à descrição das etapas do processo, aos tipos de resinas, à pigmentação dos materiais pultrudados, bem como suas aplicações em produtos. Além disso, são realizadas comparações com processos semelhantes abordando aspectos positivos e negativos entre eles. Como resultados, são descritos os esquemas de produção de fita de reforço e de enrolamento de fios, resinas do tipo poliéster/ isoftálica, éster-vinílica, fenólica e acrílica, bem como características típicas dos produtos obtidos, como baixo peso e resistência mecânica e à corrosão. Dentre as aplicações, destacam-se calhas, estrutura de escadas, estandes para eventos, tacos de golfe e eixos de motores. Apesar de ter um custo mais alto para fabricação, produtos feitos a partir do processo de Pultrusão possuem alta resistência química e mecânica, obtendo um resultado final bastante favorável a longo prazo se considerado seu baixo custo de instalação e os baixíssimos gastos com manutenção.

**Palavras-chave:** Processos de fabricação. Pultrusão. Design de produto. Materiais compósitos.

## ABSTRACT

Pultrusion is a continuous and automated industrial process that aims to transform the raw material into a product ready to be commercialized. It is a method that allows exploitation in product design because it brings innumerable applications which metals are traditionally used in. Aiming to understand and present the characteristics of the pultrusion process, this article has the objective of conducting a research about the potential of applications in the design of products. In this way, a research was elaborated in diverse bibliographical sources, scientific articles and materials made by companies that work in the area, in order to obtain technical and scientific information able to describe the steps of the process, the used types of resins, the pigmentation of the pultruded materials, as well as their applications in products. In addition, comparisons with similar processes are made, addressing positive and negative aspects between them. As results, the production schemes of yarn reinforcing and winding tape, polyester / isophthalic, vinyl ester, phenolic and acrylic resins are described, as well as typical characteristics of the products obtained, as low weight and mechanical strength and corrosion. Amongst applications such as gutters, stair structures, event stands, golf clubs and engine axes. Despite having a higher cost to manufacture, products made from the pultrusion process have high chemical and mechanical resistance, obtaining a very favorable final result in the long run, considering its low installation cost and its very low maintenance costs.

**Keywords:** Manufacturing process. Pultrusion. Product design. Composite materials.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de fabricação industrial é o modo como determinado trabalho de construção e/ou transformação é realizado, utilizando uma máquina. A indústria fabril tem como objetivo principal a transformação de matéria-prima em um produto acabado e pronto para ser comercializado, gerando assim, um valor agregado. Contudo, para essa transformação, é necessário dispor de quantidades elevadas de energia e, também, de um processo de fabricação específico, com estrutura e equipamentos adequados (WEISS, 2011).

O desenvolvimento e evolução dos processos industriais se intensificam a cada dia. O avanço da eletrônica fez com que muitos processos tivessem um expressivo acréscimo de produção, na qual o computador pode executar inúmeras funções desempenhadas até então pelo homem. Com o surgimento de computadores com processadores mais rápidos, muitas tarefas mais complexas puderam ser automatizadas. A indústria de fabricação, que está em constante evolução, emprega as novas tecnologias com o objetivo de produzir mais em menos tempo, tornando a automação extremamente essencial para que isso aconteça (WEISS, 2011).

Assim, este artigo tem como objetivo apresentar e analisar um método de fabricação contínuo e automatizado pouco comum no mercado, a pultrusão. Para isso, foi elaborada uma pesquisa em diversas fontes bibliográficas, artigos científicos e materiais disponibilizados por empresas que atuam na área, a fim de obter informações técnicas e científicas relacionadas à descrição das etapas do processo, os tipos de resinas, a pigmentação dos materiais pultrudados, bem como suas aplicações em produtos. Além disso, são realizadas comparações com processos semelhantes abordando aspectos positivos e negativos entre eles.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 COMPÓSITOS

Material compósito, ou simplesmente compósito, é um tipo de material composto de dois ou mais materiais reunidos com o objetivo de associar e agregar as melhores propriedades de ambos. Compósitos são constituídos de duas partes: uma matriz, que pode ser um polímero, uma cerâmica ou outro material que sirva como meio agregante, e um outro material chamado reforço, que atua agregado à matriz e que fornece normalmente boa parte das propriedades especiais do compósito. Dentre os materiais que podem atuar como reforço tem-se fibras de vidro, carbono, polímeros e metais (KERSTING, 2004).

Atualmente, o uso de diferentes combinações, como metal-polímero, metal-cerâmica, cerâmica-cerâmica, é bastante comum. Um exemplo de compósito que segue uma destas combinações é o

concreto-armado, muito utilizado na construção civil. Neste caso, a armação metálica atua como material reforçante, proporcionando uma maior resistência à matriz, que neste caso é composta de concreto. Cabe ressaltar que o próprio concreto também é um compósito, com a associação de cimento, areia e brita (KERSTING, 2004). Os vergalhões utilizados no concreto-armado, em que geralmente se utiliza metal para sua fabricação, como componentes estruturais, também podem ser substituídos por compósitos produzidos pelo processo de pultrusão.

## 2.2 RESINAS TERMOFIXAS OU TERMORRÍGIDAS

As resinas termofixas ou termorrígidas são materiais compostos de macromoléculas altamente ligadas umas às outras de forma a resultar em um polímero infusível e insolúvel a solventes comuns. Esta classe de polímeros, após passar por uma reação de cura, forma uma estrutura semelhante a uma rede tridimensional que não pode ser desfeita por uma simples adição de calor. Dessa forma, os polímeros termorrígidos, ao serem submetidos ao primeiro ciclo de amolecimento por aquecimento, moldagem e endurecimento por resfriamento, não podem ser novamente amolecidos e moldados (KERSTING, 2014).

## 2.3 APLICAÇÕES

Os compósitos reforçados com fibras naturais são cada vez mais úteis, especialmente em aplicações de alto desempenho, como aplicações estruturais, de construção, automotivas e de peso leve. As fibras naturais são, em geral, adequadas para reforçar os plásticos (termofixos e termoplásticos) devido à sua resistência, rigidez e baixa densidade relativamente altas. Além disso, o uso da fibra natural em plásticos reforçados com fibras reduzirão significativamente o custo e os tornarão ainda mais competitivos. (OMAR, 2010).

Na engenharia civil, os materiais tradicionais como madeira, aço e concreto não possuem resistência à corrosão. Em busca de uma alternativa para sanar esse problema, novas tecnologias vêm sendo testadas utilizando FRP (*Fiber Reinforced Polymers*) ou polímeros reforçados com fibras, em uma tradução livre (AWAD *et al.*, 2011).

Awad *et al.* (2011) realizaram um estudo comparativo entre diversos métodos de otimização de FRP a fim de validar a confiabilidade ao aplicá-los no contexto da engenharia civil, já que o aço é um material homogêneo, com rigidez constante em todas as direções, e os compósitos FRP são materiais com diferente rigidez para cada direção. A aplicação de métodos de otimização permite que o FRP possua maior rigidez, aumentando assim a sua resistência e permitindo uma melhor aplicabilidade na construção civil.

Pultrusão é um processo contínuo para a fabricação de compósitos de FRP de comprimento contínuo e seção transversal constante, como varas, tubos e vigas. Este processo automatizado proporciona boa uniformidade em toda a espessura do perfil e pode levar ao mais alto nível de eficiência dos materiais. Os reforços compósitos de polímero reforçado com fibra de vidro (GFRP), como material de reforço de elementos de concreto, tornaram-se uma alternativa promissora para o vergalhão de aço, muito utilizado na construção civil. Isso ocorre porque o GFRP possui propriedades não corrosivas, não condutoras e não magnéticas (SAWPAN, 2012).

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O processo de pultrusão é um método de fabricação contínuo e automatizado para produtos de seção uniforme, em materiais compósitos, resinas poliéster ou viniléster, reforçados com fibra de vidro, aramida ou fibra de carbono. A fibra de vidro é o reforço mais comum, sendo os formatos mais usados o fio, a manta e o tecido. Para melhor entendimento do processo, pode ser feita uma comparação com a extrusão dos materiais termoplásticos. Enquanto no processo de extrusão os materiais são aquecidos e “empurrados” através de um molde e o perfil é resfriado até a sua forma sólida final, na pultrusão os materiais são “puxados” através do molde e seu resfriamento ocorre neste mesmo processo (ALPINA EQUIPAMENTOS, 2016).

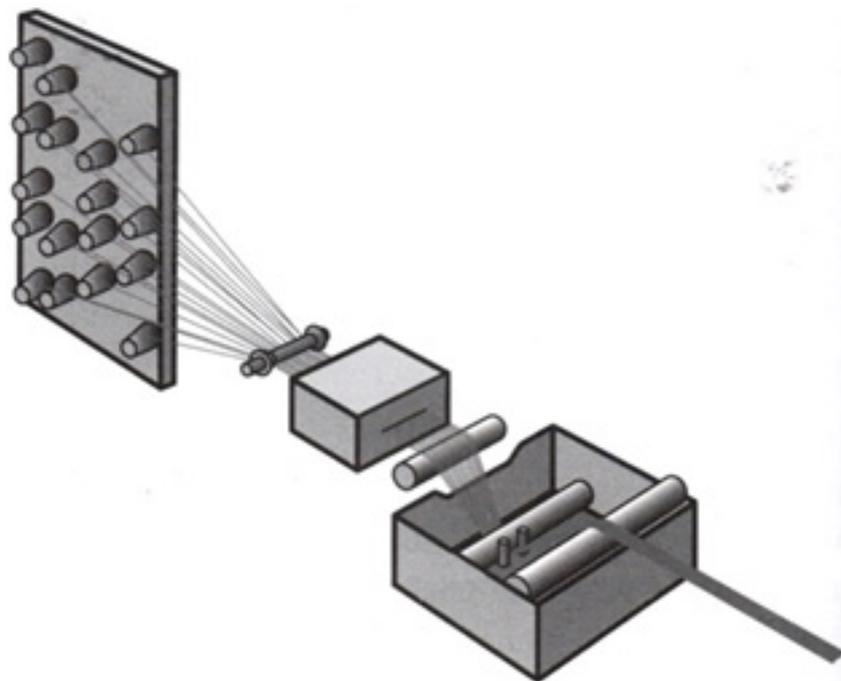
A partir da pesquisa realizada, foi possível identificar algumas empresas atuantes no mercado nacional que fornecem produtos fabricados através deste processo. A Alpina Equipamentos, localizada em São Bernardo do Campo – SP, trabalha especificamente com o fornecimento de torres de resfriamento e utiliza do processo de pultrusão para fabricação de peças e componentes para montagem e recapitação destas torres. Outro exemplo existente no mercado nacional é a empresa Stratus, localizada em São José dos Campos – SP, homologada tecnicamente para atendimento da Petrobras e que trabalha com a produção de perfis reforçados com fibra de vidro, fibra de carbono e aramida para estruturação de plataformas petrolíferas.

#### **3.1 DETALHAMENTO DO PROCESSO**

O processo se inicia com fibras de reforço sendo puxadas através de uma série de guias. Estas prosseguem para um área de impregnação, que pode ser por banho ou injeção de resina formulada. As fibras impregnadas são pré-moldadas de acordo com a forma do perfil a ser produzido. O material compósito atravessa uma área aquecida do molde de aço, precisamente moldada na forma final da

peça pretendida. O calor inicia uma reação exotérmica de polimerização na resina utilizada (ALPINA EQUIPAMENTOS, 2016).

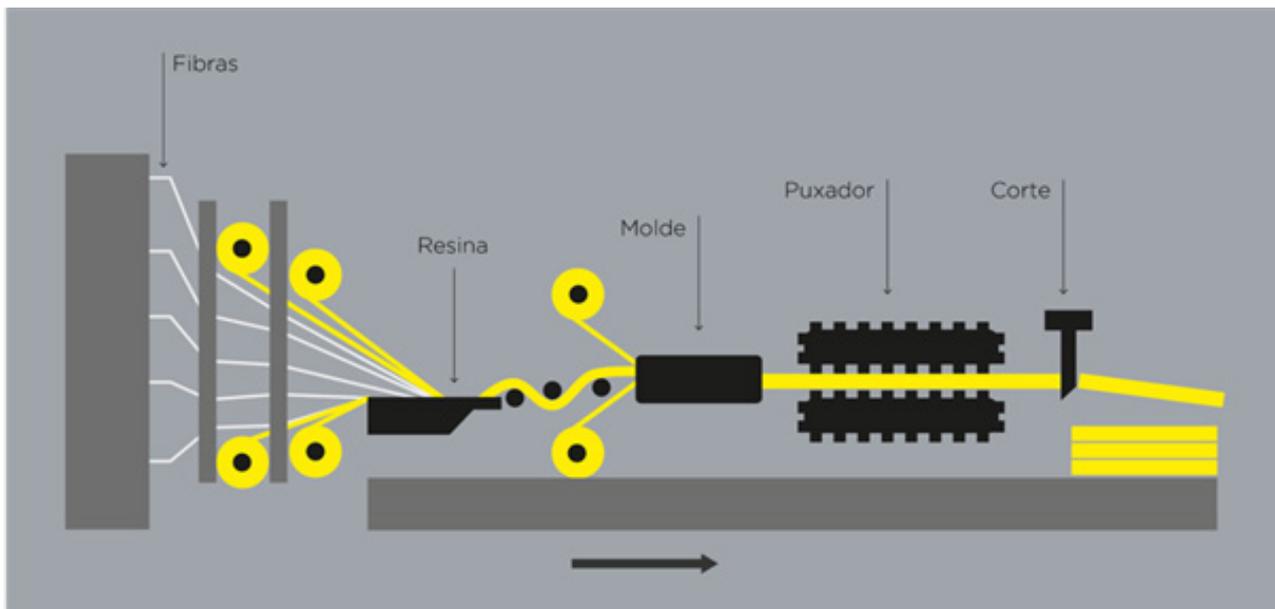
**Figura 1 – Esquema de pultrusão de fita de reforço**



**Fonte: Design Industrial - Guia de Materiais e Fabricação (2012, p. 244)**

Em seguida, o perfil é puxado até sair do molde, rígido e quente. O resfriamento ocorre enquanto a peça é continuamente puxada pelo mesmo mecanismo que a segura, sendo na maior parte das vezes em temperatura ambiente. Em alguns casos é utilizada a imersão em água ou até a injeção de ar sobre o perfil na saída da matriz. A partir deste momento, o perfil emergente do puxador está pronto para ser cortado por uma serra automática no comprimento desejado (ALPINA EQUIPAMENTOS, 2016; KERSTING, 2004). Na Figura 2 é representado o funcionamento de uma máquina de pultrusão.

**Figura 2 – Processo de pultrusão**



Fonte: <http://www.stratusfrp.com/> (2016)

Para o funcionamento da pultrusora, alguns detalhes devem ser observados, conforme descrito a seguir (KERSTING, 2004):

- a. Introdução do material - A introdução do material é o início do processo de pultrusão. Os rolos de fibras são os componentes da primeira parte do processo. Juntamente com estes carretéis de fibras têm-se rolos de mantas de fibra. As mantas consistem de fibras traçadas entre si e são utilizadas com a finalidade de oferecer uma melhor resistência ao perfil. Os perfis pultrudados possuem uma excelente resistência à tração no sentido longitudinal (sentido das fibras) e com a utilização das mantas obtém-se uma boa resistência no sentido transversal (sentido perpendicular às fibras). Normalmente, as fibras e mantas mais utilizadas são feitas de vidro, podendo ser usadas também mantas a base de poliéster. Como os materiais são puxados em direção à área de impregnação, é possível o emaranhamento dos fios, formação de nós e até o desfiamento das fibras. Visando evitar estes problemas, faz-se o uso de tubos vinílicos e cartões, que possuem uma superfície lisa e uma geometria adequada à orientação das fibras;

- b. Impregnação com resina / Pré-conformação da peça - A impregnação da mistura de resina nas fibras é uma das etapas mais importantes de todo o processo de pultrusão. A passagem das fibras dentro da banheira onde está a resina é o método mais comumente utilizado. A pré-conformação é geralmente realizada após a impregnação, retirando o excesso de resina e obrigando as resinas a se moverem em direção ao formato final dado pela matriz. O uso apropriado das aberturas, com espaçamentos bem proporcionados, propicia um alívio de tensão nas fibras molhadas e enfraquecidas, evitando uma elevada força hidrostática na entrada da matriz. Os materiais mais comuns na confecção de pré-formas são Teflon, polietileno de ultra-alto peso molecular (UHMWPE) e aço inoxidável. Processos mais modernos já fazem uso de injeção de resina diretamente na cavidade do molde, dispensando a etapa de impregnação com um banho externo de resina.
- c. Aquecimento da matriz - O aquecimento da matriz provavelmente é o parâmetro de controle mais crítico do processo. É ele que regula a taxa de reação, posição da reação e o ponto de liberação máximo de calor na matriz (temperatura máxima de reação ou pico exotérmico). A aparência dos perfis normalmente pode não corresponder à qualidade exibida pelo perfil, ocorrendo perfis com um bom acabamento externo, mas com pobres propriedades mecânicas e físicas devido a um procedimento de cura inadequado. Excesso de calor pode resultar em produtos de qualidade deficiente, apresentando trincas ou fissuras, que também reduzem bastante as propriedades mecânicas, elétricas, assim como a resistência à corrosão em materiais compósitos.
- d. Força de agarramento - A separação física de cerca de três metros entre a saída da matriz e o dispositivo de puxamento permite que as reações de cura iniciadas no interior da matriz terminem, fazendo com que o perfil possa ser puxado e não sofra danos externos. O mecanismo de puxamento pode ser feito de diferentes maneiras, sendo duas as principais: agarramento intermitente e agarramento contínuo.
- e. Estação de corte - A estação de corte é a última parte do processo de pultrusão. Todo produto produzido é cortado em um comprimento adequado, sendo os cortes feitos por serras especiais. As serras geralmente são preparadas com grânulos de carbeto metálico ou diamante, possuindo alta dureza e permitindo corte tanto a seco quanto molhado.

### 3.2 TIPOS DE RESINA

A decisão correta na escolha do padrão de resina é um dos fatores críticos para determinação da longevidade e qualidade dos materiais compósitos (STRATUS, 2016). Ela é selecionada para obtenção de propriedades específicas e pré-determinadas, tais como resistência química e corrosão, isolamento elétrico, resistência ao fogo e ao intemperismo (ALPINA EQUIPAMENTOS, 2016).

A lista abaixo contém algumas das resinas e suas principais indicações de uso (STRATUS, 2016):

- a. a) Poliéster/Isoftálica - Indicada para ambientes menos agressivos; aditivada com componentes para proteção a raios UV, tem excelentes propriedades de isolamento térmico e elétrico, anti-chama (auto-extinguível), baixo peso e excelente resistência ao intemperismo.
- b. b) Éster-vinílica - Alta resistência à corrosão, principalmente em ambientes mais agressivos; aditivada com componentes para proteção aos raios UV, excelentes propriedades de isolamento térmico e elétrico, anti-chama (auto-extinguível), baixo peso e excelente resistência a produtos químicos em geral.
- c. c) Fenólica - Indicada para rotas de fuga, ambientes confinados e situações de elevada temperatura. Possui baixa emissão de fumaça e de gases tóxicos, além das características de baixo peso, isolamento térmico e elétrico.
- d. d) Acrílica - Indicada para ambientes agressivos e confinados, devido a sua baixa emissão de gases tóxicos e fumaça.

Exceto para o padrão de resina fenólica, todos os materiais pultrudados e injetados em fibra e resina são pigmentados durante o próprio processo de produção, portanto não necessitam de pintura superficial. Podem ser produzidos com uma ampla gama de cores, tais como: cinza, amarelo, azul, verde, vermelho, laranja, dentre outras. Para a resina do tipo fenólica, a cor padrão dos materiais pultrudados é o marrom, portanto, para obter outras tonalidades de cores, é necessária a pintura do material após a finalização do processo (STRATUS, 2016).

A partir do levantamento feito em visita técnica à empresa Isocompósitos, localizada em Três Cachoeiras – RS, foi possível coletar informações sobre os tipos de resinas mais utilizadas, detectando assim que a poliéster/isoftálica abrange 99% do mercado nacional.

#### **4 Resultados e análise**

Em anos recentes, os fabricantes de plásticos têm feito experiências em muitas aplicações nas quais tradicionalmente se usam metais, e a pultrusão é um exemplo típico dos benefícios que esta experimentação pode trazer. Plásticos pultrudados apresentam uma faixa grande de propriedades físicas que podem ser benéficas em aplicações tanto de engenharia, quanto de design, pois oferecem a tenacidade dos metais com as vantagens do baixo peso e resistência à corrosão. Seções pultrudadas são incrivelmente densas, duras e rígidas (LEFTERI, 2010).

Ainda, entre as vantagens características dos materiais compósitos, destacam-se (ALPINA EQUIPAMENTOS, 2016):

- a. Resistência química - Apresentam grande resistência a ambientes corrosivos. Resistem a ácidos, sais, metais e não são afetados pela corrosão eletroquímica.
- b. Resistência mecânica - A relação peso/resistência dos perfis pultrudados é muito alta. Suas propriedades mecânicas são pré-determinadas em função dos tipos de resinas e reforços utilizados. Os reforços podem ser posicionados exatamente de acordo com a necessidade de resistência.
- c. Custo final - Apesar de poder possuir um custo mais elevado em relação ao aço, o resultado final é bastante favorável aos perfis pultrudados quando se considera o seu baixo custo de instalação, a sua longa vida útil e os baixíssimos gastos com manutenção. Ainda existem outras vantagens específicas do processo de pultrusão, que são: uniformidade nas características do produto, com estabilidade dimensional; comprimentos limitados unicamente pelo manuseio e transporte; excelente acabamento, com todos os lados lisos e cor uniforme; capacidade de produção de perfis de grande complexidade.

Abaixo, segue uma tabela com exemplos de propriedades mecânicas em perfis pultrudados reforçados com manta de fibra de vidro:

**Quadro 1 – Propriedades mecânicas em perfis pultrudados reforçados com manta de fibras de vidro**

<b>Característica</b>	<b>Valores típicos com resina poliéster/isoftálica</b>
Teor de vidro - %	53,1
<b>Resistência à tração - MPa</b>	
comprimento	291
secção transversal	70
<b>Módulo de elasticidade na tração - MPa</b>	
comprimento	18354
secção transversal	7245
<b>Resistência à flexão - MPa</b>	
comprimento	446
secção transversal	148
<b>Módulo de elasticidade na flexão - MPa</b>	
comprimento	14421
secção transversal	8556
Resistência à compressão - MPa	181
Impacto Izod, com entalhe – J/m	218

**Fonte: Coopmaco (2014, p. 05)**

De acordo com as informações levantadas para o presente estudo, pôde-se obter bastante compreensão do processo de fabricação abordado e, assim, desenvolver, ainda com o auxílio e dados dos referenciais listados, comparações com processos semelhantes abordando aspectos positivos e negativos entre eles. Abaixo, segue uma tabela com a representação desses comparativos:

**Quadro 2 – Tabela comparativa de processos**

<b>Extrusão</b>	<b>Pultrusão</b>	<b>Pulshaping</b>
<b>Pontos positivos</b>		
A melhor maneira de fazer tiras longas com o mesmo perfil	Oferece uma redução de peso de 75% a 80% em relação ao aço e 30% em relação ao alumínio	Compartilhamento de muitas das vantagens listadas para a Pultrusão
Pode ser usado para uma diversidade de materiais	Maior estabilidade dimensional em relação às contrapartes metálicas	A vantagem adicional é que a geometria pode ser modificada em locais selecionados ao longo do comprimento contínuo de um componente
Extenso parque manufatureiro	Podem ser coloridas sem o problema de descascamento, uma vez que a cor é adicionada ao próprio polímero	
	Decorações superficiais podem ser aplicadas para imitar granulado e outras texturas	
	Não conduz eletricidade e não é corrosivo	
<b>Pontos negativos</b>		
As peças muitas vezes precisam ser cortadas no comprimento correto, montadas ou furadas após o processo	O projeto fica restrito a peças com secção transversal constante	Embora a geometria possa ser alterada ao longo do comprimento do componente, isto está restrito a um padrão repetido. Uma forma curvada contínua ou um filamento contínuo não pode ser executado com este método

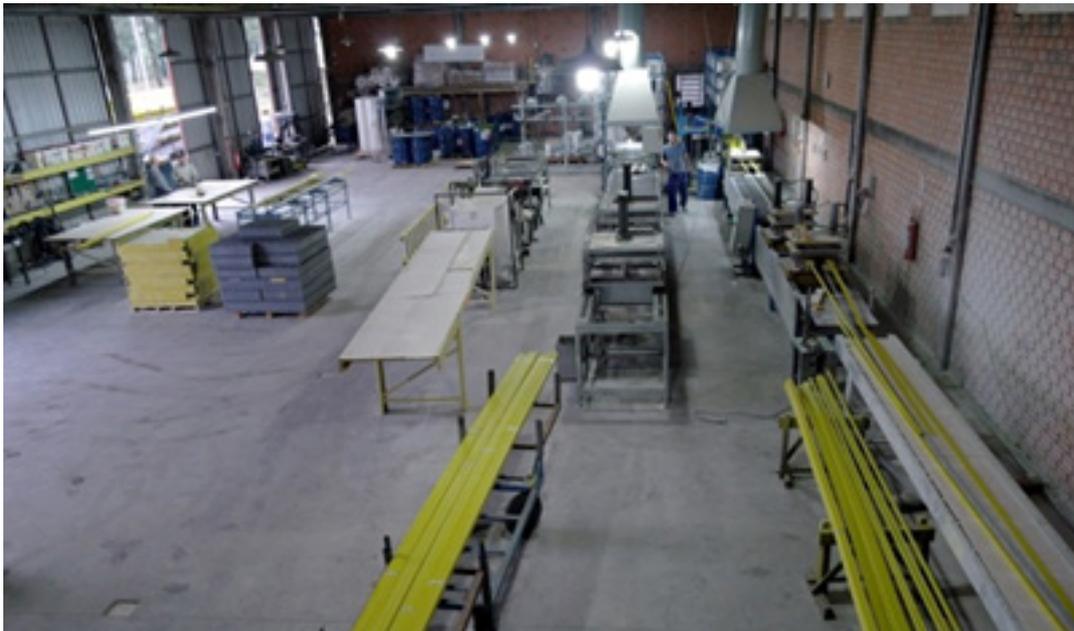
**Fonte: Dados obtidos do livro *Como se Faz – 82 Técnicas de Fabricação para Design de Produtos* (2010)**

#### 4.1 VISITA TÉCNICA

A partir dos estudos desenvolvidos para este artigo, sentiu-se a necessidade de efetuar uma visita técnica a uma empresa da área para melhor acompanhamento e compreensão do processo de pultrusão, bem como a coleta de dados referentes ao mercado nacional. Para isso, foi selecionada a Isocompósitos,

localizada na cidade de Três Cachoeiras, sendo a única empresa do estado do Rio Grande do Sul que produz e fornece perfis pultrudados.

**Figura 3 – Interior da empresa Isocompósitos**



**Fonte: Do autor (2017)**

Segundo a empresa Isocompósitos, dependendo da solicitação projetual, um perfil pultrudado pode possuir desvantagens em relação a sua espessura. A partir dos recursos tecnológicos disponíveis no Brasil, é possível atingir uma medida mínima que varia entre 1,8 mm e 2 mm, podendo ficar muito flexível e comprometendo seu material para deformação plástica. Dependendo dos casos, é possível enrijecê-lo com uma manta.

**Figura 4 – Perfis pultrudados**



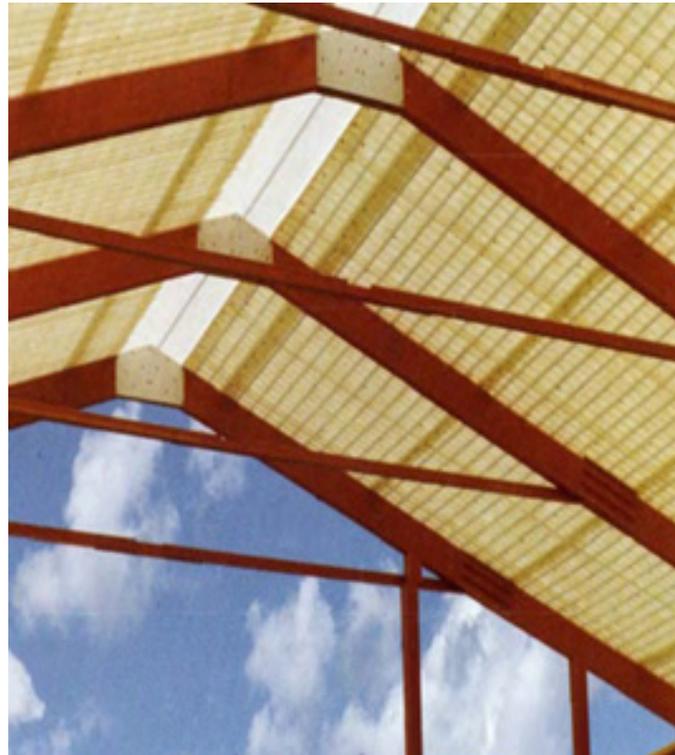
**Fonte: Do autor (2017)**

Ainda, segundo a empresa Isocompósitos, no Brasil o processo de pultrusão é novo e pouquíssimo utilizado na construção civil, as maiores demandas estão voltadas para as indústrias químicas e petrolíferas.

#### 4.2 APLICAÇÕES DE PRODUTOS PULTRUDADOS

As aplicações para pultrudados são diversas, visto que em maior escala encontram-se componentes estruturais permanentes e temporários para plantas industriais, mobiliário resistente a vandalismo para uso interno e externo, além de estandes para feiras e eventos. Já as aplicações de menor escala incluem escadas isoladas eletricamente, varetas ski, cabos de raquete, varas de pescar e quadros de bicicleta. De forma surpreendente, plásticos pultrudados também possuem ressonância semelhante a certas madeiras, levando o uso deles na substituição da madeira em estruturas de xilofones (LEFTERI, 2010).

**Figura 5 – Perfil de estrutura larga usado na construção industrial**



**Fonte: Pultrusion Profiles and Applications (2012, p. 06)**

Os produtos pultrudados possuem ampla diversidade de aplicações. Em cada setor envolvido, podem ser desenvolvidas oportunidades de implementação de produção e comercialização. Abaixo, alguns destes setores (KERSTING, 2004):

- a. Agricultura - Cercados, estruturas para parreirais, canais de irrigação.
- b. Aeroespacial - Satélite, estruturas de veículo de lançamento, elementos estruturais para aviões e angares.
- c. Automotivo e transporte - Componentes para vagões de trem e ônibus, componentes estruturais e peças de precisão.
- d. Construção e estruturas civis - Marcos para janelas, portas, armações de porta, painéis, viadutos, passagens de nível e pontes levadiças.

- e. Bens de consumo - Componentes de ferramentas e mobiliários.
- f. Eletro-eletrônico - Escadas portáteis, suportes para circuitos eletrônicos, isoladores, revestimentos de cabos elétricos e óticos, pólos de distribuição e estruturas de subestações, torres de microondas e antenas de transmissão.
- g. Industrial - Suporte estrutural, tubulações e lâminas.
- h. Marinha - Suportes para tanques, grades, dutos, plataformas, casco, superestruturas de embarcações e coberturas.
- i. Esportes - Varas de pescar, cabos de golfe, bastões para hóquei e pólo, postes e varetas para barracas.
- j.

**Figura 6 – Escada produzida com perfis pultrudados**

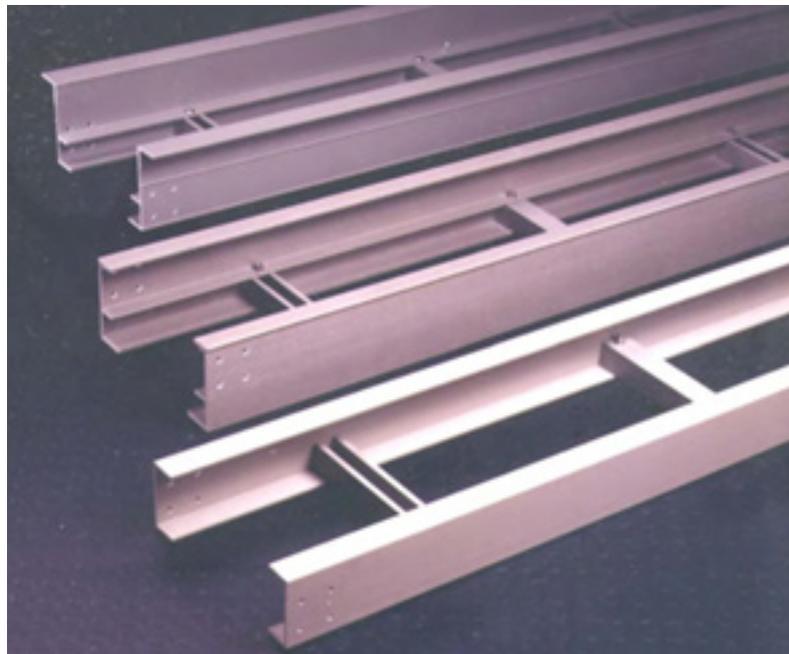


**Fonte: Do autor (2017)**

A cada ano, o número de produtos fabricados em materiais compósitos, poliuretano e plásticos de engenharia cresce significativamente para o setor de engenharia civil, devido a suas diversas características (PULTRUSÃO DO BRASIL, 2016). Visto que pode ser bastante flexível quanto a suas formas, o processo de

pultrusão pode facilitar no desenvolvimento de produtos voltados à área do design, como por exemplo, no design de interiores, onde está em alta o estilo “industrial” para decoração de ambientes. Além disso, o processo traz redução do desperdício de material, sendo um fator bastante favorável e buscado como princípio de fabricação na área do design.

**Figura 7 – Calhas utilizadas para transportar cabos entre estruturas de parede e teto**



**Fonte: Pultrusion Profiles and Applications (2012, p. 16)**

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Atualmente, é visto que a pultrusão pode trazer inúmeros benefícios ao substituir aplicações nas quais tradicionalmente se usam metais. Plásticos pultrudados possuem uma variedade de propriedades físicas que podem ser benéficas em aplicações, tanto de engenharia, quanto de design, pois oferecem a tenacidade dos metais com as vantagens do baixo peso e resistência à corrosão.

Apesar de ter um custo mais alto para fabricação, produtos feitos a partir do processo de pultrusão possuem, além da alta resistência química, a mecânica, obtendo um resultado final bastante favorável a longo prazo, considerando seu baixo custo de instalação e os baixíssimos gastos com manutenção.

## REFERÊNCIAS

ALPINA EQUIPAMENTOS. **O que é pultrusão**. São Bernardo do Campo. Disponível em: <<http://www.alpinaequipamentos.com.br/artigos/5/o-que-e-pultrusao>>. Acesso em: 13 out. 2016.

AWAD, Z. K.; ARAVINTHAN, T.; ZHUGE, Y.; GONZALEZ, F. A review of optimization techniques used in the design of fibre composite structures for civil engineering applications. **Materials and Design**, v. 33, p. 534-544, jan. 2012.

KERSTING, D. F. **Avaliação de Resinas Epóxi para Fabricação de Materiais Compósitos pelo Processo de Pultrusão**. 2004. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2004.

KERSTING, D. F. **Cura de Compósitos de Sistemas Epóxi via Irradiação de Micro-ondas**. 2014. 178 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Materiais) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 2014.

LEFTERI, C. **Como se Faz** – 82 Técnicas de Fabricação para Design de Produtos. São Paulo: Editora Blucher, 2010. 240 p.

LESKO, J. **Design Industrial** – Guia de Materiais e Fabricação. São Paulo: Editora Blucher, 2010. 260 p.

OMAR, M. F. et al. Dynamic properties of pultruded natural fibre reinforced composites using Split Hopkinson Pressure Bar technique. **Materials and Design**, v. 31, p. 4209-4218, out. 2010.

PULTRUSÃO DO BRASIL. **Feicon Batimat 2015**. Passo de Torres. Disponível em: <[http://www.pultrusao.com.br/?pg=ntc\\_ind&id=28](http://www.pultrusao.com.br/?pg=ntc_ind&id=28)>. Acesso em: 13 out. 2016.

SAWPAN, M. A.; MAMUN, A. A.; HOLDSWORTH, P. G.; RENSHAW, P. Quasi-static and dynamics mechanical elastic moduli of alkaline aged pultruded fibre reinforced polymer composite rebar. **Materials and Design**, v. 46, p. 277-284, abr. 2013.

STRATUS. **Nossos Processos**. São José dos Campos. Disponível em: <[http://www.stratusfrp.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13&Itemid=25](http://www.stratusfrp.com/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=25)>. Acesso em: 13 out. 2016.

WEISS, A. **Processos de Fabricação Mecânica**. São Paulo: Editora LT, 2011. 264 p.