

## **AValiação da Injeção de Corpo de Garrafa Térmica: COMPARAÇÃO ENTRE SIMULAÇÃO E PEÇA FÍSICA**

**Anderson André Seimetz, andersonseimetz@hotmail.com<sup>1</sup>**

**Orientador Douglas Alexandre Simon, douglas.simon@farroupilha.ifrs.edu.br<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Farroupilha, Avenida São Vicente, 785, Bairro Cinquentenário, CEP 95180-000, Farroupilha – RS

**Resumo:** *O objetivo deste estudo foi avaliar a utilização da simulação como uma etapa essencial no desenvolvimento de projetos de injeção de plásticos. A metodologia envolveu a realização de simulações do processo de injeção, identificando variações de temperatura, preenchimento do molde e contração ao resfriar, além da produção de amostras físicas para validação. Os resultados indicaram que a simulação proporcionou uma compreensão profunda do processo, identificando antecipadamente problemas e permitindo a otimização de parâmetros. Foi possível identificar pontos onde ocorrem contrações e empenamento na peça, avaliar como o fluxo do polímero se comporta durante o preenchimento da cavidade, a perda de pressão durante a injeção e a região com maior dificuldade de ser completada com material. Além disso, foram mensuradas as peças físicas e comparadas aos resultados de projeto e simulação. Foi observado que a diferença das medidas encontradas na peça física e na simulação foi de aproximadamente 1,5% para mais ou para menos, com exceção de uma delas, que foi a espessura da alça, onde foi encontrado um valor cerca de 9% menor na peça física. Sendo assim, a validação das simulações por meio de amostras físicas confirmou sua precisão, destacando sua utilidade na elaboração de projetos de peças de alta qualidade com economia de recursos e redução de impactos ambientais.*

**Palavras-chave:** *Simulação, Injeção de Plásticos, Validação, Otimização.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Os polímeros desempenham um papel fundamental na indústria, representando uma classe de materiais amplamente utilizada devido às suas propriedades versáteis e adaptáveis. Suas aplicações industriais abrangem uma vasta gama de setores, incluindo manufatura, embalagens, construção, eletrônicos, automotivo, e muito mais. A capacidade dos polímeros de serem moldados em uma variedade de formas, bem como a sua leveza, durabilidade e resistência a corrosão, torna-os escolhas ideais para componentes e produtos em diversas indústrias. Além disso, os polímeros oferecem benefícios significativos em termos de eficiência energética, redução de peso, sustentabilidade e custos de produção, tornando-os uma escolha estratégica para a indústria moderna, que busca constantemente soluções mais eficazes e ambientalmente conscientes, elucida Pereira (2015).

Conforme Miranda (2017), o processo de moldagem por injeção de termoplásticos compreende diversas etapas. Inicialmente, os grânulos são fundidos e injetados em alta pressão no molde, que possui a geometria da peça a ser produzida. Após a injeção, o resfriamento é essencial para a solidificação do plástico e a manutenção da forma. A abertura do molde e a ejeção da peça moldada completam o ciclo.

A fabricação do molde no processo de moldagem por injeção de termoplásticos é uma etapa crucial que requer muita precisão e especialização. Inicialmente, um projeto detalhado do molde é elaborado com base nas especificações da peça a ser produzida, e esse projeto orienta a usinagem de um bloco sólido de material resistente, frequentemente aço ferramenta. A usinagem envolve processos como fresagem, torneamento e retificação para criar as cavidades internas e os canais de refrigeração necessários. Após a usinagem, o molde é submetido a tratamentos térmicos e revestimentos para aumentar sua durabilidade e resistência ao desgaste, enquanto os canais de refrigeração são projetados estrategicamente para garantir uma refrigeração uniforme durante o processo de moldagem. A precisão e qualidade na fabricação do molde são fundamentais, pois qualquer imperfeição pode comprometer a qualidade das peças moldadas. Portanto, a habilidade e a meticulosidade dos fabricantes de moldes desempenham um papel vital na produção de componentes plásticos de alta qualidade. No entanto, a fabricação do molde tem um custo muito elevado devido aos vários processos produtivos aplicados, sendo essa a etapa com o maior custo agregado da operação, conforme cita Nishimoto (2001).

Dessa forma, as ferramentas de simulação CAE (Engenharia Assistida por Computador) trouxeram uma revolução importante para a fabricação de peças por moldagem por injeção. Essas tecnologias permitem que os engenheiros usem *softwares* para analisar detalhadamente como o plástico se comporta durante o processo. Isso significa que ajustes como o *design* do molde, a maneira como o plástico é injetado e como é resfriado podem ser realizados com base em simulações virtuais. Isso economiza tempo e recursos, melhora a qualidade das peças e reduz o desperdício. Em resumo, a simulação por computador mudou a maneira como são fabricados produtos usando moldagem por injeção, tornando o processo mais eficiente e preciso, diz Santos (2015).

Em situações nas quais as empresas envolvidas na produção de moldes para a injeção de termoplásticos não incorporam a engenharia de simulação como um instrumento de concepção, as indústrias de transformação de plásticos identificam defeitos no produto injetado somente após a realização de testes na matriz confeccionada, afirma Blasio (2007). Essas inadequações podem se manifestar devido a fenômenos como o preenchimento insuficiente das cavidades, posicionamento inadequado dos pontos de entrada ou canais de injeção, formação de bolhas de ar, falhas decorrentes de um processo de resfriamento ineficaz nas cavidades ou degradação do material injetado, conforme documentado por Harada (2004).

Além disso, os programas computacionais viabilizam a simulação do procedimento de injeção utilizando uma gama diversificada de materiais e diferentes configurações de injeção, como temperatura, pressão e velocidade, possibilitando ao utilizador a obtenção dos parâmetros necessários antes do estágio de produção efetiva da peça. Esse enfoque contribui para a diminuição do período de ajustes iniciais e para a redução do consumo de energia e matéria-prima, conforme destacado por Pinto (2002).

O objetivo deste trabalho foi utilizar uma tecnologia de simulação em um estudo de caso de um corpo de garrafa térmica injetada em polipropileno, comparando os resultados obtidos no *software* com uma peça física injetada. Dessa forma, foi possível avaliar o comportamento do preenchimento do polímero durante o processo de injeção, a presença de rechupes e marcas de fluxo. A partir disso, pode-se avaliar a alteração de parâmetros de injeção do modelo virtual e obter melhores condições de processo, sem consumo de recursos físicos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Produção de Amostras

Peças físicas foram produzidas para comparação com os resultados da simulação. Essas peças foram fabricadas em uma injetora Engel E-victory 450, utilizando um molde construído em aço P20. O material utilizado na injeção foi o polipropileno (PP) produzido pela Braskem. A densidade do polímero utilizado é de 0,905 g/cm<sup>3</sup> e o índice de fluidez apresentado a uma temperatura de 230 °C, com utilização de um pistão de massa igual a 2,16 kg é de 40 g/10min. As peças físicas foram produzidas com 75, 95 e 100% de preenchimento, sendo essa porcentagem baseada na massa do produto. Esses percentuais de massa são consequências do processo produtivo, não sendo possível injetar menor quantidade de material devido à dificuldade de extração da peça do molde. Os pontos de injeção do material na cavidade ficam localizados no bocal da garrafa. São três pontos distribuídos a um ângulo de 120 graus entre eles. Os principais parâmetros utilizados na injeção das peças são descritos na tabela 1.

**Tabela 1: Parâmetros configurados na máquina para produção das peças físicas.**

Variável	Valor
Temperatura de Injeção	220 °C
Velocidade de Injeção	Inicial: 27,5 mm/s; Final: 48,9 mm/s
Pressão de Injeção	100 bar
Tempo de Resfriamento	19 s
Temperatura do Molde	30 °C
Tempo de Injeção Total	4,6 s
Tempo de Retenção	0,5 s

Para a produção da peça física com preenchimento completo, foi utilizada uma massa de 142 g de polipropileno na injetora, e para as peças com 95% e 75% de preenchimento, foram utilizadas 135 g e 106 g de material, respectivamente. Para todas as peças os parâmetros de temperaturas, velocidade e pressão foram mantidos os mesmos, apenas variando a dosagem do polímero injetado na cavidade.

### 2.2. Modelo de Simulação

O modelo 3D do corpo da garrafa térmica foi criado no *software* SolidWorks (Dassault Systèmes, Waltham, MA, EUA) e posteriormente a análise foi feita no módulo Plastics do SolidWorks. O modelo foi criado com base nas

especificações técnicas do produto e foi verificado quanto à precisão geométrica. Na figura 1 é apresentado o detalhamento do produto.

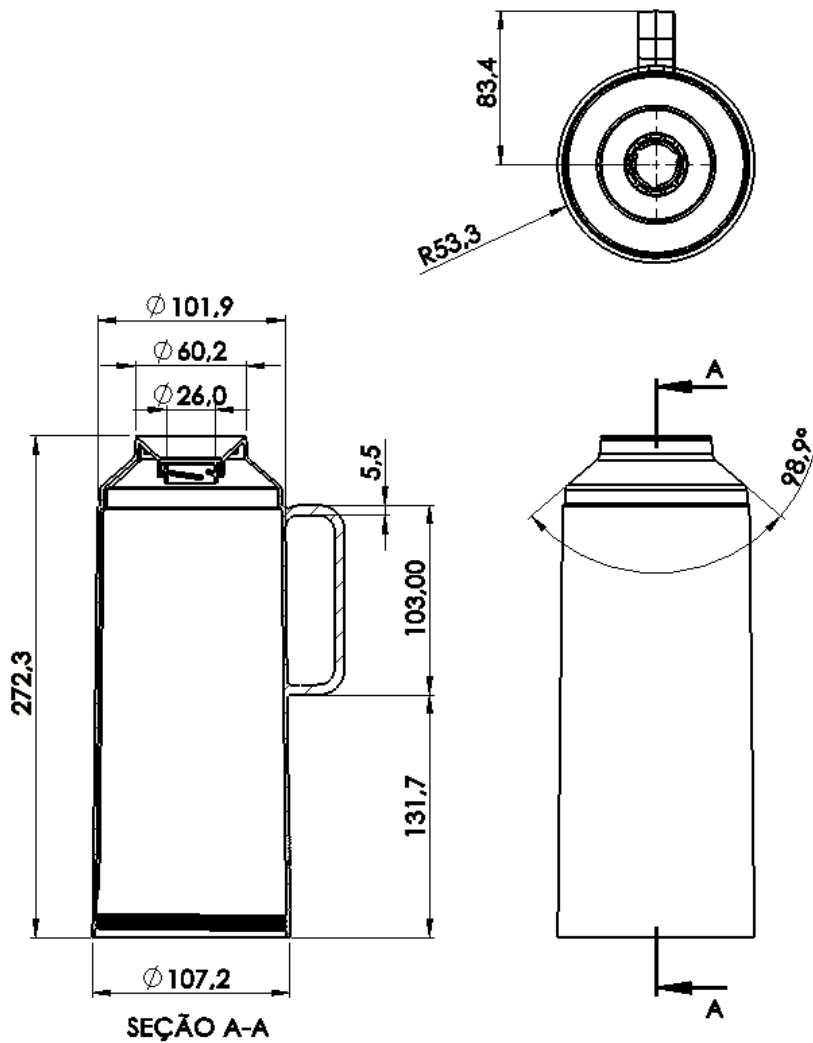
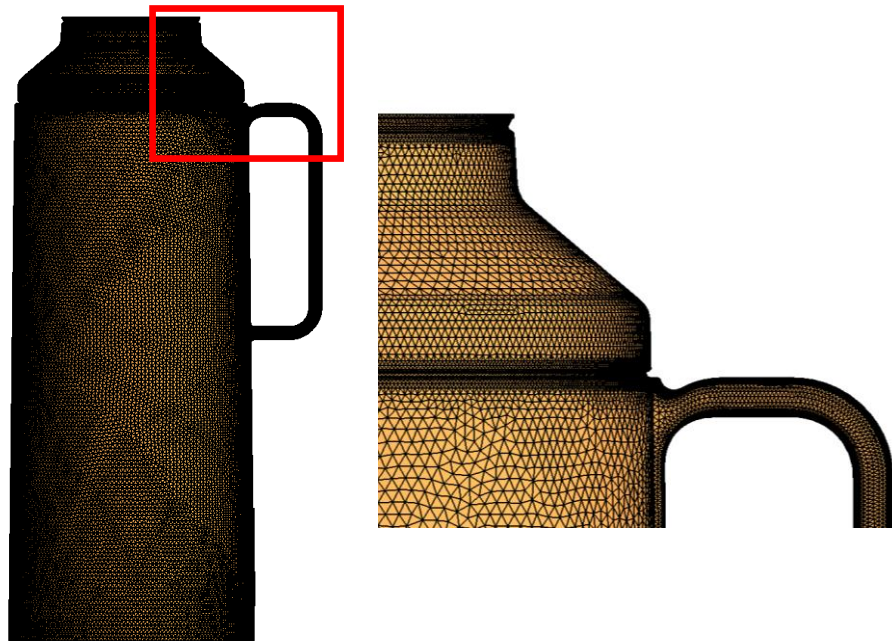


Figura 1: Detalhamento da garrafa térmica utilizada no estudo.

### 2.3. Processo de Simulação

Com a realização da simulação no *software* SolidWorks Plastics, foi definida a malha, a configuração dos parâmetros de simulação, e por fim, executada a simulação e a análise dos resultados. A simulação foi realizada de acordo com o processo real, para avaliar o comportamento do material durante o processo de injeção.

Optou-se pela utilização da malha sólida híbrida tetraédrica, que consistiu em 988.449 elementos e 399.960 nós. A escolha da malha sólida híbrida foi baseada na sua capacidade de representar com precisão a geometria complexa do modelo de injeção plástica, garantindo ao mesmo tempo eficiência computacional. Na figura 2 é possível observar a malha utilizada.



**Figura 2: Malha utilizada na simulação de injeção.**

O material selecionado para a simulação foi o polipropileno (PP), que também foi utilizado na produção das amostras. A escolha do material é de extrema importância, já que suas propriedades influenciam diretamente o comportamento do processo de injeção, incluindo o preenchimento do molde, a formação de defeitos e a distribuição de tensões.

A seleção do tipo malha, seu detalhamento, e a escolha do material, considerando suas propriedades termofísicas e reológicas, afetam diretamente os resultados da simulação. Dessa forma, a malha influenciou a precisão da análise, enquanto as propriedades do material determinaram como o polipropileno se comportou durante o processo de injeção, como a taxa de resfriamento, a viscosidade e a condutividade térmica.

#### 2.4. Parâmetros de Simulação

Os parâmetros para realizar a simulação foram configurados de acordo com aqueles utilizados na máquina para produção das peças. Esses parâmetros incluem a temperatura de injeção, velocidade de injeção, pressão de injeção, taxa de resfriamento e outras propriedades específicas do processo de injeção plástica.

A temperatura de injeção foi mantida constante a 220 °C para garantir a consistência da simulação. A pressão de injeção foi configurada em 100 bar. O tempo de resfriamento foi estabelecido em 19 s, enquanto a massa injetada para o preenchimento completo foi de 142 g, de acordo com as especificações do produto. A temperatura do molde foi mantida a 30 °C, e o tempo de injeção total foi de 4,6 s, com um tempo de recalque de 0,5 s.

#### 2.5. Avaliação da Simulação

Após a realização da simulação com os parâmetros iguais aos da máquina, foi feita uma comparação com as peças físicas produzidas. Foram comparadas algumas cotas para observar a contração da peça produzida e da simulação, assim como avaliar o empenamento. Também foi observado o comportamento do fluxo do material no modelo simulado com as peças físicas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

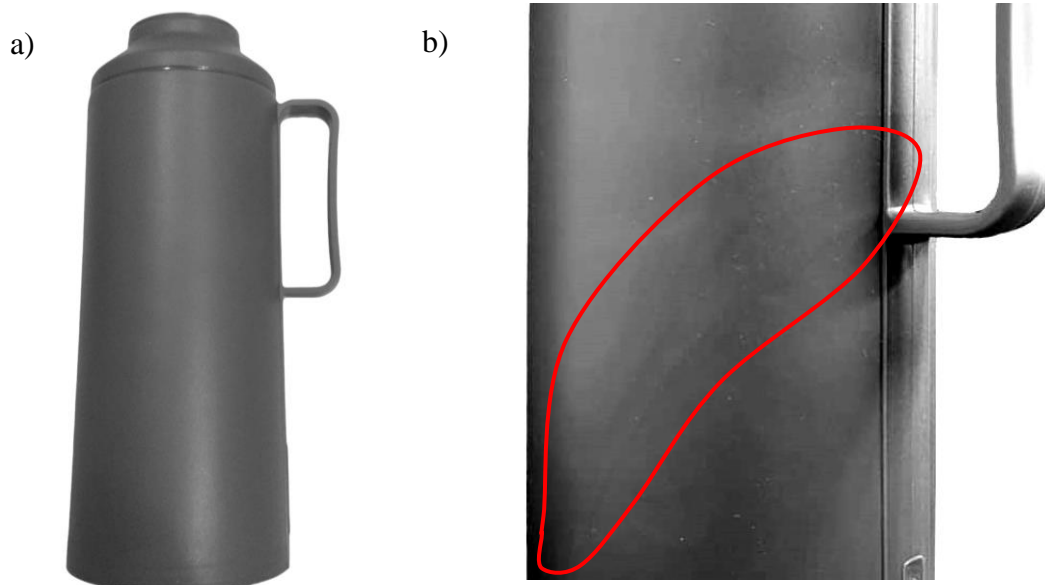
Os resultados da simulação foram analisados e comparados com as peças injetadas. Nesta seção, serão explorados os principais resultados e observações, enfatizando as convergências e divergências entre os resultados da simulação e as peças físicas.

#### 3.1. Peças Físicas Injetadas

As peças físicas preparadas pelo processo de injeção foram inspecionadas visualmente. Observou-se um preenchimento integral do molde com a ausência de marcas de ar preso ao final da frente de fluxo. Não foi identificada a formação de solda fria na peça, considerando a possibilidade de avanço simultâneo pelo corpo e pela alça. Contudo,

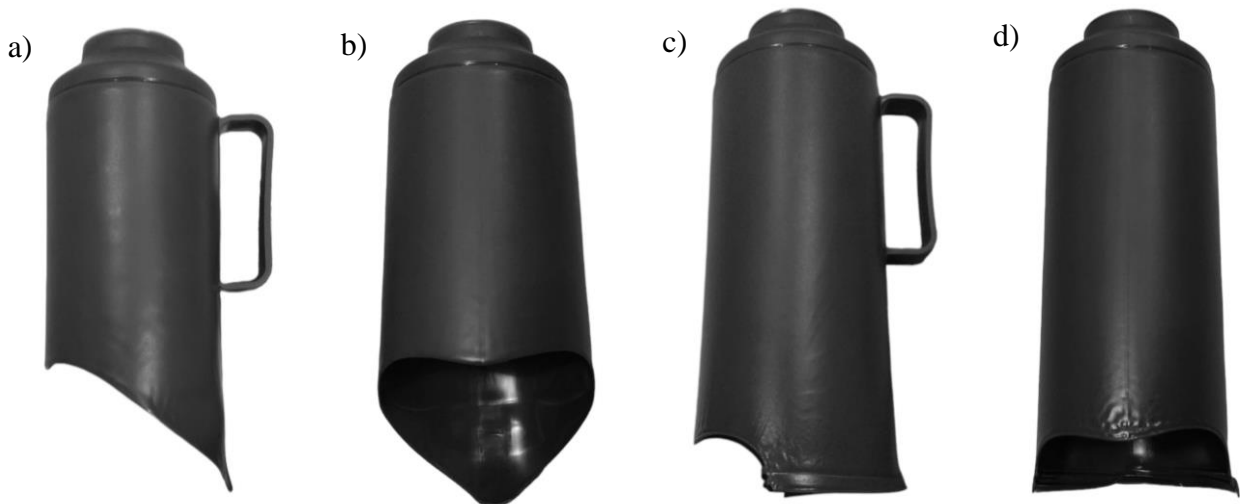
foi notável a presença de algumas marcas de fluxo do material na região do corpo, próximo à base da alça, que pode indicar a saída de uma frente de fluxo lateral e de menor pressão contra o avanço primário pelo corpo da peça.

Embora as marcas de fluxo não comprometam a integridade estrutural ou funcional da garrafa térmica, elas afetam negativamente o aspecto estético do produto final. A figura 3 destaca a peça com preenchimento completo e o efeito de marcas de fluxo na região próxima à alça.



**Figura 3: Imagem da peça física injetada. a) Preenchimento completo. b) Detalhe da superfície defeituosa.**

Essa observação ressalta a importância de um controle preciso dos parâmetros de injeção para alcançar não apenas as propriedades físicas adequadas para a aplicação, mas também um padrão estético que atenda às expectativas de qualidade do produto. Sendo assim, observados os defeitos no produto final, foi avaliado o comportamento do fluxo do material no meio do processo de injeção. A figura 4 mostra de forma clara como é dada a distribuição do fluxo de material na cavidade ao longo do preenchimento.



**Figura 4: Escoamento do material durante o processo de injeção. a) Vista lateral da peça com 75% de massa. b) Vista frontal da peça com 75% de massa. c) Vista lateral da peça com 95% de massa. d) Vista frontal da peça com 95% de massa.**

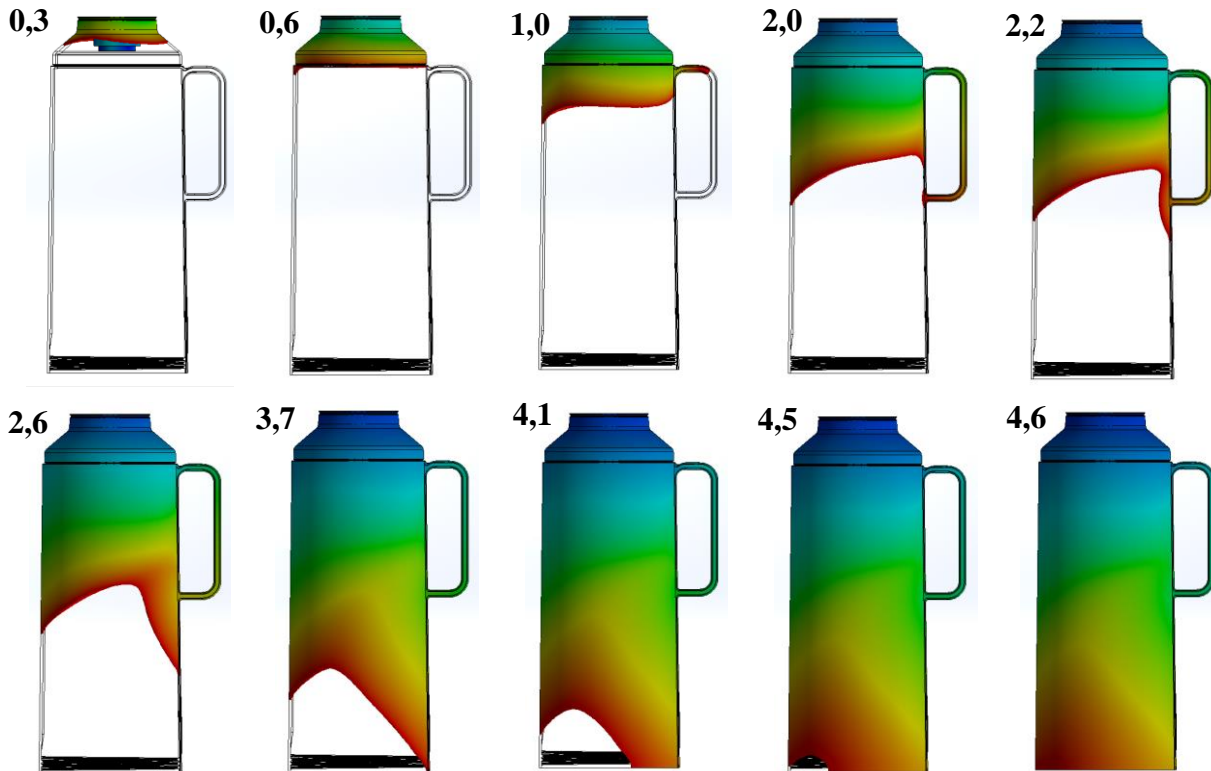
Observa-se um avanço mais pronunciado na região próxima da base da alça da garrafa, fenômeno atribuído à maior espessura presente nesse ponto específico, ou seja, essa geometria facilita o escoamento do material durante o processo de injeção plástica. Como resultado dessa interação, são observadas as marcas previamente mencionadas na superfície da peça injetada. Essa análise destaca a influência da geometria da garrafa e da interação entre as regiões de espessura variável no resultado final do produto.

Além disso, é possível observar a retração do polímero nos pontos com maior concentração de material. Para a garrafa térmica, a retração notada na alça não acarreta prejuízos à usabilidade do produto, portanto não é um ponto crítico para serem avaliadas possíveis melhorias no contexto deste trabalho.

### 3.2. Avaliação da Simulação com Parâmetros da Peça Física

#### 3.2.1. Fluxo do Material Durante o Preenchimento

O resultado apresentado na simulação apresentou um comportamento muito similar ao observado nas peças injetadas. O fluxo do material pode ser observado tomando a região da alça com maior facilidade e avançando mais rapidamente do que o fluxo principal pelo corpo. Na figura 5 é possível observar o avanço do material na cavidade em múltiplos tempos de preenchimento. Na simulação é possível verificar que ocorre um avanço primeiro pela alça, com encontro das frentes de fluxo, o que pode vir a ocasionar marcas visíveis, ou seja, de forma semelhante ao problema apresentado na superfície da peça física.



**Figura 5: Preenchimento da cavidade passo a passo. Tempo em segundos indicados ao lado de cada imagem.**

Além disso, foi possível observar que o preenchimento ocorre em toda a cavidade, sem a formação de espaços vazios. No entanto, o resultado mostra que existe uma resistência ao fluxo no final do preenchimento, devido à perda de pressão do material durante o avanço, provavelmente pela redução da temperatura para as paredes do molde ao longo do tempo.

#### 3.2.2. Dificuldade de preenchimento

A figura 6 apresenta o resultado de dificuldade de preenchimento obtido na simulação, indicando uma região com maior dificuldade no escoamento durante o preenchimento. A cor verde indica onde o fluxo ocorre de maneira facilitada, sem dificuldade de preenchimento. A cor amarela representa onde houve dificuldade para o escoamento do polímero durante a injeção. A cor vermelha expõe a situação em que houve muita dificuldade no preenchimento da cavidade do molde.

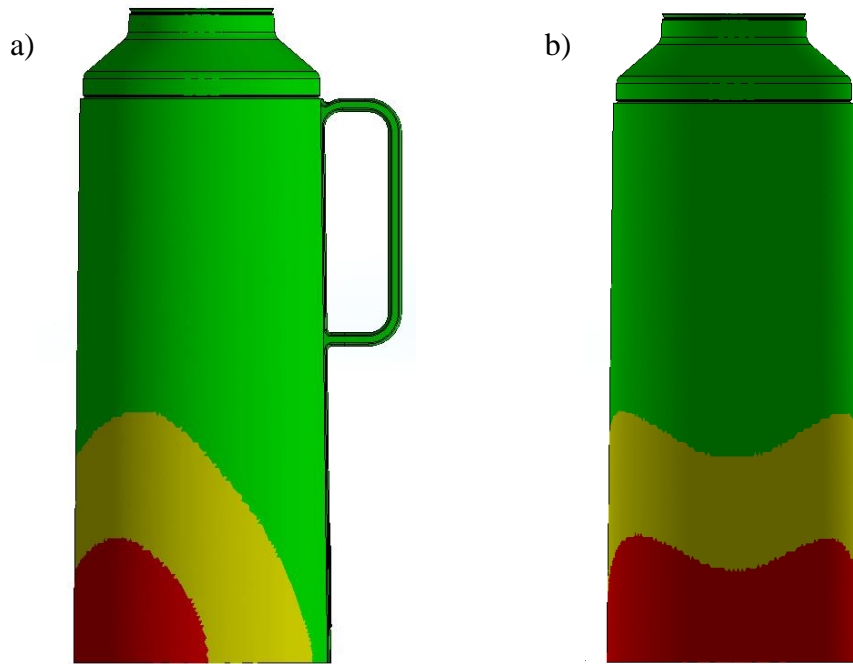


Figura 6: Dificuldade de preenchimento do molde. a) Vista lateral. b) Vista frontal.

### 3.2.3. Contribuição de Cada Ponto de Injeção no Preenchimento

Este modelo de peça é injetado por meio de três pontos de injeção localizados no bocal do corpo da garrafa térmica. Sendo assim, faz-se necessário avaliar a contribuição no preenchimento obtido por cada um dos pontos. Na figura 7 é possível verificar que o fluxo inicial é direcionado para a região da alça da peça. Esse comportamento é devido à geometria da peça, que possui uma espessura maior no local, facilitando o escoamento.

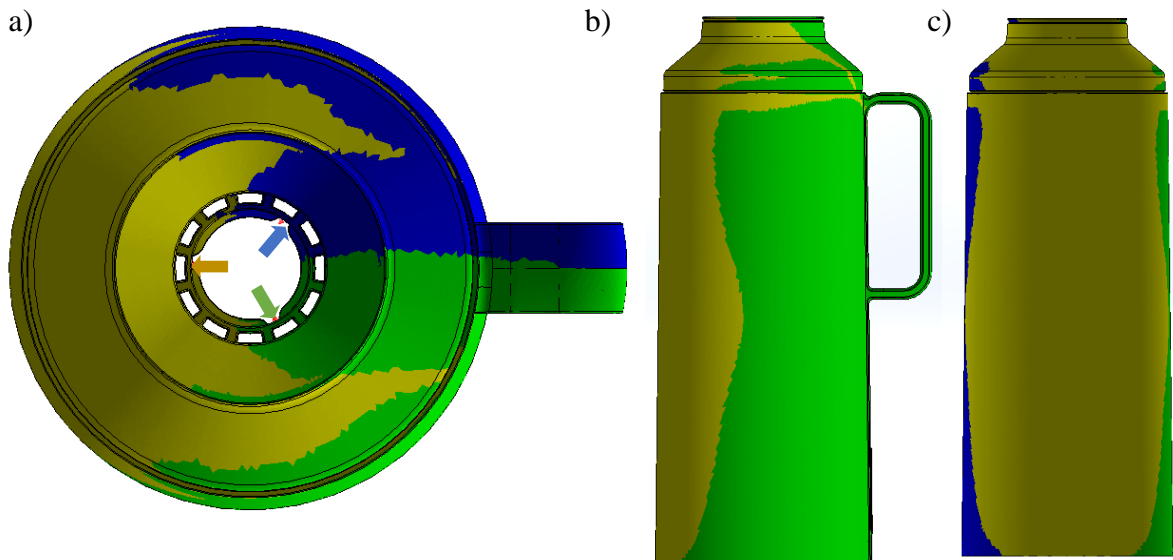
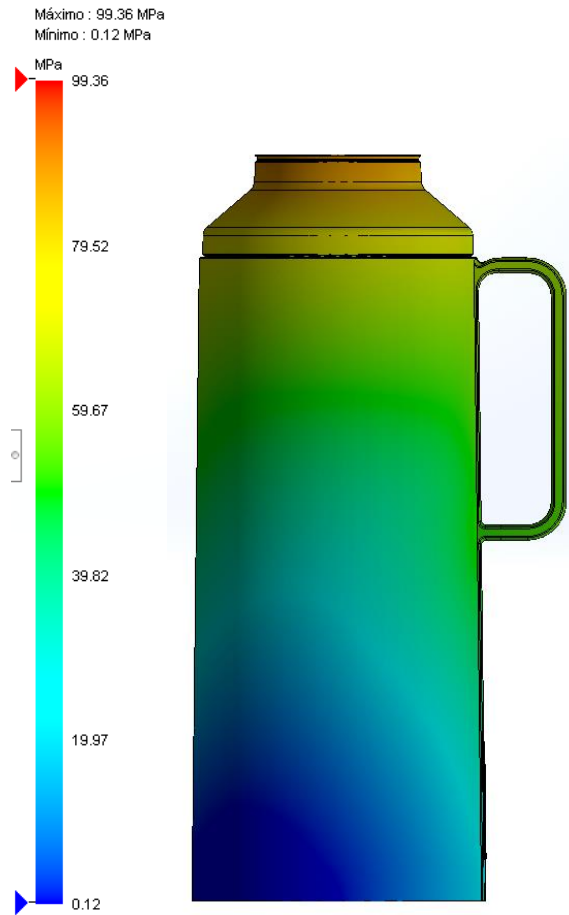


Figura 7: Contribuição de cada ponto de injeção no preenchimento, indicados como setas com cores correspondes. a) Vista de topo. b) Vista lateral. c) Vista frontal.

Os pontos de injeção estão destacados como setas com cores correspondes, no bocal da peça, Os três pontos têm um mesmo diâmetro de 1,5 mm, porém percebe-se o direcionamento do fluxo destacado em amarelo para a alça da peça, sendo que o ponto está localizado no lado oposto a essa região. Isso reforça que o material é orientado para a região de maior espessura, causando assim um avanço desbalanceado, com o fluxo avançando mais rapidamente no sentido da alça.

### 3.2.4. Pressão Durante o Preenchimento

A análise da pressão é essencial para compreender como o material responde às condições do molde durante a fase de compactação. Variações inadequadas de pressão nesse estágio podem resultar em defeitos na peça, como falta de preenchimento, juntas frias ou deformações. Na figura 8 é possível perceber que há uma diferença de pressão muito expressiva no modelo estudado, na região em que foi identificada a dificuldade de preenchimento anteriormente. A cor em azul representa a baixa pressão durante a injeção da peça, sendo encontrado na simulação, no ponto mais crítico, uma pressão de 0,12 MPa, na base inferior, lado oposto a alça. A pressão registrada próximo aos pontos de injeção foi de 99,36 MPa.

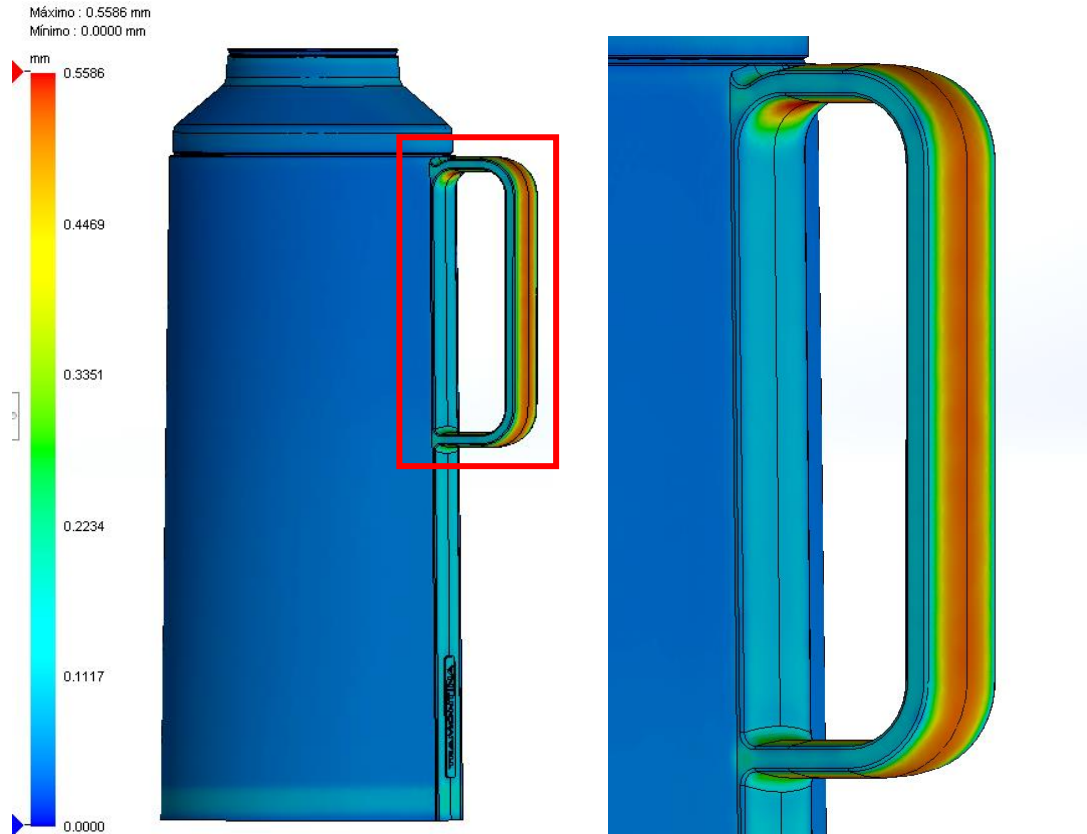


**Figura 8: Pressão durante o preenchimento.**

### 3.2.5. Verificação de Rechupe

Normalmente em regiões com maior espessura são onde ocorrem os defeitos com o rechupe, devido ao resfriamento do material desigual em relação ao restante da peça, dada a sua contração volumétrica com a perda de temperatura. Nesta peça, a região da alça concentra o maior volume de material, com espessura de 5,5 mm em comparação com o corpo da peça que tem espessura de 1,50 mm.

Na figura 9 é possível observar que a simulação prevê a presença de rechupe na peça simulada. A região da alça foi analisada na simulação para mensurar o rechupe, e o resultado condiz com os valores obtidos para a peça física. Além disso, também foi possível observar uma leve retração na região da rosca interna na base da peça, que apresenta uma coloração azul clara na figura.

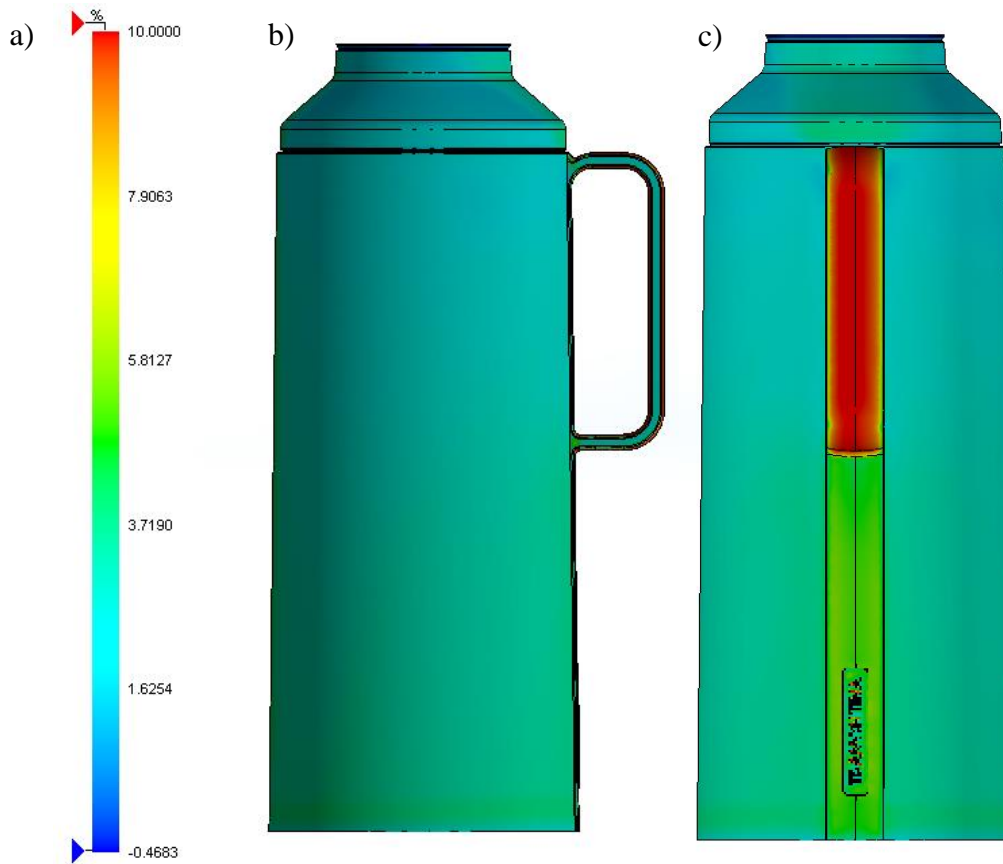


**Figura 9: Regiões com rechupes.**

As regiões onde foi percebido o defeito não são críticas para a peça, visto que o rechupe causado na região da base, onde existe uma rosca interna, não é perceptível. Na alça, a contração gerada pelo rechupe altera a geometria levando a uma curvatura leve, o que gera um melhor encaixe para a mão na peça física.

### 3.2.6. Contração Volumétrica

A contração volumétrica na injeção de plásticos ocorre devido à natureza molecular e térmica dos polímeros. Durante o processo de injeção, o plástico fundido passa por uma transição de estado, organizando as moléculas de forma mais ordenada à medida que é resfriado e solidifica no molde. Esse rearranjo molecular resulta na redução do volume ocupado pelo material, causando a contração volumétrica. Na figura 10, percebe-se que os valores para a contração volumétrica indicam valores próximos de 4%, conforme indicado na escala.

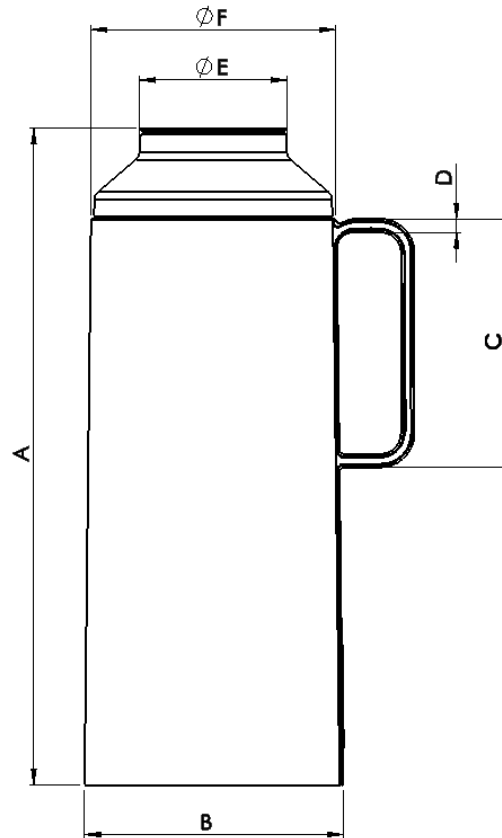


**Figura 10: Contração volumétrica. a) Escala de cores. b) Vista lateral. c) Vista traseira.**

Caso deseje-se diminuir a contração volumétrica na peça injetada, uma maneira é aumentar a pressão de recalque, pois quanto maior for a massa de material injetada em um mesmo volume, menor será sua contração. No entanto, o aumento da pressão faz com que o material acumule tensões internas, que, dependendo da situação, não é desejável que ocorra, pois interfere nas propriedades do produto.

### 3.3. Análise Dimensional da Peça Física e Modelo Simulado

Ao realizar o estudo da peça física e da simulação, foi possível obter valores para avaliar o comportamento dimensional de ambos no processo de injeção e compará-los. Foram avaliadas as dimensões conforme indicadas na figura 11, tanto para a peça física, quanto para o modelo injetado. Sendo assim, os valores encontrados são apresentados na tabela 2, junto com os valores do projeto da peça, para que possa ser feita a comparação do comportamento do material pós-resfriamento.

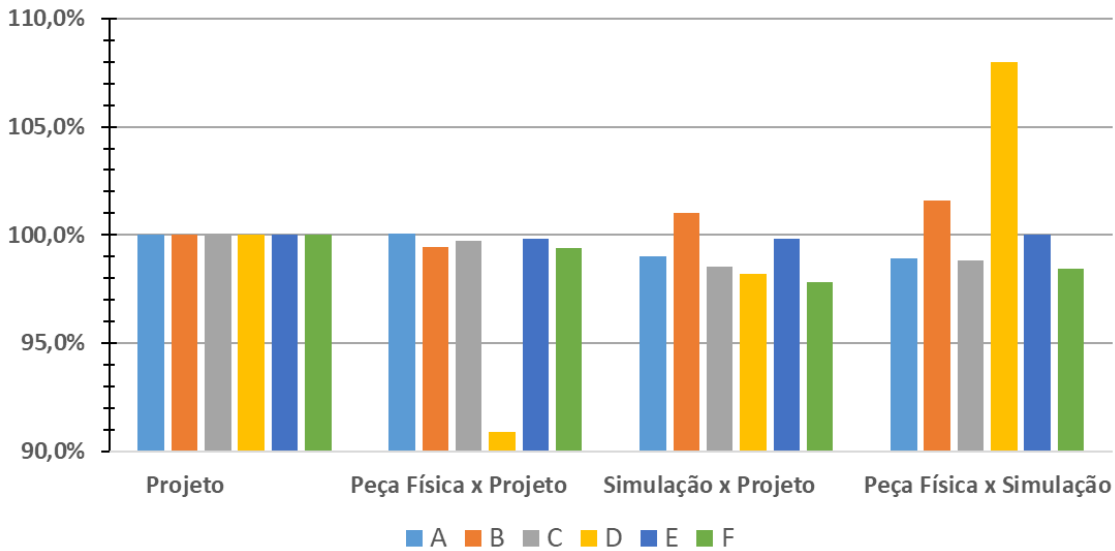


**Figura 11: Vista lateral com indicação das dimensões observadas.**

**Tabela 2: Valores mensurados em milímetros na peça física, simulação e valores estipulados no projeto.**

Medida (mm)	Projeto (a)	Peça Física (b)	Variação		Simulação (c)	Variação	
			(a)	(b)		(a)	(c)
A	272,3	272,5	0,1%		269,6	-1,0%	-1,1%
B	107,2	106,6	-0,6%		108,3	1,0%	1,6%
C	103,0	102,7	-0,3%		101,5	-1,5%	-1,2%
D	5,5	5,0	-9,1%		5,4	-1,8%	8,0%
E	60,2	60,1	-0,2%		60,1	-0,2%	0,0%
F	101,9	101,3	-0,6%		99,7	-2,2%	-1,6%

Observando os valores encontrados, é possível perceber que a simulação indica uma contração e empenamento maiores comparado aos valores mensurados na peça física, alterando mais significativamente no dimensional da peça. No entanto, apesar de haver diferença entre os valores, ela não é tão expressiva, tornando o resultado da simulação confiável para uma tomada de decisão inicial no projeto do produto. No gráfico exposto na figura 12, é possível identificar a variação em pontos percentuais entre os valores mensurados na tabela 2.



**Figura 12: Gráfico comparativo entre os valores mensurados.**

Percebe-se que a discrepância entre os valores encontrados na peça física, comparados aos valores da simulação, é de aproximadamente 1,5% para mais ou para menos, com a exceção da medida “D”, a qual apresentou uma variação mais significativa, próximo a 9%. Essa diferença mais expressiva é observada no ponto de maior espessura da peça, portanto, percebe-se nessa região uma maior influência da contração do material. Portanto, com base nos valores encontrados, percebe-se que ainda é necessário fazer alguns ajustes de parâmetros para obter uma melhor aproximação entre o ambiente virtual e real. Contudo, pôde-se ter uma boa estimativa do preenchimento do molde e também dos pontos mais críticos para ocorrer empenamento ou contração.

#### 4. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou empregar a tecnologia de simulação em um estudo de caso do processo de injeção de garrafas térmicas. A comparação entre os resultados obtidos no software de simulação e as peças físicas injetadas proporcionou uma compreensão do comportamento do polímero durante o processo de injeção, com foco especial no preenchimento, rechupes e contração.

Conclui-se que a simulação é um meio válido para prever o comportamento do fluxo do material no preenchimento do molde, assim como estimar os locais onde haverá deformações por rechupes ou empenamentos. A quantificação apresenta discrepâncias entre a peça real e a peça simulada, sendo necessários alguns ajustes de parâmetros para melhorar a aproximação. É possível obter um ganho de tempo e recursos em projetos de peças injetadas ao aplicar a simulação para prever o preenchimento da peça no molde, sendo possível alterar condições de contorno para aperfeiçoar o processo de injeção, obtendo uma peça com qualidade superior, inteiramente em ambiente virtual. Dessa forma, a abordagem adotada neste estudo destaca-se pela sua aplicação prática, oferecendo um caminho viável para melhorias contínuas sem a dependência exclusiva de testes físicos custosos.

O alinhamento entre a simulação e a realidade, valida o modelo utilizado, ressaltando a utilidade e a confiabilidade da simulação no desenvolvimento e otimização de processos de injeção. Essa convergência entre os resultados práticos e virtuais proporciona uma base sólida para futuras aplicações da simulação na melhoria contínua do processo de fabricação.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família e amigos pelo apoio constante e compreensão, pilares essenciais em minha jornada. Também agradeço ao meu orientador, Dr. Douglas Alexandre Simon, por sua orientação valiosa e contribuições significativas ao meu desenvolvimento acadêmico. Sua expertise e incentivo foram fundamentais para o meu crescimento. A Deus, manifesto minha gratidão por todas as bênçãos e oportunidades que tenho recebido. Sua orientação é constante em minha trajetória. Agradeço por todas as dádivas da vida e pela fortaleza que encontro na fé.

#### 6. REFERÊNCIAS

- Blasio, C.A., 2007, “Solução de defeitos na moldagem por injeção de termoplásticos”, 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Estadual de Campinas.
- Harada, J., 2004, “Moldes para injeção de termoplásticos: projetos e princípios básicos”, Ed. Artliber, São Paulo, Brasil, 308 p.

- Miranda, D.A., 2017, “Estudo experimental e de simulação computacional para análise e melhoria da eficiência de um molde de injeção de termoplásticos”, 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE).
- Nishimoto, A.R., 2001, “Simulação numérica da injeção de termoplásticos em moldes – Estudo comparativo de alguns modelos computacionais”, 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Santa Catarina.
- Pereira, E.R., 2015, “Viabilidade técnica do reaproveitamento e valorização das borras de pead provenientes do processo de injeção de termoplásticos”, 172 f. Dissertação (Obtenção do Título de Mestre em Engenharia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Pinto, U.S., 2002, “Avaliação de critérios para a determinação de contratipos de termoplásticos aplicável em simulação da moldagem por injeção”, 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) Universidade Federal de Santa Catarina.
- Santos, L.A.P., 2015, “Importância da aplicação de software de simulação no processo de injeção de termoplásticos”, 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM.

## OPTIMIZATION OF THERMOPLASTIC INJECTION BY SIMULATION AND ANALYSIS

**Anderson André Seimetz, andersonseimetz@hotmail.com<sup>1</sup>**

**Advisor Douglas Alexandre Simon, douglas.simon@farroupilha.ifrs.edu.br<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Farroupilha, Avenida São Vicente, 785, Bairro Cinquentenário, CEP 95180-000, Farroupilha – RS

**Abstract.** *The objective of this study is to evaluate the use of simulation as an essential step in the development of plastic injection projects. The methodology involved carrying out simulations of the injection process, identifying temperature variations, mold filling and contraction upon cooling, in addition to producing physical samples for validation. The results indicate that the simulation provides a deep understanding of the process, identifying problems in advance and allowing the optimization of parameters. It was possible to identify points where contractions and warping occur in the part, evaluate how the polymer flow behaves during cavity filling, the loss of pressure during injection and the region with the greatest difficulty in filling with material. Furthermore, the physical parts were measured and compared to the design and simulation results. It was observed that the difference between the measurements found in the physical part and in the simulation was approximately 1.5% more or less, with the exception of one of them, which was the thickness of the handle, where a value approximately 9% lower was found. in the physical part. Therefore, the validation of the simulations through physical samples confirmed their accuracy, highlighting their usefulness in developing high-quality part designs that save resources and reduce environmental impacts.*

**Keywords:** *Simulation, Plastic Injection, Validation, Optimization.*