

# Transferência de metalização no polímero acrilonitrila butadieno estireno (ABS) no processo de injeção, utilizando a tecnologia de *in mold label*

Edivaldo Dallepiane<sup>1</sup>  
Edson Luiz Francisquetti<sup>2</sup>

## Resumo

A necessidade de se obter um método de processamento otimizado em determinadas aplicações é cada vez mais comum, no cenário industrial. A moldagem por injeção, utilizando *in mold label*, é uma técnica que é usada para decorar superfícies de peças poliméricas. Neste artigo, essa técnica foi estudada como alternativa para substituir o processo de metalização a vácuo em peças injetadas com o polímero ABS, onde uma fita de poli tereftalato de etileno (PET), contendo uma fina camada metálica, com o formato semelhante à cavidade, é inserida no molde. Então, o polímero fundido é injetado, e a metalização contida na fita se transfere para a superfície do polímero (peça) com a ação da temperatura e pressão. Este artigo apresenta uma visão geral sobre alguns métodos de decoração existentes, começando com um resgate do contexto histórico dos processos. Para finalizar, discute-se as vantagens em substituir o método de metalização, as dificuldades e adaptações, que podem ser encontradas, quando o processo de *in mold label* é adotado para metalizar peças poliméricas.

**Palavras-chave:** Injeção. Metalização. Transferência.

## Abstract

*The need to obtain an optimized processing method in certain applications is increasingly common in the industrial scenario. The injection molding, using in mold label, is a technique that is used to decorate surfaces of polymer parts. In this paper, this technique was studied as an alternative to replace the vacuum metallization process in parts injected with the ABS polymer, where an ethylene poly terephthalate (PET) tape, containing a thin metal layer, similar to the cavity shape, is inserted into the mold. The molted polymer is injected and the metallization contained in the tape is transferred to the surface of the polymer (part) with the action of temperature and pressure. This article presents an overview of some existing decorating methods, beginning with a retrieval of the historical context of the processes. To sum up, it is discussed the advantages of replacing the metallization method, the difficulties and adaptations, that can be found, when the in mold label process is adopted to metallize polymeric parts.*

**Keywords:** Injection. Metallization. Transfer.

<sup>1</sup> Mestre em Tecnologia e Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal de Educação do Rio Grande do Sul (IFRS), Farroupilha, RS, Brasil. E-mail: edivaldodall@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Doutor em Ciências dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil(2012). Professor do IFRS, Farroupilha. E-mail: edson.francisquetti@farroupilha.ifrs.edu.br

Artigo recebido em 28.04.2018 e aceito em 05.10.2018.

## 1 Introdução

Através do Processo de injeção de Polímeros, é possível se obter produtos de diversos tamanhos, com geometrias complexas e de baixa massa, o que torna o processo importante, uma vez que há uma crescente utilização de produtos poliméricos em substituição a diversos materiais, os quais não apresentam fácil conformação, quando se deseja tais características e aplicações de camadas decorativas.

Proporcionar efeitos decorativos sobre peças poliméricas é uma prática comum na indústria de transformação de Polímeros, onde uma alternativa é a deposição de camadas metálicas, através do processo de metalização a vácuo. Temos, como exemplo, a indústria de embalagens para alimentos, onde a aplicação de uma camada decorativa proporciona uma aparência mais atraente e agrega valor ao produto final, porém, apresenta uma desvantagem que está relacionada a altos custos de investimento, fato que o torna inviável em algumas aplicações (DE BRUYN *et al.*, 2003, p. 710).

Para Martínez, Castany e Mercado (2011), uma das maneiras mais eficientes e econômicas de decorar uma peça polimérica, é fazê-la durante o ciclo de moldagem por injeção, direto no molde. Esse método é chamado de *in mold label*. O método consiste em proporcionar ao polímero fundido o contato com um filme decorado, o qual se encontra posicionado dentro do molde e, então, ocorre a transferência do efeito decorativo para a superfície do substrato polimérico, em condições controladas de temperatura pressão e velocidade. Outro método de decorar uma peça polimérica pós-injeção, é pelo processo de *hot stamping* que é composto por um filme polimérico, onde camadas retráteis são transferidas sob o substrato suporte, através do aquecimento a uma determinada temperatura. O filme polimérico retrai, soltando o verniz/metal sobre a peça a ser decorada (BALAMURUGAN *et al.*, 2017).

Este artigo apresenta as vantagens e os desafios encontrados para substituir o processo metalização a vácuo no polímero ABS, por um processo de transferência da metalização, associando o processo de *in mold label* com o processo de transferência por calor, conhecido como *hot stamping*. O objetivo é aproveitar a energia térmica (calor) do polímero fundido, para efetuar a transferência do efeito decorativo sobre o material polimérico que, ao entrar em contato com um substrato suporte com efeito decorativo, o qual se encontra na cavidade do molde, é transferido para a peça. Dessa forma, não sendo necessário um tratamento de superfície, após o

Processo de injeção, como é necessário no processo de metalização a vácuo.

Espera-se que o desenvolvimento deste estudo leve a inovações no Processo de injeção com interesse comercial, possibilitando obter produtos poliméricos com aspecto metalizado de forma mais prática, rápida e econômica.

## 2 História

A partir de 1930, alguns tipos de materiais poliméricos passaram a ser utilizados em escala industrial, como poliéster e poliamida, compo-ndo roupas, partes de maquinários e equipamentos da indústria de modo geral (CANEVAROLO, 2006). No Brasil, os primeiros registros da transformação de Polímeros ocorreram em 1957. No ano de 1993, a indústria brasileira de transformação de Polímeros representava cerca de 1,3 % do produto interno bruto (PIB) nacional. (ZANIN; MANCINI, 2009). A partir de 1948, quando foi introduzido no mercado norte-americano, o terpolímero poli (acrilonitrila-butadieno-estireno) ABS tem sido explorado continuamente, onde diversos grades do polímero foram desenvolvidos, para atender as necessidades requeridas pela indústria, dentre eles, pode-se destacar o antichama, antiestático, expansível, reforçados com fibra de vidro, para cromagem e resistentes ao calor (SIMIELLI; SANTOS, 2010).

Há alguns anos, já são aplicados revestimentos sobre Polímeros polares nos Estados Unidos, na Europa e em alguns países asiáticos. Essa técnica especial é chamada de *in mold coating*. Esse processo possibilita muitas vantagens como perfeita imitação de couro ou texturização. O processo elimina a necessidade de enganche e desenganche das peças em gancheiras para receberem a aplicação de verniz, e a camada decorativa que, após a conclusão desse processo, necessita a retirada das peças desses dispositivos, fatores que tornam o processo de metalização a vácuo oneroso.

## 3 Aspectos gerais

### 3.1 Processos de fabricação

Acrilonitrila butadieno estireno é um terpolímero composto pela combinação dos três monômeros que constituem o seu nome. A sua fórmula molecular é apresentada na figura 1, e a composição exata de cada componente depende da utilização final a que o produto se destina. As proporções podem variar de 15% a 35% de acrilonitrila, 40% a 60% de estireno, com 5% a 30% de butadieno,

sendo que a acrilonitrila confere ao polímero resistência química e térmica, o butadieno resistência ao impacto e ao alongamento e o estireno brilho, facilidade na moldagem e rigidez (CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BORRACHA, 2017).

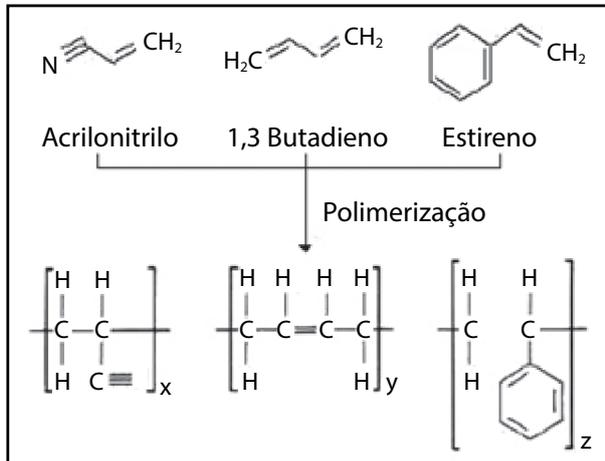


Figura 1 - Fórmula molecular do ABS  
Fonte: Ciência e Tecnologia da Borracha (2017).

No processamento do ABS, deve-se ter o cuidado de secar o material em estufa a 80 °C por aproximadamente quatro (4) horas, para a retirada da umidade existente no polímero, facilitando a sua moldagem. A temperatura de processamento não deve ultrapassar 240 °C para evitar a descoloração do material pela oxidação superficial (WIEBECK; HARADA, 2005).

### 3.2 Comportamento do ABS na metalização

Na metalização do ABS, o butadieno (BR) disperso na superfície do material, ao ser oxidado em uma solução crômica, forma micro poros que facilitam a absorção do catalisador, permitindo a ancoragem da deposição química. Essa etapa promove uma ótima adesão entre o polímero e a camada metálica (SANCHEZ; SILVA; SÁNCHEZ, 2005). Em um de seus estudos Kurek *et al.* (2015), concluiu que é possível decorar uma blenda de ABS/PVC, onde, ao aumentar a concentração de PVC na amostra, necessita-se de condições operacionais mais agressivas, tais como maiores temperaturas de banho e aumento do tempo de imersão. Isso mostra que o ABS, por ser um polímero polar, tem facilidade em ser decorado.

Para se obter uma boa aderência da metalização sobre a superfície do ABS, deve-se realizar um ataque ácido que afeta os meros de butadieno, contidos em sua fase borrachosa, deixando

assim espaços vazios na superfície do polímero. Durante o ataque ácido, a superfície se torna mais polar e hidrofílica, devido à sulfonação da superfície polimérica, o que aumenta sua molhabilidade, favorecendo a ativação da superfície e, consequentemente, facilita a ancoragem da camada de metalização sobre o produto (KUREK *et al.*, 2015). Além do ABS, outros tipos de Polímeros podem ser utilizados no processo de metalização como: polipropileno, ureia-formaldeído, polissulfona e policarbonato. Desses Polímeros citados, apenas o polipropileno tem sido empregue e, mesmo assim, em proporção bastante reduzida, comparado ao ABS que ocupa cerca de 90 - 95% do mercado (RODRIGUES, 2010). O ABS, além de ter um desempenho interessante na aceitação de camadas decorativas, também proporciona um bom desempenho no processo de moldagem por injeção.

### 3.3 Moldagem por injeção

O processo de moldagem por injeção consiste em transferir o polímero fundido para o interior da cavidade de um molde, em condições controladas de temperatura, tempos, pressões, velocidades e posições, dando origem ao produto desejado (MARTINEZ; CASTANY; MERCADO, 2011). O processamento por injeção é uma das técnicas mais utilizadas para a fabricação de peças poliméricas de geometria simples e complexas, abrange uma variedade de produtos em quase todos os ramos da indústria. É uma técnica flexível, caracterizada por apresentar elevada taxa de produção, baixo custo e boa estabilidade dimensional (devido ao controle do processo). Entretanto, para produzir peças de boa qualidade, o comportamento do fluxo do polímero fundido no interior da cavidade do molde deve ser amplamente compreendido, bem como os parâmetros de regulagem de processo, devidamente ajustados (NEVES, 2014).

É um processo cíclico, onde o material sólido, geralmente na forma de grânulos (*pellets*), é alimentado no funil da injetora e transportado por uma rosca/parafuso sem fim para um cilindro de aquecimento. O aquecimento ocorre pela ação do cisalhamento e das resistências elétricas que envolvem a parede externa do cilindro, promovendo sua fusão e plastificação. Após a plastificação, o polímero fundido é transportado até o bico de injeção, passando pelo canal de alimentação do molde até seu total preenchimento (NEVES, 2014). A figura 2 apresenta o preenchimento do polímero na cavidade do molde, passando pela fase de aquecimento até o produto final.

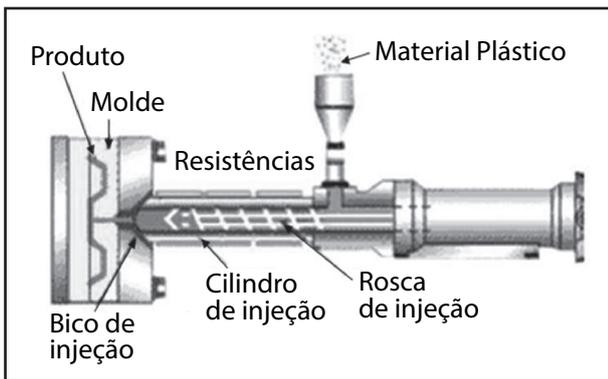


Figura 2 - Unidade de injeção e o preenchimento do polímero na cavidade do molde  
Fonte: Moldes e Matrizes (2007).

Para Dubay *et al.* (2014), por ser um processo de fabricação que trabalha em ciclos, os parâmetros são ajustados e fixados no painel da máquina injetora. Portanto, é essencial adequar e ajustar o ciclo para cada produto específico, a fim de se obter resultados satisfatórios de qualidade e produtividade (CHEN *et al.*, 2008).

### 3.3.1 Ciclo de moldagem por injeção

Um ciclo de moldagem por injeção consiste no tempo em que o molde inicia seu fechamento, durante o período correspondente em que ele se abre e ocorre a ejeção das peças (HARADA, 2004). A figura 3 mostra a representação em etapas de um ciclo, destacando os seus principais constituintes.

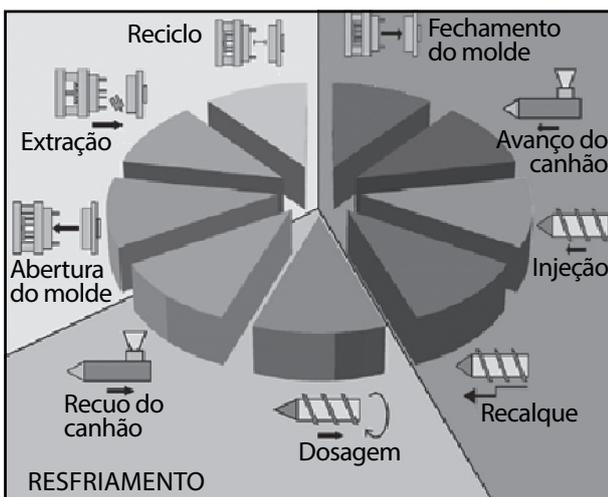


Figura 3 - Representação em etapas de um ciclo de moldagem  
Fonte: Adaptado de Harada (2004).

De acordo com o que está apresentado na figura 3, o ciclo de moldagem por injeção tem seu início com o fechamento do molde, logo, em seguida,

ocorre o avanço do canhão em direção à bucha injetora do molde e, então, tem-se início a injeção do polímero fundido de forma controlada na cavidade do molde, acompanhado da pressão de recalque, após ocorre o resfriamento, juntamente com a dosagem e o recuo do canhão. Ao finalizar essa etapa, ocorre a abertura do molde, a extração do produto moldado e um tempo de reciclo. Dessa forma, um novo ciclo se inicia geralmente de forma automática.

### 3.3.2 Molde de injeção

A indústria de moldes de injeção se beneficia da crescente utilização de peças injetadas em material polimérico para obter um crescimento exponencial (RECHA; LE CALVEZ; DESSOLY, 2004). O molde de injeção de termoplásticos consiste em uma unidade completa, feito em materiais metálicos, comumente em aço, os quais devem oferecer condições de produzir peças moldadas. Suas cavidades possuem as formas geométricas e dimensões referentes à peça desejada. O molde é adaptado na máquina injetora e recebe o material polimérico fundido, o qual é introduzido na cavidade, por meio de pressão e velocidade. Em seguida, será refrigerado até atingir a temperatura de desmoldagem (HARADA, 2004). A figura 4 mostra um molde de injeção aberto, onde é possível visualizar as cavidades macho e fêmea, a bucha de injeção os pinos extratores, o extrator do canal e os canais de refrigeração que controlam a sua temperatura de trabalho.

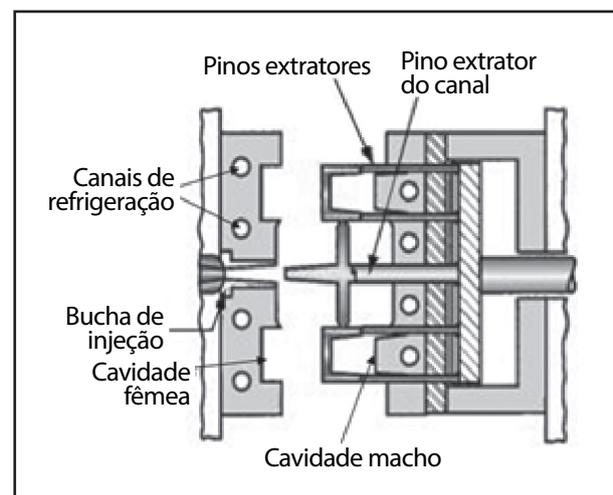


Figura 4 - Molde de injeção aberto mostrando as cavidades macho e fêmea, a bucha de injeção, os pinos extratores e os canais de refrigeração  
Fonte: Rocha (2017).

Após a injeção das peças, as mesmas podem sofrer diversas aplicações e processos posteriores.

Entre eles pode-se citar o processo de metalização a vácuo que, geralmente, tem o objetivo estético e agrega valor ao produto final.

### 3.4 Processos decorativo

Devido à demanda por peças, com aspecto visual atraente e com a necessidade de agregar valor ao mix de produtos, tem ocorrido um grande interesse pela aplicação de camadas decorativas metalizadas em superfícies de peças poliméricas, mas se destaca que, para ocorrer a deposição de uma camada metálica sobre superfícies dessa natureza, é necessário previamente ativá-la de um modo uniforme. A peça injetada não ativada tem uma superfície espelhada, que não entra em contato com nenhuma solução, repelindo qualquer líquido, da mesma forma que uma peça metálica suja de óleos ou gorduras repele a água, antes de ser convenientemente desengordurada, quando se trata do processo de metalização a vácuo (RODRIGUES, 2010).

#### 3.4.1 Metalização a vácuo

A metalização a vácuo tornou-se interessante por utilizar como insumo principal um gás a baixa pressão e alvos metálicos para obtenção do material a ser depositado (GOMES, 2016). O processo de metalização a vácuo apresenta algumas vantagens, em relação aos outros métodos de deposição. Dentre as mais importantes, pode-se destacar:

- a capacidade de se obter inúmeros revestimentos, utilizando qualquer material como substrato;
- boas propriedades mecânicas;
- é um processo com baixo grau de agressão ao meio ambiente;
- possibilidade de se obter cores diferentes com o uso de sais misturados ao próprio alumínio ou, até mesmo, o verniz que pode colaborar nesse sentido;
- o alumínio também propicia bons resultados, devido ao seu baixo ponto de fusão, produz superfícies brilhantes e com relativa aderência ao substrato (DEYNA, 2015, p. 22; KÜCHLER, 2006).

Como principais desvantagens do processo de metalização a vácuo podemos citar:

- baixa razão de deposição se comparada com outros processos;
- altos custos de investimento inicial, os quais se justificam em grandes lotes de produção;
- processo é oneroso, pois necessita de várias

etapas até que aconteça a metalização propriamente dita;

- aquecimento dos substratos, devido ao bombardeamento eletrônico e à cura de vernizes pré e pós-processo, o que restringe o tipo de material a ser utilizado;
- desenvolvimento de um sistema para fixar os produtos.

A figura 5 mostra uma metalizadora com os produtos já encaixados nos dispositivos de fixação (gancheiras), juntamente com a câmara de vácuo.

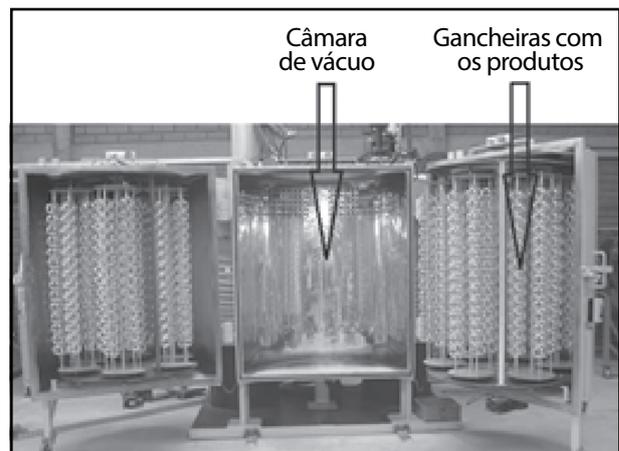


Figura 5 - Metalizadora e os produtos fixados nos dispositivos de fixação (gancheiras)  
Fonte: Sistevac (2018).

Além da metalização a vácuo, com o passar do tempo, foram desenvolvidas outras técnicas de metalizar ou decorar um polímero de forma mais eficiente e sem a necessidade de um tratamento na superfície do substrato polimérico, fator que torna o processo decorativo menos oneroso e minimiza custos de produção, podendo-se destacar o processo de *hot stamping* e *in mold label*.

#### 3.4.2 Processo de *Hot stamping*

O processo de *hot stamping* tem a possibilidade de transferir pintura e metalização em peças com geometrias complexas, tendo como demanda aplicações em produtos que exigem altos níveis de brilho e aparência exclusiva. A indústria automobilística é adepta desse processo de decoração, pois ele proporciona um custo atraente de decoração, além da busca por um processo ambientalmente correto (KURZ DO BRASIL, 2017). Segundo Balamurugan *et al.* (2017), filmes decorativos, aplicados em peças poliméricas, são encontrados no interior de veículos, a fim de proporcionar aspectos texturizados, padronizados ou acabamentos metálicos para painéis e

console do automóvel. Essas aplicações se estendem para o módulo da frente do veículo e para-choques, podendo ser coloridos e/ou metálicos, com diferentes acabamentos e atendendo às necessidades da indústria com camadas decorativas. Ao mesmo tempo em que proporciona uma resistência melhorada ao risco e evita preocupações ambientais associadas.

A figura 6 exemplifica a forma que ocorre um revestimento sobre um substrato polimérico, onde: (a) pode ser visualizado o filme decorativo, composto por três camadas, um poliéster, um copolímero propileno-etileno e um adesivo sensível à pressão e (b) é possível visualizar o substrato polimérico.



Figura 6 - Revestimento sobre um material polimérico  
Fonte: Adaptado de Balamurugan *et al.* (2017).

O processo de *hot stamping* é ideal para realçar a aparência de superfícies plásticas, pois permite decoração sofisticada, combinada com uma superior definição das bordas, resultando em uma aparência de classe e alta qualidade. Esse tem sido um processo de decoração em embalagens, preferido pela indústria de cosméticos há muitos anos, com cores diversificadas e adequadas a este mercado (WUTZL, 2015). A figura 7 apresenta um dispositivo utilizado para a transferência de uma camada metalizada, utilizando o processo de *hot stamping* em um substrato polimérico. Na etapa (a), pode ser visualizado o dispositivo, utilizado para aplicação da camada metálica, as resistências elétricas e o clichê de silicone responsável pela transferência do metal para o substrato polimérico. Na etapa (b), mostra-se o início da aplicação da camada metálica. A etapa (c) representa o instante em que está ocorrendo a aplicação da camada metalizada. E, na etapa (d), pode-se visualizar a conclusão da aplicação da camada de metalização.

Outro processo, utilizado para promover aspectos decorativos em um substrato polimérico, é o processo de *in mold label* que é utilizado simultaneamente com o processo de moldagem por injeção.

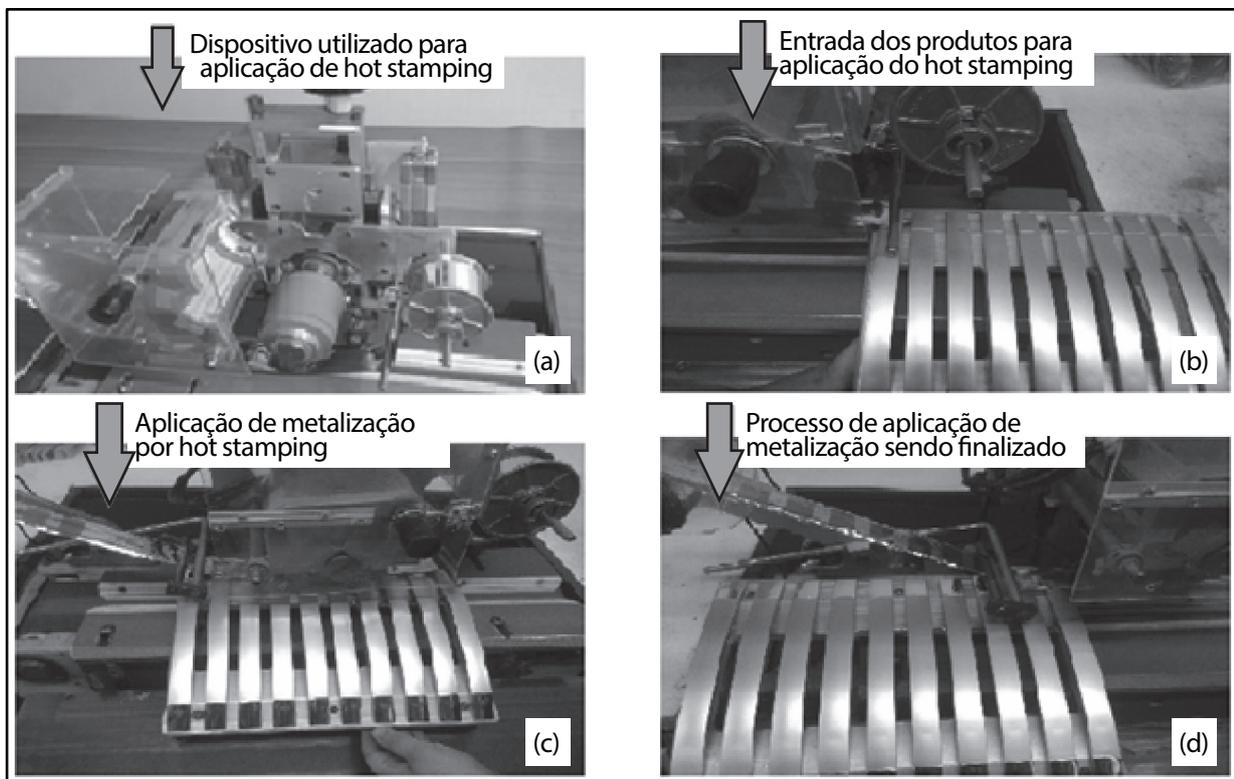


Figura 7 - Dispositivo utilizado para a aplicação da metalização, utilizando o processo de *hot stamping* e respectivas etapas  
Fonte: Wutzl (2015).

### 3.4.3 Processo de *in mold label*

Outra técnica utilizada, é o processo de *in mold label* que pode ser considerado uma tecnologia moderna na área de embalagens poliméricas, onde, pelo processo de moldagem por injeção, um rótulo é colocado no molde enquanto aberto, o mesmo é mantido na posição correta com o auxílio de vácuo, atração eletrostática ou outros meios apropriados de fixação. Após a fixação do filme decorativo (*label*) na cavidade, que é considerado o grande desafio do processo, o ciclo prossegue, a resina polimérica é injetada e incorpora ao rótulo, dando origem a um produto único já decorado (LARPSURIYAKUL; FRITZ, 2011).

Em seus estudos, Wong e Liang (1997) entendem que essa técnica de decorar basicamente se

configura em colocar um filme pré-impreso e/ou decorado no molde de injeção. Esse filme é colocado de tal maneira que o lado não impresso ou decorado fique voltado para as paredes do metal, enquanto que o lado impresso fica exposto em direção ao fluxo do polímero fundido. Após o molde ser fechado, o polímero fundido é injetado na cavidade, o filme é esticado pelo avançado do fluxo do polímero e a camada decorativa, contida no filme se transfere ao produto. A figura 8 exemplifica o processo de aplicação do filme no molde de injeção, dividido em três etapas distintas. Na etapa 1, é inserido o filme entre as cavidades do molde. Na etapa 2, ocorre o fechamento do molde e a injeção do polímero sobre o filme. Na etapa 3, chega o momento da abertura do molde e a ejeção do produto com o filme decorativo já aplicado.

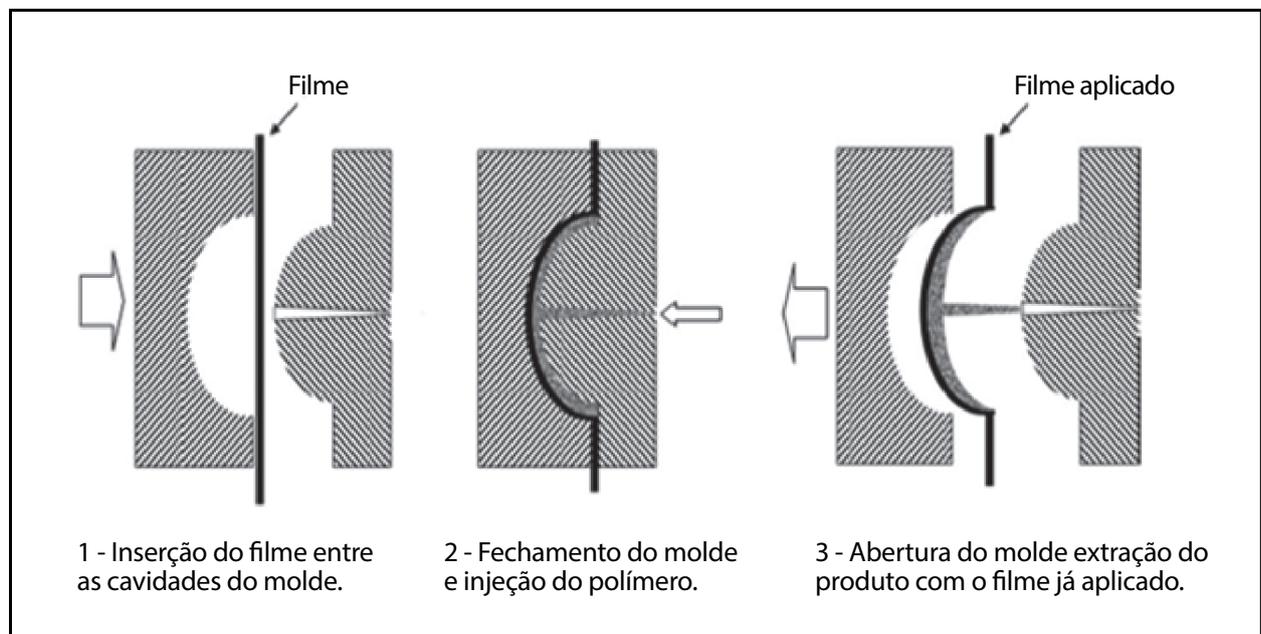


Figura 8 - Processo de aplicação do filme no molde de injeção  
Fonte: Martinez, Castany e Mercado (2011).

Para Kotobuki Seihan Printing Company Ltda (2017), o processo de *in mold label* deve ser acompanhado por um mecanismo para posicionar a película decorativa na cavidade do molde, de acordo com a necessidade do produto, dentre as formas utilizadas comumente, estão sistemas a vácuo que fazem com que a película fique posicionada na placa do molde de interesse ou dispositivos mecânicos que posicionam a fita. A figura 9 apresenta em

(a) um dispositivo que possibilita a descida da fita e a posiciona próximo à cavidade do molde, em (b), ocorre o acionamento do vácuo (em caso de necessidade), em (c), ocorre o fechamento do molde, a injeção do polímero, a transferência da camada decorativa e o resfriamento do moldado e, em (d), é o momento da abertura do molde, ejeção das peças moldadas já decoradas, e ocorre a tração da fita para o ciclo seguinte de moldagem.

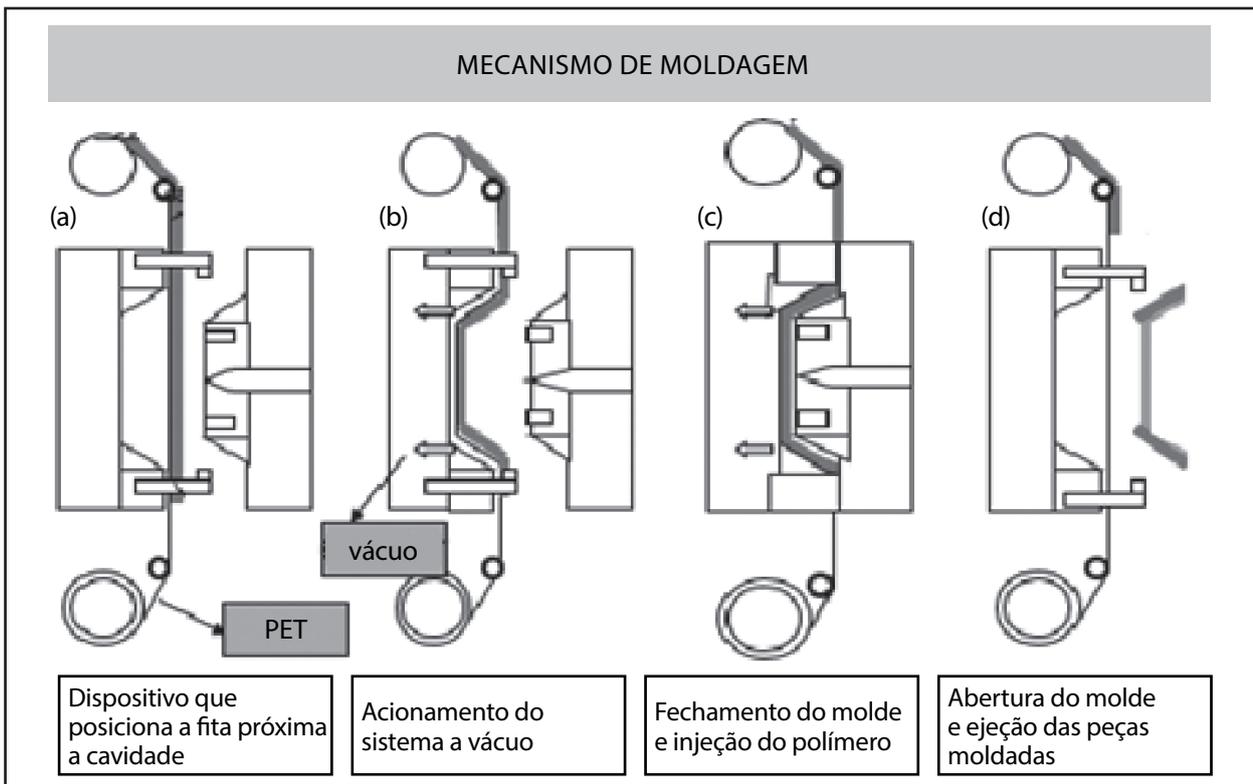


Figura 9 - Mecanismo que posiciona a fita em (a), em (b), o acionamento do vácuo, em (c), a transferência da camada decorativa e, em (d), a ejeção do produto decorado  
 Fonte: Kotobuki Seihan Printing Company Ltda (2017).

O processo de *in mold label* apresenta inúmeras vantagens sobre outros métodos de decoração convencionais, onde uma vez injetada, uma embalagem não precisa sofrer operações posteriores, como colagem de etiquetas, gravações feitas em serigrafia ou qualquer outro efeito decorativo. A qualidade da impressão obtida é muito superior à dos outros métodos, e os produtos se destacam nas lojas e supermercados, fato, hoje em dia, muito valorizado, em razão da elevada competitividade entre as indústrias nos mais diversos ramos de atividades (FUGANTI, 2009). Embora existam diversas vantagens no processamento por *in mold label*, o desafio maior do processo é superar a dificuldade do posicionamento do filme na cavidade do molde onde, durante o preenchimento da cavidade, existem riscos com relação à qualidade do moldado, caso a posição do filme não for correta e sobre toda a área de aplicação do produto (CHEN *et al.*, 2013).

A figura 10 apresenta em (a) uma imagem real das frentes de fluxo do preenchimento do polímero com o filme e com o preenchimento tradicional do polímero sem o filme, em (b), é possível visualizar a cavidade, o filme e a camada congelada com o filme aplicado, em (c), o preenchimento do molde

com o filme e, em (d), o preenchimento tradicional do molde (frente de fluxo) sem o filme e, por fim, em (e), é possível ver a parede do molde e a camada congelada sem o filme.

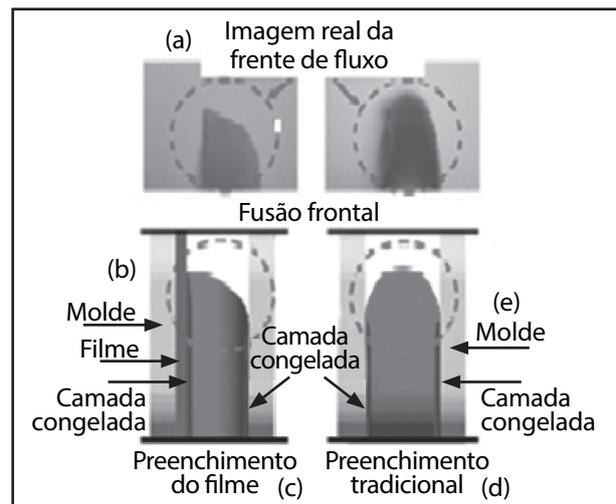


Figura 10- Imagem real da frente de fluxo (a); molde, filme e camada congelada (b); preenchimento do filme (c); preenchimento tradicional (d); molde e camada congelada sem o filme (e)  
 Fonte: Chen *et al.* (2013).

Analisando a figura 10, é possível entender que a frente de fluxo no preenchimento tradicional (sem filme) é igual em ambos os lados, devido à uniformidade de transferência de temperatura do molde, para o polímero fundido, enquanto que, no preenchimento com o filme no processo por *in mold label*, não há uniformidade, onde há um fluxo mais rápido no lado do molde que contém o filme, por ele ser um isolante e não permitir a transferência de temperatura para “congelar” e obstruir o fluxo do polímero (em casos de molde frio). Ao analisar a camada congelada com o filme no molde, percebe-se que ela é menos espessa com relação ao lado do molde sem o filme, e a frente de fluxo, no lado do molde que contém o filme, avança mais rápido, comparado com a frente de fluxo tradicional (sem filme). Isso comprova a teoria de que o filme age como um isolante entre o polímero e a cavidade do molde.

Mesmo com algumas dificuldades, o processo de *in mold label* está se tornando muito importante, devido ao aumento da necessidade de produtos ou filmes decorados com estéticas atraentes, bem como materiais de toque suave. O acabamento superficial pode ter funções estéticas ou de proteção e também ocultar defeitos superficiais e modificar propriedades de superfície, visto que uma das maiores dificuldades do processo também se dá por conta da fixação do filme na posição correta na cavidade do molde (MARTINEZ; CASTANY; MERCADO, 2011).

A transferência de uma camada decorativa, utilizando uma fita decorada, proporciona ao processo algumas vantagens significativas como:

- redução de custo, através da economia de espaço, tempo, mão-de-obra e energia;
- reproduz exatamente a cavidade do molde e tonalidade desejada;
- permite decorar superfícies em relevo;
- diferentemente do processo de metalização a vácuo, trata-se de um método seco e ecologicamente correto que não utiliza solvente;
- não há distorção nem empenamento do produto por reaquecimento;
- permite acrescentar funcionalidade ao processo decorativo;
- o ciclo de moldagem por injeção pode proporcionar a mesma velocidade de um ciclo convencional;
- possibilita instalar o sistema em qualquer máquina de moldagem por injeção; (KOTOBUKI SEIHAN PRINTING COMPANY LTDA, 2017).

#### 4 Aplicações

Para atender a necessidade das indústrias de processamento por injeção que tem como demanda um processo secundário de revestimento metálico foi, então, desenvolvido o processo de *in mold label* que, segundo Kotobuki Seihan Printing Company Ltda. (2017), o sistema pode ser instalado em qualquer máquina injetora. O processo de *in mold label* atende satisfatoriamente a necessidade de uso em peças, onde se tem como exigência aspecto visual e resistência ao deslocamento da camada metálica. A grande vantagem dessa técnica é a extração do produto do Processo de injeção pronto para ser usado de acordo com sua aplicabilidade. É o caso de peças para indústria automobilística, eletrodomésticos e confecção de acessórios para a indústria moveleira, cadeiras e mesas promocionais, muito encontradas em bares, decoradas com marcas de bebidas.

Na substituição do processo de metalização a vácuo é possível, através dessa técnica, obter-se uma camada metálica com maior aderência, pois a resina polimérica ao ser injetada, incorpora a camada decorativa, dando origem a um produto único já decorado. Dessa forma, a aderência é mais completa, pois não se trata de uma ativação química como no processo de metalização a vácuo, onde a metalização depende da tecnologia e condições de pré-tratamento superficial, incluindo desengorduramento, ativação da superfície e, por fim, a metalização; enquanto que no processo de *in mold label* ocorre uma aderência física, onde a temperatura do polímero fundido, ativa a camada decorativa metálica, proporcionando melhor ancoragem do efeito decorativo (LI *et al.* 2015; CHARBONNIER, ROMAND, GOEPFERT, 2006; LARPSURIYAKUL; FRITZ, 2011).

#### 5 Avaliação da camada metálica

Sendo assim, ao adotar a injeção por *in mold label*, ocorre a aplicação da camada decorativa metálica nas peças no mesmo instante em que o polímero é injetado. Mas, para que o processo seja validado, o mesmo deve ser submetido a algumas análises normatizadas ou adaptadas de resistência, de acordo com as exigências e condições de aplicação do produto. Portanto, após a injeção, alguns corpos de prova podem ser submetidos a ensaios, comparando a camada metálica obtida pelo Processo de injeção por *in mold label*, com relação ao processo de metalização a vácuo, de acordo com Fazenda (2009), onde o pesquisador afirma que a espessura de uma

camada decorativa é um parâmetro importantíssimo para se iniciar qualquer trabalho com análise de superfícies decoradas, pois afeta a maioria dos ensaios que serão realizados para comparação de sua resistência.

Após ter conhecimento da espessura da camada obtida pode-se realizar ensaios de exposição agentes químicos como: detergentes, água sanitária e álcool, através de imersão por tempos determinados e então podendo ou não serem associados ao teste de aderência de acordo com a norma ABNT NBR 11003:2009 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009), ensaios de exposição a situações de intempéries (*salt spray*) através da norma NBR 8094 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983) e ASTM B 117 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2011), bem como envelhecimento acelerado (UV), tendo como normatização a ASTM G 154 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2006). Em fim os ensaios mencionados têm a finalidade de validação e aprovação do método de metalizar o polímero ABS, através da tecnologia de injeção por *in mold label*, pois fornecem resultados sobre o comportamento e resistência da camada metálica em situações adversas de aplicação para fins de comparação entre os dois métodos de metalização abordados.

## 6 Conclusão

O presente estudo abordou uma alternativa para metalizar o polímero ABS, substituindo o processo de metalização a vácuo. Esse método apresenta como vantagem a possibilidade de revestimento metálico de forma simultânea ao Processo de injeção, adotando a tecnologia de *in mold label*. Para viabilizar a técnica, o Processo de injeção deve ser estruturado com adaptações para essa finalidade, através do desenvolvimento de um molde adaptado, juntamente com a confecção de um dispositivo para a aplicação da fita, contendo a camada metálica na cavidade. A camada metálica, obtida pelo processo de *in mold label*, pode ser submetida a ensaios comparativos de resistência com relação à exposição a agentes de limpeza, aderência e situações adversas de uso no dia a dia, como *salt spray*, e envelhecimento UV, obtendo-se nesses ensaios um resultado comparativo entre os processos estudados.

Sendo assim, o processo proposto pode ser uma alternativa, para que as empresas desse ramo de atividade se mantenham competitivas no mercado de atuação, quando se deseja metalizar peças de forma mais rápida, prática, econômica e com qualidade da

camada metálica que passa por avaliação, através de ensaios normatizados, que garantem qualidade do efeito decorativo sobre o substrato polimérico.

## Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **B 117**: Standard practice for operating *salt spray* (fog) apparatus. West Conshohocken, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **G 154**: Standard practice for operating fluorescent ultraviolet (UV) lamp apparatus for exposure of non metallic materials. West Conshohocken, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8094**: ensaio de corrosão por exposição à névoa salina. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11003**: tintas: determinação da aderência. Rio de Janeiro, 2009.

BALAMURUGAN, G. P. *et al.* Thermal wrinkling behavior of formable decorative film laminates. **Journal of Plastic Film & Sheeting**, v. 33, n. 3, p. 290-308, 2017.

CANEVAROLO, S. V. J. **Ciência dos Polímeros**: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. São Paulo: Artliber, 2006.

CHARBONNIER, M.; ROMAND, M.; GOEPFERT, Y. Ni direct electroless metallization of polymers by a new palladium-free process. **Surface And Coatings Technology**, v. 200, p. 5028-5036, 2006.

CHEN, H. L. *et al.* Effects of insert film on asymmetric mold temperature and associated part Warpage during in-mold decoration injection molding of PP parts. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 41, p. 34-40, 2013.

\_\_\_\_\_, W. C. *et al.* A neural network-based approach for dynamic quality prediction in a plastic injection molding process. **Expert Systems With Applications**, v. 35, p. 843-849, 2008.

CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BORRACHA. 2017. **Plásticos**. Disponível em: <[https://ctborracha.com/?page\\_id=877](https://ctborracha.com/?page_id=877)>. Acesso em: 19 dez. 2017.

DE BRUYN, K. *et al.* Study of pretreatment methods for vacuum metallization of plastics. **Surface And Coatings Technology**, v. 164, p. 710-715, 2003.

- DEYNA, A. **Metalização de Polímeros empregados no setor automotivo**. 2015. 86 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Automotiva) - Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015.
- DUBAY, R. *et al.* Controlling process parameters during plastication in plastic injection molding using model predictive control. **Advances in Polymer Technology**, v. 33, n. 51, 2014.
- FAZENDA, J. M. R. **Tintas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2009.
- FUGANTI, B. O. **Rineplast – Plásticos Rio Negrinho LTDA**. 2009. 24 f. Relatório de Estágio Curricular (Graduação em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- GOMES, A. P. M. **Metalização em substratos poliméricos aplicados no setor de materiais sanitários**. 2016. 71 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia de Infraestrutura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.
- HARADA, J. **Moldes para injeção de termoplásticos**. São Paulo: Artiliber, 2004.
- KOTOBUKI SEIHAN PRINTING COMPANY LTDA. **Industrial material section transfer sales**. 2017. Disponível em: <<http://www.rex.co.jp>>. Acesso em: 10 jul. 2017.
- KÜCHLER, M. M. **Avaliação da metalização de Polímeros pelo processo de magnetron sputtering: um estudo preliminar**. 2006. 86 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Automotiva) - Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2006.
- KUREK, A. P. *et al.* Chemical surface treatment and metallization of ABS, PVC and PVC/ABS blends. **Polímeros**, v. 25, n. 2, p. 212-218, 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282015000200212](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282015000200212)>. Acesso em: 12 fev. 2018.
- KURZ DO BRASIL. **Folhas e máquinas para estampagem a quente**. 2017. Disponível em: <[www.kurz.com.br](http://www.kurz.com.br)>. Acesso em: 16 ago. 2017.
- LARPSURIYAKUL, P.; FRITZ, H. G. Warpage and countermeasure for injection-molded in-mold labeling parts. **Polymer Engineering and Science**, v. 51, n. 3, p. 411-418, 2011.
- LI, L. *et al.* Pretreatment and deposition process of electroless Ni plating on polyimide film for electronic field applications. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 477, p. 42-48, 2015. Disponível em: <<https://pubag.nal.usda.gov/catalog/5528792>>. Acesso em: 20 nov. 2017.
- MARTINEZ, A.; CASTANY, J.; MERCADO, D. Characterization of viscous response of a polymer during fabric IMD injection process by means a spiral mold. **Measurement**, v. 44, p. 1806-1818, 2011.
- MOLDES E MATRIZES. **Processo de injeção**. 2007. Disponível em: <<http://moldesunisc.blogspot.com/2007/03/processo-de-injeo.html>>. Acesso em: 29 ago. 2017.
- NEVES, A. F. **Avaliação da morfologia da peça moldada em um molde híbrido com inserto macho fabricado pelo vazamento de resina epóxi-fibras curtas de aço e adição de nanoargila na injeção de polipropileno**. 2014. 270 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- RECHA, J.; LE CALVEZ, C.; DESSOLY, M. A new approach for the characterization of machinability: application to steels for plastic injection molds. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 152, p. 66-70, 2004.
- ROCHA, R. C. **Projeto de moldes para fabricação de mancal de deslizamento por injeção de polímero**. 2017. 57 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- RODRIGUES, H. J. P. **Tratamento diferenciado das águas residuais de uma instalação de metalização de plásticos**. 2010. 57 f. Tese (Mestrado Integrado em Engenharia Química) - Universidade do Porto, Porto, 2010.
- SANCHEZ, E. M. S.; SILVA, S. C.; SÁNCHEZ, C. G. Propriedades mecânicas do ABS metalizado frente ao envelhecimento acelerado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE Polímeros, 8., 2005, Águas de Lindóia. **Anais...** São Carlos: Associação Brasileira de Polímeros 2005. p. 721-722.
- SIMIELLI, E. R. A.; SANTOS, P. A. **Plásticos de engenharia: principais tipos e sua moldagem por injeção**. São Paulo: Artiliber, 2010.
- SISTEVAC. **Máquina metalizadora**. 2018. Disponível em: <<http://www.sistevac.com.br/produtos.php>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

WIEBECK, H.; HARADA, J. **Plásticos de engenharia: tecnologia e aplicações**. São Paulo: Artliber, 2005.

WONG, A. C. Y.; LIANG, K. Z. Thermal effects on the behaviour of PET films used in the in-mould-decoration process involved in plastics injection moulding. **Journal of Materials Processing**

**Technology**, v. 63, p. 510-513, 1997.

WUTZL. **Hot-Stamping**. 2015. Disponível em: <<http://www.wutzl.com.br/hot-stamping/>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

ZANIN, M.; MANCINI, S. D. **Resíduos Plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia**. São Paulo: Edufscar, 2009.