

# **ALGUNS ITENS SOBRE A TEORIA DO CORTE APLICADOS NA USINAGEM DE ACRÍLICOS QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE E FACILIDADE DO PROCESSO.**

Samuel Santos Gonçalves<sup>1</sup>  
Ruan Bergson Cordeiro Mesquita<sup>2</sup>  
Eng. Leon Denis R. dos Santos<sup>3</sup>

## **RESUMO**

Os poliméricos são materiais produzidos por diversos processos de transformação e cada dia tem maior utilização e vêm substituindo outros materiais como os metais na fabricação de produtos. Com os polímeros é possível a produção em pequena quantidade de produtos com formas complexas. Os materiais plásticos são uma solução adequada para aplicações na engenharia, devido a propriedades como resistência química, ao impacto, estabilidade dimensional, etc. Outras características como o menor custo, resistência em ambientes corrosivos e a baixa densidade, são justificativas para o maior uso dos polímeros em situações industriais, automotivas e demais. O acrílico é um tipo de plástico de uso diverso e a usinagem dele é o objetivo da presente abordagem partir da observação da formação e comportamento do cavaco em uma fresadora CNC. A geração de conhecimento sobre a usinagem de acrílicos possibilitará a fabricação eficiente, com um bom acabamento, evitando a degradação do material durante a usinagem, e a ruptura das ferramentas.

**Palavras chaves:** Usinagem, polímeros, acrílicos

---

<sup>1</sup> Graduando em engenharia mecânica, Samuel Santos Gonçalves, Uninorte Laurete; Email: samuelsantosvasco@gmail.com

<sup>2</sup> Graduando em engenharia mecânica, Ruan Bergson C. Mesquita, Uninorte Laurete; Email: ruan.mesquita01@gmail.com

<sup>3</sup> Docente em engenharia mecânica, Leon Denis R. dos Santos, Uninorte Laurete; Email: leonrsantos@bol.com.br

## **ABSTRACT**

Polymeric materials are produced by various processes of transformation and each day has more use and have been replacing other materials such as metals in the manufacture of products. With the polymers it is possible to produce small quantities of products with complex shapes. Plastics are a suitable solution for engineering applications due to properties such as chemical resistance, impact, dimensional stability, etc. Other characteristics such as lower cost, resistance in corrosive environments and low density, are justifications for the greater use of polymers in industrial, automotive and other situations. Acrylic and a type of plastic of diverse use and the machining of it and the objective of the present approach from the observation of the formation and behavior of the chip in a CNC milling machine. The generation of knowledge about the machining of acrylics will enable the efficient manufacture, with a good finish, avoiding the degradation of the material during the machining, and the rupture of the tools.

Keywords: Machining, polymers, acrylics.

## 1 - INTRODUÇÃO

A princípio do século XX os plásticos foram desenvolvidos, baseados em acetato de celulose e caseína, entre 1907 e 1910, comercializou-se a “bakelite”. A falta de matérias-primas em 1917, fez com que os pesquisadores alemães desenvolvessem uma borracha sintética a partir do dimetil butadieno, como ponto de partida para a importantíssima indústria da borracha artificial sintética.

Na atualidade, todo setor da indústria e o mercado, faz uso de algum tipo de plásticos de engenharia. Peças de poliamida (PA) no setor automotivo, polibutileno tereftalato (PBT), o policarbonato (PC), polietileno de alta densidade (PEAD), acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), acrilonitrila estireno acrilato (ASA), polieterftalato de etila (PET), e o acrílico (PMMA), são apenas alguns produtos que fazem amplo uso de plásticos de engenharia.

Resultados da polimerização dos ésteres são obtidos os termoplásticos acrílicos, em forma de chapas fundidas ou “cast”, chapas extrusadas, tubos, tarugos, filmes e grânulos para moldagem por injeção ou extrusão. As chapas acrílicas fundidas têm propriedades do comportamento estáveis, resistentes às condições do tempo e termo formáveis.

A geração desconhecimento e divulgação sobre a usinagem de acrílicos possibilitará a fabricação eficiente, com qualidade, otimizando os parâmetros de corte do material durante a usinagem, sendo este a abordagem do presente artigo.

As teorias e características da usinagem de materiais metálicos são de conhecimento amplo e a literatura é muito diversa, porém existem poucos dados sobre a usinagem de materiais poliméricos. De forma geral, os polímeros são usinados como resultado de processos de forma empírica, isso interfere na qualidade e produtividade de forma negativa e nos custos que podem ser maior por não utilizar os parâmetros ou conceitos certos. A geração desconhecimento sobre a usinagem de acrílicos possibilitará a fabricação eficiente, comum bom acabamento, evitando a degradação do material durante a usinagem, sendo este a abordagem do presente artigo.

Na indústria automotiva nos últimos anos a tendência é percebida, por exemplo, a substituição de partes metálicas por plásticas como os para-choques, partes do motor e agregados como buchas, guias, cremalheiras, polias e outras que

não exigem de propriedades de comportamento mecânico de resistência. O Acrílico, desenvolvido em 1928, é considerado uma forma de polímero do tipo polimetil ou metacrilato, tipo termoplástico e rígido, incolor e transparente; pode ser considerado segundo a literatura como uma fibra sintética com maior qualidade do mercado, pela facilidade de permitir dar formas, e pelas as propriedades de leveza e alta resistência. Segundo sua composição química, é definido como um polímero sintético do tipo poli (metil-2-metilpropenoato) e um monômero (éster metil propenoato de metila). O Acrílico surgiu no mercado em 1933 através da empresa americana Rohm and Haas (GmbH&Co. KG).

As chapas de acrílicos extrusadas são produzidas através de uma rosca de extrusão convencional que provoca a compressão dos grânulos acrílicos, sendo o acrílico fundido e empurrado através de uma matriz em um processo contínuo, sendo a extrusão a opção mais econômica é a alternativa de menor custo dentre as outras opções para a produção de chapas acrílicas.

O fato de serem recicláveis é viável em termos econômicos contribui para a popularização do material, além de ser um polímero do tipo termo plástico, diferencia dos termo fixos, que só têm reciclagem possível por meios químicos a um custo altíssimo, ou seja, não é economicamente viável.

## **2. PRINCIPAIS PROPRIEDADES**

1. Sua densidade varia entre 1150 e 1190 kg/m<sup>3</sup>, é a metade menos denso em comparação com o vidro.
2. Tem menor proteção ao risco que o vidro, e é mais macio.
3. Sua resistência ao impacto é maior que o vidro e não se estilhaça.
4. O acrílico, não filtra a luz ultravioleta a diferencia do vidro.
5. Produzem-se fórmulas especiais de acrílicos coloridos para permitir a transmissão de onda com comprimentos específicos.
6. O acrílico tem maior durabilidade que outros produtos similares quando expostos ao sol, chuva, etc.
7. Pela sua transparência maior do que vidro pode substituir ao vidro em aplicações considerando-se o preço mais acessível

8. Sob a ação do calor podem, mudar de forma, com diferentes meios mecânicos.

### **3. PRINCIPAIS APLICAÇÕES**

1. Janelas de aviões
2. Peças automotivas e industriais
3. Na decoração;
4. Em bijuterias;
5. Uso doméstico;
6. É usado em cenários;
7. Comunicação visual;
8. Usos hospitalares;
9. Em luminárias;
10. Etc.

### **4. USINAGEM DE ACRÍLICOS**

“Os resultados das pesquisas e a experiência adquirida com a usinagem dos metais, não poderão ser aplicados diretamente para a usinagem dos materiais plásticos e os polímeros, porque apresentam características diferentes”. (MICHAELI – 2014)

O material de acrílico é fácil de usinar, pelas suas propriedades uniformes e pela ausência de orientação molecular e podem ser usinado em equipamento convencional, que são utilizados para materiais como a madeira ou metais, ou com ferramentas manuais. A usinagem de materiais plásticos, a maior dificuldade está relacionada como controle da formação e evacuação dos cavacos e as principais ferramentas de corte disponíveis são apenas para a usinagem convencional dos materiais metálicos. Dado o fato que os polímeros são menos resistentes que os materiais metálicos, o comportamento deles a aplicação de cargas pontuais e as forças de corte, este material não segue a mesma regra de formação de cavaco.

As chapas acrílicas são fáceis de usinar, o processo de facilita graças à ausência de orientação molecular e às suas propriedades uniformes. A maioria das peças produzidas de acrílicos pode ser usinada com a utilização de equipamento convencional para madeira ou metais, além das ferramentas manuais. Usam-se

ferramentas bem afiadas semelhantes às que se usam para o alumínio ou latão, para conseguir maior produção, se usam serras do tipo circular com dentes de carbeto de tungstênio. Ao usinar este material, o cavaco apresenta-se em forma de lascas, muito semelhante com o cavaco do processo de cisalhamento. Esta característica é interessante, pois o cavaco que sai da área de corte não fica preso a ferramenta. No processo, as chapas devem ser firmemente apoiadas nos dispositivos de posicionamento para evitar vibrações e trepidações com dispositivos comuns de fixação como grampos.

É essencial o resfriamento com água, óleo solúvel ou parafina, para o trabalho de baixa velocidade. Na face de corte, o acrílico apresenta vantagens e facilidades. Pode ser cortados por risco e quebra, utilizando serras, utilizando corte com pressão de água e processo de corte a laser. Para chapas finas (até 2 mm de espessura), a riscagem é a melhor solução e é executada com um riscador (ponta seca afiada, de aço), para depois, só quebrar o material ao longo da linha traçada idem ao vidro. O método não é aconselhável para o corte de chapas consideradas grossas ou para cortes considerados segundo o comprimento extensos.

Os principais equipamentos e ferramentas utilizados para trabalhos com acrílicos e chapas de acrílico são:

1. Máquinas Fresadoras;
2. Torno;
3. Máquinas furadeiras de bancada e furadeiras manual;
4. Serras circulares e serras de fita (para cortes curvos);
5. Lixadeira;
6. Máquina de Gravação e Corte a Laser;
7. Máquina Politriz;
8. Pantógrafo;
9. Fresadoras CNC e“Router”;
10. Dobradeira.

Para o processo de cortar, podem-se usar ferramentas semelhantes às de latão ou alumínio, para aumentar a velocidade do processo de corte, poderão se utilizar serra circular de carboneto de tungstênio.

As brocas helicoidais padrões podem ser usadas para a furação do acrílico, mais, o uso de ferramentas com a espiral espaçada, sulcos largos e polidos darão um melhor resultado e rendimento.

Durante os processos de usinagem, deve-se reduzir o calor produzido, principalmente com cortes grosseiros, objetivando-se obter um produto de qualidade e livre de tensões e diminuir a tendência de ocorrer fissuras posteriores. É aconselhável, que os cavacos possam ser removidos freqüentemente, impedindo-os de aderirem à superfície da peça. Nos processos de furação, a velocidade da broca estará em relação com o diâmetro, a operação e o acabamento e precisão requeridos e das condições sob as quais o material será usinado. As velocidades de rotação para os processos de furação recomendadas são as seguintes:

- Diâmetro 1,5 mm (1/16 pol.) .....( 7.000 r.p.m ).
- Diâmetro 6,0 mm (1/4 pol.) diâmetro.....( 1.800 r.p.m ).
- Diâmetro 12,0 mm (1/2 pol.) diâmetro.....( 900 r.p.m ).

É importante que as brocas tenham um bom afinamento, com inclinação zero e ângulo entre o gume e a broca cortante de 130°. Outra alternativa, importante, é a utilização da refrigeração para processos de torneamento e fresagem desses materiais com tendência ao agrupamento dos cavacos. A velocidade do processo de usinagem no torneamento dos acrílicos não é uma situação a considerar como crítica para as temperaturas críticas das ferramentas, mais é uma necessidade o constante resfriamento. A forma de afiação e tipo de acabamento das ferramentas para o torneamento é vital, para a obtenção de um trabalho perfeito. As ferramentas deverão ser afiadas com um ângulo de saída de 15 a 20 ° e de incidência de 0°, e que a ponta da ferramenta tenha um fio agudo e bem acabado. Os aços rápidos são preferíveis a ferramentas com metais duros de carboneto de tungstênio, pelo o fato que a granulação finados aços rápidos permite que obter o fio aguçado requerido produzido na retificação com rebolos comuns.

Para peças de qualidade superficial, velocidades de corte baixas, entre 15 e 30 m/min são usadas para um acabamento fino. Nas operações de desbaste, a seleção das velocidades de corte entre 90 a 150 m/min são comuns, velocidades maiores, por exemplo, de até 300 m/min são possíveis se for usado o resfriamento a

pressão. Além dos elementos citados, ao acabamento também depende de que o operador tenha habilidades e consiga preparar a ferramenta de corte e a máquina ferramenta de forma, que não deverá apresentar vibrações no processo.

Em processos de usinagem de fresamento, os métodos convencionais e conceitos que são aplicados para metais leves podem ser utilizados para trabalhar materiais acrílicos, os melhores resultados, são obtidos quando são utilizados meios adequados para fixar a peça. Os dispositivos a vácuo são uma alternativa para essa operação, o emprego de fitas adesivas dupla-face, em muitos casos pode ser solução.

Para a fresagem de acrílicos são necessárias ferramentas com ângulo de ataque nulo e superfície de saída livre de passe largo. Limpar os cavacos e a ferramenta com certa quantidade de óleo solúvel, spray refrigerante ou ar, é importante.

Para áreas relativamente grandes de se usinar, os melhores resultados obtêm-se com ferramenta de um só corte ou de multi cortes, feitas de aço rápido. Não são recomendadas, fresas convencional para metais, porque costumam ter ranhuras rasas onde os cavacos tendem a se acumular, as ferramentas usadas para madeira, são uma alternativa. Sempre é essencial remover os cavacos entre os dentes, empregando-se jato de ar comprimido.

No caso de rebaixamento, podem ser usadas além das fresadoras horizontais ou verticais, com fresas cilíndricas e que contemplem um ou mais gumes de aço rápido, com velocidades de rotação entre 15.000 e 25.000 rpm. Para obter acabamento nos cortes (polimento) em uma só etapa, podem-se usar ferramentas diamantadas, montadas em máquinas especiais em posto fixo.

As ferramentas de usinagem selecionadas para os plásticos devem possuir ângulos de saída negativos ou nulos, devem ser bem afiadas e fabricadas em aço rápido.

Os acrílicos podem ser usinados com a ferramenta tupia, que é uma ferramenta de trabalho de uso comum em madeiras, a alta velocidade, também são recomendadas para usinar chapas acrílicas porque utiliza fresas, empregando-se as velocidades usadas para madeira. Quando se usam ferramentas de 12 mm de diâmetro ou menos, a velocidade de corte, deve ser de cerca de 24.000 r.p.m.; enquanto que ferramentas de maior diâmetro, a rotação deverá ser em torno de



15.000 r.p.m. Ferramentas de uma faca ou de facas duplas são de uso comum, e devem ser afiadas com um ângulo de saída de cerca de 12° ou mais. Quando são cortadores de faca dupla é necessário rebaixar-se o centro para evitar que os cavacos se depositem sob a ferramenta. As pontas da ferramenta deverão ser afiadas com um pequeno raio, Sempre que possível, a fim de produzir um pequeno arredondamento nos cantos fundos da peça, para reforço adicional.

Para a usinagem de rasgos ou chanfros de até 12 mm de largura, deveram usam-se ferramentas com formas côncavas e de faca simples, com afiação excêntrica, estas ferramentas serão montadas em mandril concêntrico.

Para os processos com tupia deverão considerar:

- Apoiar as chapas de acrílico firmemente nos dispositivos de posicionamento para evitar vibrações e trepidações, com grampos, não use pressões excessivas para não causar fissuras.
- O tipo de afiação das ferramentas, dando-se atenção especial aos ângulos de incidência e saída.
- Garantir o resfriamento das peças, para as tolerâncias precisas e em aplicações que exijam melhor acabamento superficial.
- Quando o trabalho e desenvolvido a baixa velocidade, use água, óleo solúvel ou parafina.

#### 4.1 GUME DE CORTE

Todas as ferramentas devem ser mantidas bem afiadas, dando-se especial atenção aos ângulos de incidência. Para afiar as ferramentas, é necessário prendê-las a um dispositivo para afilar ferramentas, para reproduzir os ângulos de corte com ângulo de incidência de 0°, ou pequeno valor negativo, com isto vai produzir uma superfície mais lisa e uniforme que com a utilização de ferramentas tradicionais, usadas para metais leves, sendo ângulos mais adequados para a saia ou eliminação de cavacos.

#### 4.2 CORTE E GRAVAÇÃO COM CNC

O corte é um dos processos que se aplicam com os acrílicos, atualmente existem métodos eficientes de corte com equipamentos não convencionais. Na atualidade se fabricam muitos artigos em acrílicos com máquinas CNC, e CNC tipo Router, porque são simples de operar e apresentam uma boa relação de custo / benefício, e são controlados mediante controle eletrônico via computador.

#### 4.3 CORTES COM SERRAS

As chapas de acrílico são fáceis de serem trabalhadas,, no entanto, requerem na hora de manuseá-las alguns conhecimentos básicos para que a tarefa de corte seja finalizada com o melhor aproveitamento. Quando se realizar cortes nas chapas, o acrílico deve manter sua película protetora que protege o produto de riscos e ajudam a resfriar o material.

É possível realizar cortes por riscagem nas chapas com espessura até 3 milímetros, mais este não é um procedimento muito usual, por tratar-se de uma opção com alta probabilidade de ruptura por quebra de partes não previstas no traço inicial.

As técnicas mais comumente utilizadas para corte de chapas são as serras de fita e as serras circulares. As serras de fita são mais apropriadas para cortes em linhas curvas e as circulares são as preferidas para se fazer cortes retos.

Quando o trabalho é com chapas extrusadas, deverá ser reduzida a velocidade do processo em cerca de 20% a rotação da máquina de corte para obter a mesma qualidade no trabalho.

##### 4.3.1 SERRAS CIRCULARES

Essas máquinas ferramentas são as mesmas que cortam materiais como madeira ou alumínio, para o acrílico o passo dos dentes da serra são menores de maneira a torná-la mais sensível e apropriada ao corte de chapas. As ferramentas circulares devem ter lâminas rebaixadas com uma leve angulação para ajudar a eliminação da serragem, com isso vai se impedir agarramento e evitar a possibilidade de superaquecimento.

Para os trabalhos simples, as lâminas de serra deverão ser de aço rápido, afiadas mecanicamente. Considerando-se o número de dentes por centímetro segundo a espessura da chapa a ser cortada, variando de 3 a 4 dentes / cm, para chapa de 3,0 a 12 mm; e de 1 a 2 dentes por cm para chapas com espessura acima de 12 mm. A velocidade de corte periférica deverá ser da ordem de aproximadamente 3000 m/min. Por exemplo, uma lamina de 25 cm (10 polegadas) de diâmetro deverá girar a cerca de 4000 r.p.m.

Há uma serie de vantagens no uso de ferramentas com pastilhas de carboneto de tungstênio para cortar chapas e blocos de acrílico em produções em grande escala. Este tipo de material ferramenta confere um acabamento superior nas bordas das chapas, além de maior velocidade de operação, ao contrario do que ocorre com uma serra de aço rápido. De ocorrer um lascamento da borda de uma chapa, geralmente trata-se de uma indicação da necessidade de re-afiação. Para uso geral, recomenda-se uma serra com 15 cm de diâmetro (6 polegadas), tendo um dente por cm e dando uma largura de corte de aproximadamente 2 mm.

O processo de alimentação deverá ser ajustada de forma que se evite lascamento na borda (quanto mais rápida a alimentação, maior será a possibilidade de lascamento, regulando-se a altura da lamina para que seja pouco superior à espessura da chapa cortada. Não é necessário o resfriamento, mas é de grande vantagem soprar ar comprimido no ponto de corte a fim de esfriar a lâmina, eliminar os fragmentos e cavacos de material acrílico e impedir a colagem do material nos dentes da serra.

#### 4.4 FRESAGEM DE ACRÍLICOS

Os métodos e conceitos convencionais para os processos de fresamento para metais leves podem ser utilizados para chapas acrílicas, mais para melhores resultados, é necessário, meios adequados de fixar a peça, como dispositivos a vácuo ou o emprego de fitas adesivas dupla-face.

São necessárias ferramentas de passe largo, com ângulo de ataque nulo e saída livre de aparas. Obtém-se melhores resultados com cortadores de ferramenta única ou de multi ferramentas, feitas de aço rápido quando se usinam áreas relativamente grandes. As fresas convencionais para metais não são

recomendadas, porque este tipo de ferramenta ter sulcos rasos onde os cavacos tendem a se acumular, portanto, as ferramentas usadas para madeira serão de preferência.

As fresa de 1 corte com afiação especial para plásticos são as ferramenta de uso certo. Este tipo de fresa gera menos aquecimento no material para evitar o derretimento se comparado a outras fresas com 2 ou mais cortes. Figura 1



Figura 1: Fresagem com ferramenta de 1 corte  
Fonte: Próprio autor.

Esta fresa se diferencia das demais fresas do mercado devido a sua precisão no fio de corte e no carboneto usado na composição do corpo da fresa. Quando aparece o derretimento do material, acontece porque as fresas não tem afiação especial para plásticos. Fresas comuns de 4 cortes em HSS (aço rápido) ou metais duros, (figura 2), por exemplo são péssimas para plásticos.



Figura 2. Fresa de metal duro de 4 cortes. Fonte: Autoria própria.  
Fonte: Próprio Autor



Figura 3. Qualidade da usinagem com fresa de 1 corte em acrílico.  
Fonte: Autoria própria.

É importante assinalar que o resfriamento brusco da peça após o aquecimento gerado durante o processo poderá causar tensões internas nas chapas de acrílico. Essas tensões se não tratadas, poderão causar microfissuras quando o material entra em contato com solventes presentes em tintas e colas ou outras substâncias químicas, etc. Quando a ferramenta é devidamente afiada, o aquecimento na usinagem poderá ser evitado, no processo, os cavacos serão sendo afastados com aspensão de água contendo cerca de 3% de óleo solúvel ou com ar comprimido e micronização de água. (EDUCA)

## 5. CONCLUSÃO

Os conceitos gerais para as operações de usinagem em acrílicos terão suas especificações para conseguir um bom acabamento das superfícies e evitar a fusão

dos cavacos na superfície em elaboração, ainda a plasticidade do material não representar uma situação crítica para a ferramenta, a aplicação de fluidos de corte ou ar comprimido é uma necessidade na retirada dos cavacos e na influencia de forma positiva na formação dos cavacos.

As ferramentas de corte com menor número de ranhuras e com maior profundidade, garantem melhor resultados nos processos. Ao utilizarem-se parâmetros de corte indicados para os acrílicos, as formações de cavacos acontecem em condições normais e não se fundem na superfície de saída da ferramenta ou na superfície elaborada.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EDUCA. **Polímeros e Materiais Poliméricos, Manual para o professor**, disponível em: < <http://fc.up.pt/ficheiros/noticias/69/documentos/108/Manual%20Pol%20A1meros%20e%20Materiais%20polimericos%20NV.pdf>>. Acesso em 25 maio 2018.

FEIPLAR. **As diferenciadas vantagens dos plásticos de engenharia**, disponível em: <<http://.com.br/materiais/pdf/engenharia.pdf>>, acesso em: 20 maio 2018

ABIPLAST **Conceitos básicos sobre materiais plásticos**. Disponível em :<[http://file.abiplast.org.br/download/links/links%202014/materiais\\_plasticos\\_para\\_sit\\_e\\_vf\\_2.pdf](http://file.abiplast.org.br/download/links/links%202014/materiais_plasticos_para_sit_e_vf_2.pdf)>. Acesso em: 18 / 06 / 2018

MICHAELI W, Greif H, Kaufmann H, Vossebüeger FJ. **Tecnologia dos plásticos**. São Paulo: Ed. Edgard BlücherLtda; 2000.

KAREN. J; Braghini Junior A. **O uso de ferramentas de metal duro no torneamento do Nylon**, *Tecnol. Metal. Mater. Miner.*, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 50-57, jan./mar. 2014.

LIMA S.F. ,W; Martins, M; Iara Walter, C. **Parâmetros de usinagem que influenciam na qualidade superficial dos produtos de poliamida**, disponível em: < [http://mostra.poa.ifrs.edu.br/2012/trabalhos/trab\\_144.pdf](http://mostra.poa.ifrs.edu.br/2012/trabalhos/trab_144.pdf)>. Acesso em: 20/10/2018.

INDAC;**Acrílico, do começo ao fim**, Disponível em: < <http://www.indac.org.br/usinagem-e-corte-de-chapas-acrilicas>>, acesso em: 12de maio de2018.

MANUAL DE ORIENTAÇÃO TÉCNICA: Acrílico - Operações de oficinas nas chapas Disponível em:

<[http://www.metallica.com.br/pg\\_dinamica/bin/pg\\_dinamica.php?id\\_pag=547](http://www.metallica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=547)>.

Acesso em 23 de agosto de 2018.

VICK.**Boletim técnico: Nylon 6.0, corte e usinagem.** Disponível em:  
<<http://www.vick.com.br/vick/novo/datasheets/datasheet-nylon60-nit.pdf>>. Acesso  
em: 26 / 02/2018.