

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

### COMO RESOLVER PROBLEMAS MAIS COMUNS NO PROCESSO DE INJEÇÃO CONVENCIONAL

GABRIEL C. MARCONDES<sup>1</sup>; CARLOS E. CORRÊA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente do curso de Tecnologia em Polímeros - Faculdade de Tecnologia José Crespo Gonzales – Fatec Sorocaba, Sorocaba – SP

<sup>2</sup>Docente orientador do curso de Tecnologia em Polímeros - Faculdade de Tecnologia José Crespo Gonzales – Fatec Sorocaba, Sorocaba – SP

**RESUMO:** Este estudo bibliográfico abordou de forma abrangente a problemática relacionada a peças incompletas, queima, rebarbas e rechupes no processo de injeção termoplástico convencional. A pesquisa envolveu a análise detalhada desses problemas, identificando suas causas raiz e propondo soluções eficazes. As soluções orientam para uma significativa redução de defeitos, aumento da eficiência produtiva e melhoria da qualidade final das peças, destacando a importância da constante inovação e aprimoramento nos processos industriais.

**Palavras-chave:** Processo; Injeção; Queima; Rebarba; Rechupe.

### HOW TO SOLVE MOST COMMON PROBLEMS IN CONVENTIONAL INJECTION PROCESS

**ABSTRACT:** This bibliographical study comprehensively addressed the issue related to incomplete parts, burning, burrs and shrinkage in the conventional thermoplastic injection process. The research involved detailed analysis of these problems, identifying their root causes and proposing effective solutions. The solutions aim to significantly reduce defects increase production efficiency and improve the final quality of parts, highlighting the importance of constant innovation and improvement in industrial processes.

**Keywords:** Process; Injection; Burn; Burr; Rechupe.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, houve um avanço significativo no tamanho e na complexidade das peças moldadas por injeção, assim como no desenvolvimento de máquinas, equipamentos e moldes, para atender às demandas do mercado. Esse progresso é impulsionado pela crescente procura por produtos fabricados com materiais plásticos em diversos setores econômicos, devido à sua vasta gama de aplicações e à capacidade de substituir materiais como metal, madeira e vidro (HARADA, 2004).

Diversos setores industriais, incluindo os de transporte, embalagens e equipamentos esportivos, têm investido de forma contínua no desenvolvimento de componentes plásticos que possam substituir materiais tradicionais e mais pesados em uma variedade de aplicações, sem comprometer as propriedades essenciais do produto final, em virtude da menor densidade dos plásticos em comparação com metais e cerâmicas (ARAÚJO, 2010).

O processo de injeção é amplamente empregado na indústria automotiva, especialmente na fabricação de painéis de veículos e na produção de componentes intermediários que servem como insumos para essa indústria. Esse método também é utilizado na produção de utilidades

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

domésticas voltadas ao consumidor final. Ele confere características detalhadas e específicas aos produtos, como roscas, furos e encaixes precisos. (ABIPLAST, 2021).

Segundo Groover (2015), a moldagem por injeção de plástico envolve a elaboração de uma peça através da introdução de plástico fundido em um molde. Essa técnica é empregada para a fabricação em grande escala na indústria de produção de componentes variados, tais como botões, recipientes, utensílios, partes eletrônicas, peças de veículos, entre outras.

A diversidade de equipamentos de moldagem por injeção disponíveis, que evoluíram concomitantemente com o avanço do procedimento, possibilita a produção de peças de complexidade variada e de dimensões diversas. Entretanto, esses dispositivos de injeção aderem a um mesmo paradigma de processamento, referido por Michaeli et al. (1995, p. 105) como máquinas universais.

### 1.1. Justificativa do tema

Este trabalho se justifica para contribuir com o setor de transformação de plásticos especialmente na área de injeção termoplástica e para a área acadêmica.

### 1.2. Problema de Pesquisa

Quais seriam as estratégias no campo da injeção termoplástica convencional, no cotidiano da empresa para que os problemas recorrentes pudessem ser minimizados para que ocorra uma eficácia operacional?

#### 1.2.1. Objetivo Geral

Esse projeto tem por finalidade apresentar soluções para os problemas recorrentes na injeção e mostrar como isso é fundamental para alcançar qualidade aprimorada, eficiência operacional e redução de custos. Esses benefícios contribuem para o sucesso a longo prazo da empresa, fortalecendo a sua posição no mercado e garantindo a satisfação contínua dos clientes.

#### 1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Identificar os problemas mais habituais e encontrar a causa raiz.
- b) Criar protocolos para que as operações tenham um conjunto de informações, decisões, normas e regras definidas a partir de um ato oficial.
- c) Apresentar de forma simples, clara e direta as possíveis soluções.

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

### 1.3. Hipóteses

A implementação de uma sistemática de uma abordagem de melhoria contínua, incluindo a análise de dados em tempo real, o desenvolvimento de protocolos de manutenção preventiva e o investimento em tecnologias avançadas de monitoramento e controle, pode ajudar a resolver os desafios enfrentados pela indústria no processo de injeção.

### 1.4. Metodologia

Podemos afirmar que essa abordagem de investigação é prospectiva e, seguindo os procedimentos estabelecidos, envolve uma pesquisa bibliográfica que abrange uma extensa busca focalizada no tema em questão, com o objetivo de coletar informações provenientes de fontes como artigos científicos, periódicos acadêmicos, obras literárias e materiais didáticos. A pesquisa bibliográfica, conforme descrito por Severino (2007), é aquela que se baseia no registro existente, resultante de estudos prévios, contidos em documentos impressos, tais como livros, periódicos, teses, entre outros. Utiliza-se de dados oriundos de categorias teóricas já exploradas por outros pesquisadores e devidamente documentadas. Os textos tornam-se referências para os temas a serem investigados, e o pesquisador trabalha com base nas contribuições dos autores dos estudos analíticos presentes nas obras (SEVERINO, 2007, p. 122).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Processo de Injeção

A moldagem por injeção de termoplásticos é um processo fundamental na fabricação de peças plásticas. Segundo Zoto (2020), este procedimento envolve a injeção de polímero aquecido sob pressão em uma cavidade, seguido pela solidificação e extração do molde. Além disso, conforme destacado por Zhou (2009, p. 297-306), a moldagem por injeção é o método mais comum na produção de peças plásticas, abrangendo a concepção do produto, o design do molde e a criação do processo de injeção, todos essenciais para garantir a qualidade e eficiência na produção.

Com o progresso contínuo e a considerável demanda de diversos setores industriais, as peças fabricadas com material polimérico se tornaram a base de muitos produtos e equipamentos. Suas formas cada vez mais intrincadas, combinadas com a alta resistência e o baixo peso, requerem uma injeção de elevada eficácia. Para alcançar a excelência e a rapidez

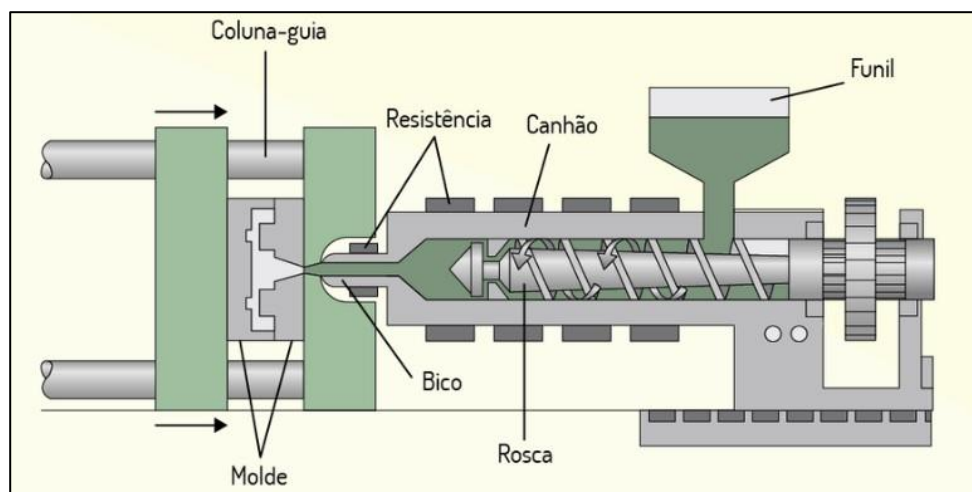
## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

nos procedimentos atuais de injeção, houve uma evolução em seus métodos. As máquinas de injeção progrediram, tornando-se maiores e mais velozes. Os moldes empregados, cada vez mais resilientes, são confeccionados com materiais específicos para cada aplicação (HARADA, 2008).

De acordo com Manrich (2013), o processo de injeção é caracterizado por ser cíclico e intermitente, com duas unidades da injetora operando em conjunto: a unidade de fechamento e a unidade de injeção. Cada unidade consiste em uma série de eventos individuais que colaboram em conjunto para completar um ciclo de injeção.

Por outro lado, Santos (2015) simplificou a descrição do processo de injeção como um ciclo que envolve seis etapas principais: fechamento do molde, preenchimento das cavidades, recalque, resfriamento, abertura do molde e extração do produto. Na figura 1 é ilustrado uma máquina injetora.

**Figura 1:** máquina injetora



Fonte: Unipar

## 2.2. Etapas do processo de Injeção

### 2.2.1. Fechamento do molde

O termo "fechamento" refere-se à etapa em que as partes móveis do molde são unidas para formar uma cavidade fechada. Durante essa etapa, a pressão é aplicada para manter o molde fechado e garantir que o plástico líquido seja injetado corretamente na cavidade do molde. O fechamento adequado do molde é essencial para obter peças de plástico de alta qualidade e evitar vazamentos ou defeitos durante o processo de injeção.

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Plates (2012) e Harada (2004) discutem a importância da força de fechamento no processo de injeção. No entanto, Plates destaca a necessidade de calcular o fechamento do molde para evitar rebarbas, enquanto Harada aponta que a força de fechamento é determinada pelo produto da pressão de injeção pela área projetada do produto. Ambos os autores concordam que esses fatores são influenciados pelo material, geometria e dimensões do produto a ser injetado.

Segundo Prust (2018), nas placas cavidades são usinadas as cavidades que formarão o produto. Quando o molde se fecha, as placas cavidades se encaixam e deixam um espaço vazio para o polímero fundido preencher e formar o produto (Manrich, 2013).

### **2.2.2. Injeção (preenchimento das cavidades)**

Na moldagem por injeção, o polímero é aquecido e injetado sob pressão na cavidade de um molde, onde se solidifica, conforme descrito por Harada e Ueki (2012). Quando a rosca homogeneiza a quantidade adequada de polímero, ela funciona como um pistão, movendo-se para frente e injetando a massa fundida no molde. Para isso, a válvula do bico de injeção se abre por meio de um dispositivo apropriado. Por outro lado, para evitar o retorno do polímero pelos canais da rosca, uma válvula na ponta se fecha. Devido à alternância entre a função de parafuso sem fim e de pistão, a rosca é denominada recíproca (MANRICH, 2005).

### **2.2.3. Recalque**

Tanto Harada e Ueki (2012) quanto Manrich (2005) abordam o conceito de recalque na moldagem por injeção. De acordo com os autores, o recalque é a fase subsequente à injeção de material na cavidade do molde. Durante essa fase, o polímero é compactado para compensar a contração que ocorre durante a solidificação, evitando assim o "rechupe" das peças. Harada e Ueki (2012) destacam que essa compactação é essencial para manter a integridade dimensional das peças, enquanto Manrich (2005) ressalta a importância de manter a pressão para evitar a contração excessiva do material.

### **2.2.4. Refrigeração**

No ciclo de injeção, a fase de resfriamento consiste na transferência de calor entre o material fundido e as paredes do molde, visando alcançar a temperatura de extração. Neste ponto, a peça adquire rigidez suficiente para ser removida do molde sem riscos de danos estruturais ou superficiais (HARADA e UEKI, 2012).

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Os moldes utilizados são compostos por duas partes, uma delas sendo o lado fêmea e a outra o lado macho. Durante o início do ciclo, essas partes se unem, e nas peças são incorporados canais de refrigeração. A circulação de água através desses canais visa resfriar o sistema por condução até que o polímero se solidifique. É essencial que os moldes sejam fabricados com aço de médio teor de carbono, apresentando propriedades de polimento e uniformidade de dureza satisfatórias, além de uma baixa susceptibilidade à distorção e uma resistência adequada ao amolecimento e à soldagem (LIGAS PARA MOLDES DE INJEÇÃO EM PLÁSTICO, 2023).

### 2.2.5. Dosagem, descompressão, contrapressão e colchão

De acordo com Harada e Ueki (2012) depois que o plástico é injetado para dentro do molde, uma quantidade certa de material é preparada para o próximo ciclo. Isso acontece na etapa de dosagem, onde o plástico é transportado do funil para a frente da rosca, devido à rotação. Enquanto o plástico fundido vai ocupando a parte da frente do cilindro, a rosca vai recuando de forma controlada para liberar espaço. Durante a dosagem, o plástico fundido vai misturado de forma homogênea e vai espalhando os aditivos, cargas e pigmentos na massa fundida e preparado na quantidade correta para encher o molde e compensar a contração. Além disso, é preciso considerar um “colchão” extra de material dosado que deve permanecer no molde. Esse "colchão" serve para transmitir a pressão da rosca para o material no molde durante a fase de recalque.

Segundo Harada e Ueki (2012) enquanto o material é transportado pela rosca plastificadora, ele é aquecido pelas resistências elétricas e pelo atrito causado pela rotação da rosca e pela contrapressão, passando de um estado sólido para um estado fundido. Depois da dosagem, se necessário, a unidade de injeção pode recuar desencaixando o bico do molde. Essa operação é importante para evitar entupimentos e separações indesejadas. A separação é essencial para que o produto final fique na parte móvel da máquina, onde geralmente estão os extratores. Nessa etapa, controla-se a rotação da rosca, número de estágios de dosagem, contrapressão, descompressão dianteira e traseira e volume de dosagem. Geralmente essa fase acontece ao mesmo tempo que o resfriamento quando se está em ritmo de produção.

### 2.2.6. Abertura e extração

Para garantir um movimento suave do molde, é essencial iniciar e concluir tanto a abertura quanto o fechamento com velocidades baixas, combinadas com forças ou pressões

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

elevadas para iniciar e interromper o movimento. Velocidades excessivamente altas são inadequadas, especialmente para moldes pesados. Além disso, ao final da abertura, a velocidade deve ser reduzida para evitar paradas abruptas do molde. O início da abertura com velocidade baixa e força alta é crucial para evitar movimentos bruscos, prolongar a vida útil da máquina e prevenir danos tanto à peça injetada quanto aos componentes do molde (HARADA; UEKI;2012).

De acordo com Malloy (2010), a inclusão de ângulos de inclinação visa facilitar a desmoldagem ou extração da peça do molde. Isso ocorre porque, ao abrir o molde, a peça pode ficar presa na bucha devido à contração do material, causando uma pressão de contato e forças de atrito normais entre a peça e a bucha. Por outro lado, a contração do material através da espessura da parede tende a puxar a peça, promovendo sua separação da cavidade. A introdução de inclinação auxilia na extração da peça ao evitar arranhões ou abrasões nas superfícies externas (cavidades) e nas paredes laterais da peça. Além disso, ao abrir o molde, reduz o atrito deslizante, evitando danos à peça e facilitando o movimento do ar para compensar os efeitos de vácuo.

### 3. DEFEITOS MAIS COMUNS NO PROCESSO DE INJEÇÃO

#### 3.1. Peças Incompletas ou Falhadas

Peças incompletas no processo de injeção termoplástico são aquelas que não foram totalmente formadas devido a uma série de possíveis problemas durante o processo de moldagem. Essas peças incompletas podem apresentar falhas visíveis, como buracos, deformações ou áreas finas demais.

De acordo com Cominatto (1997) e Harada (2004), a falta de material injetado no molde é uma causa comum de falha, resultando em problemas como a injeção incompleta. Isso pode ocorrer devido à pressão inadequada, tempo de injeção curto ou material insuficientemente fundido. Problemas como baixa pressão de injeção, velocidade de injeção e temperatura de fusão do material podem contribuir para um preenchimento insuficiente da cavidade do molde, afetando o tamanho das peças. Portanto, é essencial verificar regularmente o canal de passagem da peça, sua posição correta e a distribuição uniforme no desenho do molde.

Segundo Martins (2006), há ainda outras causas para o aparecimento de peças incompletas: fluxo de material impedido devido à falta de saídas de gás, congelamento prematuro da seção transversal do canal.

### CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

É apresentado na figura 2 peça completa e na figura 3 peça incompleta.

Ao analisar o quadro 1 observamos as possíveis e principais causas de peças incompletas no processo de injeção e também as principais soluções e medidas a serem tomadas para sanar o problema.

**Figura 2:** Peça completa



**Figura 3:** Peça incompleta



Fonte: Autoria própria

**Quadro 1:** Causas e Soluções – Peças Incompletas

Causa	Solução
Capacidade inadequada da máquina	Checar se a capacidade de injeção e plastificação da máquina é adequada
Dosagem do material inadequada	Checar dosagem, aumentar e comprovar que não há obstrução no fluxo do material
Volume do colchão inadequado	Checar o volume do colchão ajustado
Pressão de injeção insuficiente	Aumentar a pressão de injeção ou tempo de recalque
Demasiadas perdas de pressão no preenchimento da(s) cavidade(s)	Aumentar o tamanho das entradas e dos canais de alimentação Aumentar o tamanho do bico de injeção Verificar se o bico (canais e entradas) não está obstruído
Material muito frio	Aumentar a temperatura do cilindro de aquecimento Ampliar o ciclo total de moldagem
Molde muito frio	Aumentar a temperatura do molde
Resistência ao fluxo causada pela presença de ar preso na cavidade	Colocar saídas de ar adequadas Diminuir a velocidade de injeção Diminuir a força de fechamento
Distância muito grande desde entrada ao extremo da cavidade	Aumentar o número de pontos de injeção

Fonte: Harada e Ueky (2012)



## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

### 3.2. Peças Queimadas

Conforme mencionado por Goodship (2010), a queima ou degradação do material (carbonização) pode ocorrer devido à compressão do ar dentro das cavidades do molde, dependendo da pressão e velocidade de injeção.

O aprisionamento do ar é um fenômeno descrito por Sacchelli (2002), que ocorre quando as cavidades do molde possuem paredes finas e espessas em diferentes áreas do produto. Isso facilita o preenchimento das paredes espessas, enquanto dificulta a passagem do polímero nas regiões mais finas.

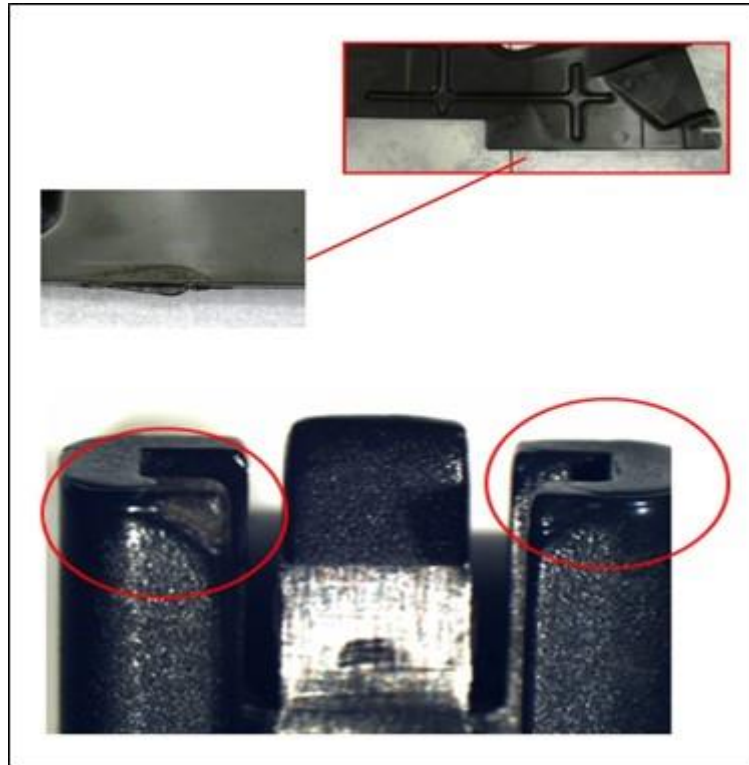
De acordo com Manrich (2013), a dimensão do ponto de injeção deve ser ajustada de acordo com o tamanho da peça, a espessura das paredes e o tipo de polímero utilizado. No entanto, materiais suscetíveis à degradação térmica, como o PVC e outros polímeros de engenharia, exigem pontos de injeção mais amplos.

Quando são observadas manchas pretas ou marrons na peça moldada, isso pode ser resultado de uma temperatura de processamento inadequada do material ou contaminação por outras resinas. É necessário ajustar a temperatura de fusão do polímero. Além disso, a limpeza regular da rosca plastificadora e do cilindro é crucial para evitar a entrada e acúmulo de fragmentos de resina, o que pode contribuir para este problema. Nesse contexto, é fundamental verificar os parâmetros de processamento para identificar possíveis erros (HARADA, 2004).

Na figura 4 a seguir são apresentados dois exemplos de peças com queima.

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Figura 4: Peças com queima



Fonte: autoria própria

No quadro 2 são apresentadas as principais causas e soluções de queima no processo de injeção:

Quadro 2: causas e soluções referentes a Rebarbas

Causa	Solução
Material quente	Diminuir a temperatura do cilindro de aquecimento
Ar preso na cavidade do molde	Modificar a posição do ponto de injeção. Colocar saídas de ar corretamente Diminuir a força de fechamento Analisar o desenho da secção transversal da peça para melhorar o fluxo do polímero na cavidade
Presença de voláteis no material e dosagem inadequada	Secar o material corretamente Consultar o fabricante do material sobre viscosidade Checar a proporção de moído se utilizado
Velocidade de injeção muito alta	Diminuir a velocidade de injeção Diminuir a pressão de injeção
Ponto de injeção muito pequeno Pigmentos não adequados	Aumentar o ponto de injeção no molde Utilizar pigmentação com maior resistência térmica

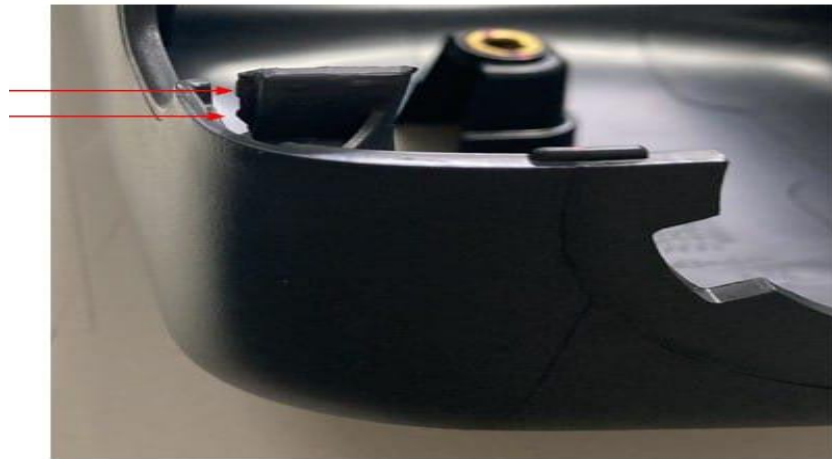
Fonte: Harada e Ueki (2012)

### CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

Conforme apontado por Cominatto (1997), a formação de rebarbas é resultado da injeção excessiva de material no molde, o que se manifesta através de tempos e pressões de injeção elevados.

Da mesma forma, Manrich (2005) destaca a importância de manter o molde devidamente fechado durante a aplicação de pressões, incluindo a injeção, pressurização e recalque. Caso contrário, as placas do molde podem se abrir, levando ao vazamento de material e à criação de rebarbas. Na Figura 5 pode ser observada rebarba na trava de fixação.

**Figura 5:** Peça com rebarba



**Fonte:** Autoria própria

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

No quadro 3 são apresentadas as principais causas e soluções de rebarbas.

**Quadro 3:** Causas e soluções referentes a rebarba

Causa	Solução
Material demasiado quente	Diminuir a temperatura do cilindro
Pressão de injeção e recalque muito alta	Diminuir pressão de injeção Diminuir tempo de recalque
Força de fechamento muito pequena	Certificar-se de que o ajuste da força de fechamento é adequado
Duas partes do molde não se ajustam bem	Retificar as superfícies de união das metades do molde para que se ajustem perfeitamente
Rebarba ou material estranho entre as metades do molde	Limpar as superfícies de união para que se ajustem perfeitamente Verificar se não há material entre as duas faces de fechamento do molde
Excesso de material injetado na cavidade	Diminuir pressão de injeção Ajustar dosagem do material Usar válvulas de controle de vazão do bico Checar tempo de recalque
Máquina de injeção com capacidade de fechamento inadequada	Utilizar uma máquina injetora com maior capacidade de força de fechamento

Fonte: Harada e Ueki (2012)

### 3.3. Rechupe ou chupados

Em algum momento, a parte mais quente de uma peça recentemente injetada alcançará a temperatura das demais partes. Durante o processo de encolhimento, pode ocorrer reposição de massa ou não. O fenômeno conhecido como chupado ocorre quando a compensação adequada não é realizada nessas regiões. Esse problema é mais comumente observado em peças injetadas com polímeros cristalinos, que param de fluir devido à cristalização, interrompendo assim a reposição ou compensação do encolhimento e resultando na falta de massa de polímero dentro do molde (MANRICH, 2005).

### CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

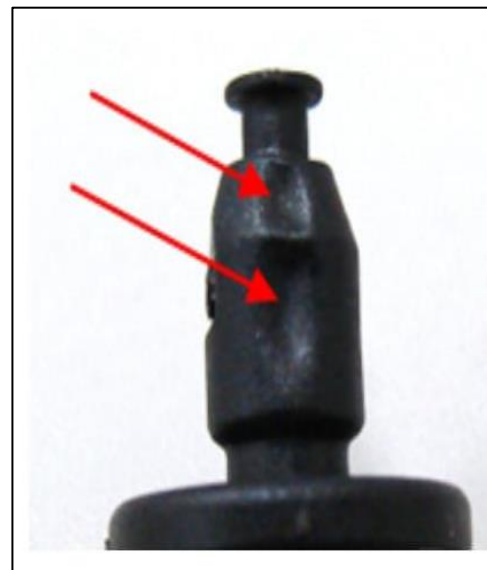
Defeitos em baixo relevo, conhecidos como chupados, surgem devido ao encolhimento excessivo em uma área específica do molde. A solução para eliminar o chupado é simples: se a pressão de recalque estiver muito baixa, basta aumentá-la. No entanto, é desafiador remover essas marcas aumentando progressivamente a pressão de compensação. Em alguns casos, quando as pressões de compensação são baixas, pode até ocorrer uma diminuição do chupado. No entanto, se as pressões estiverem abaixo de um mínimo, o chupado persistirá, sendo necessário então ajustar a pressão (MANRICH, 2005).

Nas figuras 6 e 7 são representadas peças com rechupe.

**Figura 6:** Peça com rechupe



**Figura 7:** Peça com rechupe



**Fonte:** autoria própria

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

No quadro 4 são apresentados os problemas mais recorrentes e suas respectivas soluções para o rechupe.

**Quadro 4:** Causas e soluções referentes a rechupe

Causa	Solução
Contração do material ao resfriar	<p>Aumentar as pressões de enchimento da cavidade para atuar de maneira eficaz e obter distribuição uniforme</p> <p>Aumentar o tempo de injeção e de recalque</p> <p>Aumentar a pressão de injeção e de recalque</p> <p>Ampliar o tamanho das entradas, dos canais e da bucha de injeção do molde</p> <p>Checar o diâmetro do bico de injeção da máquina injetora</p> <p>Aumentar a velocidade de injeção</p> <p>Redesenhar a peça com paredes mais finas</p> <p>Diminuir a temperatura do molde</p> <p>Checar o posicionamento do ponto de injeção</p>
Material demasiado quente	Ajustar temperatura do cilindro de aquecimento
Insuficiente quantidade de material dentro da cavidade quando o ponto de injeção se solidifica	<p>Aumentar a pressão na cavidade</p> <p>Aumentar a dosagem</p> <p>Usar a válvula de controle de vazão no bico</p> <p>Aumentar o tamanho do ponto de injeção</p>
A espessura da parede da peça não é uniforme	Colocar o ponto de injeção na seção mais espessa da peça e redesenhar a peça com uma secção mais uniforme, se possível

Fonte: Harada e Ueki (2012)

### 3.4. A importância da simulação na moldagem de injeção de termoplásticos: destaque para o molde flow

Na indústria de moldagem por injeção de termoplásticos, a simulação desempenha um papel importante, auxiliando em diversas etapas do processo, desde a concepção do produto até a melhoria do ciclo de moldagem das peças. Este recurso é fundamental para minimizar erros de projeto e reduzir custos de desenvolvimento, tendo em vista a complexidade geométrica das peças moldadas. A simulação na moldagem por injeção de termoplásticos oferece diversos benefícios, com destaque para o Molde Flow, que permite a identificação exata das entradas de injeção, a utilização eficaz para equilibrar moldes com múltiplas cavidades, a redução significativa do tempo de ciclo de injeção, a precisa localização das saídas de gases, a otimização dos sistemas de refrigeração, a redução do tempo de desenvolvimento do molde, a diminuição do número de try-out para liberar o molde, a eliminação de retrabalhos no

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

ferramental e obtenção precisa das condições e parâmetros ideais do processo (velocidade de injeção, pressão, contração do material, temperatura do molde e de processamento do material). (HARADA e UEKI; 2012)

### 4. CONCLUSÃO

Através deste estudo podemos sugerir que para eliminar as falhas de injeção, rechupe, queima e rebarba no processo de injeção de polímeros é necessário identificar as causas raiz específicas de cada problema, seja ele relacionado à pressão de injeção, tempo de injeção, temperatura do material, velocidade de injeção ou outros fatores.

Conclui-se que é essencial seguir algumas medidas práticas e eficazes: ajustar adequadamente a temperatura do cilindro de aquecimento para obter uma boa fluidez, garantir a dosagem correta do material, aliada a pressão e velocidade para preencher as cavidades, verificar e limpar regularmente a rosca plastificadora e o cilindro são ações fundamentais para evitar queima e contaminação por outras resinas.

Além disso, é importante manter o molde bem fechado durante o processo de injeção para evitar rebarbas, ajustar a pressão de injeção e tempo de recalque, e verificar se a capacidade da máquina de injeção é adequada. Para eliminar o rechupe, é necessário aumentar a pressão de recalque e ajustar a pressão de compensação de forma progressiva.

É preciso modificar a posição do ponto de injeção, garantir a secagem adequada do material, reduzir ou aumentar a velocidade de injeção quando necessário, entre outras soluções mencionadas no estudo.

Para futuras investigações, sugere-se explorar as possibilidades oferecidas pelo monitoramento dentro do contexto da indústria 4.0. Isso inclui o uso de moldes equipados com sensores de pressão para detectar problemas no processo, máquinas capazes de analisar a fluidez do polímero e realizar ajustes automáticos, além de um enfoque contínuo na melhoria dos projetos. Um projeto bem elaborado não apenas previne, mas também mitiga a ocorrência de problemas no processo de injeção termoplástica.

### 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me sustentou e deu forças nesses anos de graduação, minha família que me apoiou e minha esposa que deu todo suporte cuidando das nossas filhas enquanto estudava. Enorme gratidão ao professor Carlos Eduardo Corrêa que aceitou ser meu orientador para que esse trabalho fosse concluído.

## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPLAST (Brasil). Perfil 2021 - **As Indústrias De Transformação e Reciclagem de Plástico no Brasil: Processos Produtivos para a Fabricação de Transformados Plásticos**. <https://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil2021>

ARAÚJO, J. F. **Estudo de Propriedades Mecânicas do Polipropileno Moldado por Injeção em Insertos de Resinas**. 88 f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Curitiba P.R. 2010

COMINATTO, A. C. **Influências das variáveis do ciclo no produto final** São Paulo: ASTRA S/A Indústria e Comércio, 1997.

GOODSHIP, V. **Troubleshooting Injection Moulding**. Shawbury: Smithers Rapra Press, 2010.

GROOVER, Mikell P. **Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems**. [S.l.]: John Wiley & Sons., 2015.

HARADA, J. **Moldes para Injeção de Termoplásticos: projetos e princípios básicos**. Ed. Artliber, 2ª Edição, São Paulo, Brasil, 2008.

HARADA, Júlio. **Plásticos de engenharia: Tecnologia e aplicação**. Editora Artliber. São Paulo, 2004

HARADA, Júlio. **Moldes para injeção de termoplásticos: projetos e princípios básicos**. São Paulo: Artliber, 2004.

HARADA, Júlio; Ueki, Marcelo M. **Injeção de termoplásticos: produtividade com qualidade**. São Paulo: Artliber Editora, 2012.

MIRANDA, D. A. de. (2017). Desenvolvimento de peças plásticas substitutivas para materiais tradicionais em setores industriais (Dissertação de mestrado, Universidade da Região de Joinville – Univille, Programa de Mestrado em Engenharia de Processos). Disponível em: [https://www.univille.edu.br/account/mep/VirtualDisk.html/downloadDirect/982707/Dissertacao\\_Diego\\_Alves\\_de\\_Miranda.pdf](https://www.univille.edu.br/account/mep/VirtualDisk.html/downloadDirect/982707/Dissertacao_Diego_Alves_de_Miranda.pdf). Acesso em: 01/05/2024.

UNIVERSIDADE PARANAENSE. **Processos de Produção**. Moodle EAD UNIPAR. Disponível em: <https://moodle.ead.unipar.br/materiais/webflow/processos-de-producao/unidade-iv.html>. Acesso em: 31/04/2024.

**LIGAS para Moldes de Injeção em Plástico**. [cicma.com.br](http://cicma.com.br), 20 maio 2023. Disponível em: <https://cicma.com.br/ligas-para-moldes-de-injecao-em-plastico>.

PLATES. Jones. **Força de Fechamento do Molde**. Disponível em: <http://platesprojetosdemoldes.blogspot.com.br/2012>



## CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

4. SACCHELLI, C. M. **Análise do processo de injeção de termoplásticos através de sistemas CAE**. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2002, João Pessoa. Anais do Congresso de Engenharia Mecânica.

SANTOS L. U. – **Modelo e processo de desenvolvimento integrado de moldes para injeção de termoplásticos**. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, 2015, pág. 32.

] SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2007.

MALLOY, R. A. (2010). **Plastic Part Design for Injection Molding : An Introduction**. Munich: Hanser.

MANRICH, S., “**Processamento de Termoplásticos: Rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes**”. Ed. Artliber, 2ª Edição, São Paulo, Brasil, 2013.

MANRICH, S., 2005. “**Processamento de Termoplásticos**”. Ed. ArtLiber, São Carlos, SP.

MICHAELI, Walter et al. **Tecnologia dos plásticos**. São Paulo: Edgard Blucher, 1995.

PRUST, Robson. (2018). **Influência do material das placas de refrigeração do molde no tempo do ciclo de injeção para diferentes polímeros**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Automotiva) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville, Joinville – Santa Catarina. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/161523546.pdf>. Acesso em: 17/03/2024.

SILVA, G. S.; PADOVAN, G. E.; BALISTA, V. A.; ANTONIO, V. P. de. **Melhoria do processo de produção de tampas plásticas por injeção com a utilização de molde com câmara quente na empresa Bral-Max**. São Caetano do Sul: Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, Escola de Engenharia Mauá, 2023. Disponível em: <https://repositorio.maua.br/bitstream/handle/MAUA/525/PMN02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23/04/2024.

ZHOU, Huamin; SHI, Songxin; MA, Bin. **A virtual injection molding system based on numerical simulation**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, [s.l.], v. 40, n. 3-4, p. 297-306, jan. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-007-1332>

ZOTO, Jacson Fabiano. **Especificação técnica aplicada às etapas de desenvolvimento de projeto de moldes de injeção de termoplásticos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/6901/TCC%20Jacson%20Fabiano%20Zoto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15/4/2024.