

Análise da melhoria no processo de hidratação das peças plásticas em uma indústria de Itaquera/SP

Carolina Vasconcelos Barbosa Gomes¹

Gislane Fernandes Xavier ²

Glaucilene Tunga dos Santos ³

Lucas Teixeira dos Santos⁴

Patrícia Germano Teodoro⁵

Profa. Dra. Mônica de Oliveira Pinheiro da Silva⁶

RESUMO: Este estudo de caso teve como objetivo analisar os efeitos da substituição do método convencional de hidratação por imersão em água quente pelo sistema de pulverização controlada em uma indústria de injeção plástica localizada em Itaquera na zona leste de São Paulo/SP. Tal investigação justifica-se pela crescente demanda por práticas industriais sustentáveis, que promovam a redução significativa do consumo de recursos hídricos e energéticos, bem como a diminuição dos impactos ambientais e operacionais. A metodologia adotada constituiu-se na coleta e análise de dados operacionais, aplicação de entrevistas semiestruturadas com os operadores e observação sistemática das rotinas produtivas. Os resultados revelaram uma economia expressiva de 98,4% no consumo de água e 100,00% no consumo energético, além da eliminação do descarte de água contaminada e da redução das etapas logísticas internas. Ademais, observou-se uma melhoria substancial nas condições de segurança ocupacional, com a eliminação dos riscos associados à manipulação de água aquecida. Conclui-se que a implementação do método de pulverização representa um avanço significativo no contexto da melhoria contínua, aliando ganhos econômicos, ambientais e operacionais. Recomenda-se, ainda, a realização de estudos complementares que permitam a extrapolação dos achados para outras realidades industriais.

Palavras-chave: poliamida; sustentabilidade; hidratação; pulverização.

1 INTRODUÇÃO

A indústria de plásticos desempenha um papel fundamental na fabricação de uma ampla variedade de produtos utilizados em diversos setores, como automotivo,

¹ Graduanda do curso de Gestão Empresarial – EaD. Fatec São Paulo.

² Graduanda do curso de Gestão Empresarial – EaD. Fatec São Paulo.

³ Graduanda do curso de Gestão Empresarial – EaD. Fatec São Paulo.

⁴ Graduando do curso de Gestão Empresarial – EaD. Fatec São Paulo.

⁵ Graduanda do curso de Gestão Empresarial – EaD. Fatec São Paulo.

⁶ Profa. Orientadora do Curso de Gestão Empresarial I – EaD. Fatec São Paulo.

eletrônico, médico, embalagens e utilidades domésticas. No segmento de injeção plástica, destaca-se o uso da poliamida, comercialmente conhecida como nylon, um polímero amplamente empregado devido às suas excelentes propriedades mecânicas, térmicas e químicas.

Callister e Rethwisch (2012, p. 456) ressaltam que a “poliamida apresenta elevada resistência ao impacto, estabilidade térmica e boa resistência ao desgaste, características que a tornam ideal para aplicações técnicas”. Além dessas qualidades, a poliamida permite a formulação de materiais reforçados, ampliando sua aplicação em componentes de alta performance. A absorção pela poliamida funciona como um plastificante natural, conferindo maior flexibilidade e estabilidade dimensional às peças, desde que o controle da hidratação seja adequadamente realizado. Rosato e Rosato (2000) em seu manual clássico sobre a moldagem por injeção afirmam que a hidratação controlada do nylon pós-injeção assegura flexibilidade, resistência e estabilidade dimensional das peças. Tradicionalmente, essa hidratação é realizada por imersão das peças em água quente, método que acelera a absorção de umidade e condiciona adequadamente o material. Contudo, apesar da eficácia técnica, esse processo apresenta limitações operacionais e ambientais significativas. O método tradicional, por exemplo, consome grandes quantidades de água e energia, gerando custos elevados, aumento do esforço de mão de obra, riscos operacionais e impactos ambientais negativos. Nesse cenário, setores industriais vêm adotando processos mais eficientes e sustentáveis para reduzir os impactos ambientais (Associação Brasileira da Indústria do Plástico, 2025).

Este estudo visa analisar os impactos da substituição do método tradicional de hidratação por imersão de água quente pelo sistema de pulverização controlada, considerando aspectos operacionais, econômicos e ambientais. Uma indústria de injeção plástica localizada em Itaquera-SP revisou seu processo de hidratação do nylon como parte de seu compromisso com a melhoria contínua e sustentabilidade. Busca-se identificar as diferenças entre os métodos, avaliar a redução do consumo de recursos e energia e implicações econômicas decorrentes da mudança do processo.

A adesão a processos sustentáveis e eficientes responde à necessidade de reduzir custos, minimizar impactos ambientais e melhorar a segurança ocupacional. A adoção de tecnologias voltadas para o uso racional de recursos é atualmente um fator competitivo essencial na indústria (Associação Brasileira da Indústria do Plástico, 2025). Assim, a substituição do processo tradicional pela imersão de pulverização

tem como objetivo principal aprimorar continuamente o processo produtivo, promover maior eficiência, reduzir desperdícios e valorizar recursos disponíveis, alinhando-se à gestão da qualidade total e consolidando a cultura de melhoria.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Indústria de Injeção Plástica

O processo de moldagem por injeção é uma das principais tecnologias utilizadas na fabricação de peças plásticas, caracterizada pela alta produtividade, precisão dimensional e excelente capacidade de repetição. Permite a obtenção de peças com geometrias complexas e elevado nível de detalhamento superficial, sendo amplamente aplicado em diversos setores industriais, como automotivo, eletroeletrônico, médico, de embalagens e de bens de consumo. Além de flexibilidade de design, o processo também apresenta vantagens econômicas, como menor desperdício de material e redução de retrabalho.

A moldagem por injeção teve sua origem no final do século XIX, evoluindo tecnologicamente para atender às demandas industriais contemporâneas por peças cada vez mais complexas e de qualidade elevada. Sua popularidade se deve à eficiência na produção em larga escala, ao controle rigoroso das dimensões das peças e à versatilidade do processo para diferentes tipos de polímeros termoplásticos. Esse método consolidou-se como padrão da indústria plástica devido ao equilíbrio entre custo, qualidade e capacidade produtiva, configurando-se como elemento-chave na fabricação de produtos do cotidiano, desde componentes automotivos até utensílios domésticos.

2.2 Propriedades e Aplicações da Poliamida (Nylon)

A poliamida, comercialmente conhecida como nylon, destaca-se entre os termoplásticos utilizados na indústria de injeção devido à sua combinação de resistência mecânica, estabilidade térmica, leveza e versatilidade de processamento. Callister e Rethwisch (2012) explicam que esse polímero é ideal para aplicações que demandam rigidez, resistência ao desgaste e durabilidade, como engrenagens, suportes estruturais e componentes móveis de equipamentos industriais.

Uma característica relevante das poliamidas é a sua alta higroscopicidade, ou seja, a capacidade de absorver umidade do ambiente. A água absorvida atua como um plastificante natural, diminuindo as forças intermoleculares, aumentando a mobilidade das cadeias poliméricas, o que pode influenciar diretamente as propriedades mecânicas e dimensionais do material. Esse comportamento higroscópico deve ser cuidadosamente considerado no projeto e uso de peças em nylon, especialmente em ambientes úmidos (Callister; Rethwisch, 2012).

Desta forma, a poliamida se mostra adequada para uma ampla gama de aplicações, porém requer cuidados específicos quanto ao seu armazenamento, secagem e processamento, de forma a garantir o desempenho ideal do material em uso.

2.3 Processos de hidratação pós – moldagem

Após o processo de moldagem por injeção, peças fabricadas em poliamida necessitam passar por uma etapa de recondicionamento, com o objetivo de recuperar propriedades funcionais perdidas durante a secagem térmica realizada antes da injeção. Esse tratamento é fundamental para garantir que o produto atenda aos requisitos de flexibilidade, resistência ao impacto e estabilidade dimensional. De acordo com Ferreira (2017, p. 13), “após a secagem prévia para remoção da umidade, a poliamida torna-se rígida e quebradiça, portanto, é necessário reintroduzir umidade de forma controlada para restaurar sua plasticidade natural”.

O processo de reidratação influencia diretamente as ligações intermoleculares ao longo das cadeias poliméricas, onde a absorção de água atua como um agente plastificante natural. Isso promove um aumento na mobilidade molecular, resultando em maior flexibilidade e resistência mecânica das peças. A hidratação contribui para a estabilidade dimensional do material, minimizando deformações e assegurando um ajuste preciso das peças em processo de montagem subsequente. Esta etapa é fundamental para componentes que suportam esforços mecânicos elevados ou que fazem interface com partes metálicas, como as “gaiolas” utilizadas em rolamentos, com a ausência da hidratação adequada pode levar a falhas estruturais e redução da vida útil do componente.

Os principais métodos industriais utilizados para hidratação pós-moldagem são a imersão em água quente e a pulverização controlada de água, cada um com

vantagens e desvantagens específicas em termos de tempo de processo, consumo de recursos e impacto ambiental. A escolha do método adequado depende de fatores como volume de produção, estrutura da peça, tipo de aplicação e políticas internas de sustentabilidade e segurança. Destaca ainda que a temperatura do molde e o tempo de exposição à água influenciam diretamente o desempenho final das peças, sendo essencial para obtenção da tenacidade e resistência adequada (Ferreira, 2017).

2.4 Sustentabilidade na Indústria de Transformação Plástica

A sustentabilidade tem se consolidado como um fator estratégico essencial para a indústria contemporânea, motivada tanto por exigências regulatórias quanto pela conscientização de consumidores e investidores. No setor de transformação plástica, essa preocupação é ainda mais relevante devido ao uso intensivo de recursos naturais, como água e energia. Portanto, a implementação de práticas produtivas mais limpas, eficientes e seguras é vital para minimizar os impactos ambientais e promover uma gestão empresarial responsável (Wright; Giovinazzo, 2004). De acordo com Barbieri (2011, p. 151):

O conceito de sustentabilidade empresarial deve considerar simultaneamente os aspectos econômicos, ambientais e sociais do negócio, promovendo o equilíbrio entre desempenho financeiro, preservação ambiental e bem-estar coletivo. Essa abordagem é representada pelo modelo conhecido como *Triple Bottom Line* (Tripé da Sustentabilidade), que orienta a tomada de decisões baseadas na responsabilidade socioambiental e na eficiência econômica de longo prazo.

No âmbito da indústria de injeção plástica, a substituição de processos tradicionais de hidratação de peças, como a imersão em água quente por métodos mais sustentáveis, como a pulverização controlada, proporciona benefícios ambientais concretos, incluindo a redução do consumo de água e energia, além de melhorias nas condições laborais e diminuição de riscos operacionais (Elisele *et al.*, 2015).

A sustentabilidade no contexto industrial depende fundamentalmente da habilidade das organizações em administrar seus recursos de maneira racional, incorporando tecnologias limpas e promovendo a melhoria contínua nos processos produtivos. Essa prática não só reduz impactos ambientais, como também fortalece a competitividade da empresa no mercado de longo prazo. (Siltori, 2020).

2.5 Ferramentas de Melhoria Contínua na Indústria

A melhoria contínua é um princípio fundamental da gestão da qualidade e da eficiência operacional nas organizações modernas. Trata-se de um processo sistemático que busca aprimorar continuamente os métodos de trabalho, produtos e serviços, com base na identificação de falhas, análise de causas e implementação de soluções. De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009, p.20-30), a melhoria contínua é essencial para que empresas aumentem sua competitividade, reduzam desperdícios e entreguem maior valor ao cliente.

Entre as ferramentas mais utilizadas nesse contexto, destaca-se o Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), criado por Walter Shewhart e popularizado por Willian Edwards Deming. Esse ciclo propõe uma abordagem estruturada para o planejamento e execução de mudanças, permitindo identificar problemas, testar soluções em pequena escala e, a partir dos resultados, aplicar melhorias de forma sistemática e replicável (Ishikawa,1985).

Outro recurso importante é a ferramenta 5W2H, originária da administração japonesa e difundida por Kaoru Ishikawa. Essa ferramenta auxilia na definição detalhada de planos de ação por meio de sete perguntas-chave: *What* (o quê?), *Why* (por quê?), *Where* (onde?), *When* (quando?), *Who* (quem?), *How* (como?), *How much* (quanto custa?).

A metodologia 5W2H é útil para organizar e executar mudanças operacionais, como a substituição de tecnologias ou a implementação de novos processos produtivos (Ishikawa,1985).

Além disso, a gestão por indicadores de desempenho (KPIs) é fundamental para monitorar resultados das melhorias implementadas e garantir a eficiência do processo. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 20-30), “os indicadores de desempenho possibilitam monitorar aspectos fundamentais da produção, tais como qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo”. No contexto do processo de hidratação, indicadores como tempo de ciclo, consumo de recursos e taxa de retrabalho são exemplos de KPIs essenciais para validar a eficácia das mudanças.

Portanto, o uso de ferramentas da qualidade como o PDCA, 5W2H e KPIs fornece uma base sólida para a gestão da mudança industrial, assegurando que decisões sejam tomadas com base em dados concretos, promovendo ganhos sustentáveis a longo prazo.

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como um estudo de caso, voltado à análise e solução de um problema real enfrentado por uma indústria de injeção plástica localizada em Itaquera, na zona leste de São Paulo – SP. A escolha do estudo de caso é qualitativa, pois envolve a análise objetiva de dados operacionais quanto à observação de informações práticas e percepções relacionadas ao processo produtivo. O método adotado será comparativo, com o propósito de avaliar os impactos da substituição do método tradicional de hidratação por imersão em água quente pelo sistema alternativo de pulverização controlada.

3.1 Coleta de dados

A coleta de dados será realizada por meio das seguintes fontes:

- Registros operacionais da empresa, contendo informações sobre o consumo de recursos naturais (água e energia elétrica), tempo de ciclo, produtividade;
- Relatórios de produção e manutenção disponibilizados pelo setor industrial;
- Entrevistas semiestruturadas com operador e supervisor de produção, guiadas por roteiro previamente definido, para captar percepções e relatos sobre o processo.
- Observação técnica *in loco*, com acompanhamento de rotinas de hidratação em períodos anteriores e posteriores à mudança do processo.

Além disso, serão aplicados questionários específicos sobre:

- Descarte de água contaminada;
- Transporte interno das peças;
- Redistribuição de operadores;
- Segurança e riscos no processo de hidratação.

Essas múltiplas fontes visam garantir um levantamento abrangente e confiável dos dados essenciais para a análise crítica e para embasar as recomendações de melhoria do processo.

3.1.1 Entrevista com operador e supervisor

A entrevista semiestruturada será realizada com um operador e um supervisor da linha de produção, com o objetivo de captar suas percepções sobre os impactos da substituição do método da hidratação por pulverização controlada. Essa abordagem permitirá compreender as mudanças sentidas na rotina de trabalho, na segurança operacional, nos custos e na sustentabilidade do processo produtivo, trazendo uma visão prática e detalhada dessas alterações do ponto de vista do colaborador e da gestão. A flexibilidade do método permitiu adaptar a conservação para explorar aprofundadamente os temas relevantes para o estudo. Contribuindo para uma análise qualitativa complementar aos dados quantitativos coletados.

3.2 Indicadores de desempenho

Serão avaliados os seguintes indicadores:

- Tempo médio de processamento por ciclo
- Volume de água consumido (litros por ciclo)
- Consumo de energia elétrica (KWH)
- Custo operacional estimado para cada método
- Incidência de falhas nas peças (como trincas e quebras)
- Condições de trabalho e percepção dos colaboradores quanto à segurança ergonômica.

3.3 Objeto de análise

O objetivo de análise são peças chamadas “gaiolas” (cages), produzidas em poliamida (nylon) e utilizadas em rolamentos industriais. O desempenho dessas peças depende diretamente da hidratação, essencial para evitar quebras durante a montagem.

3.4 Procedimentos de análise

3.4.1 Evolução da Umidade

Será analisada a evolução da umidade nas peças ao longo três dias após a aplicação de 60 mL de água por embalagem. Observa-se que a faixa ideal de umidade situa-se entre 0,80% a 1,8% de umidade, conforme critérios técnicos de desempenho das peças.

3.4.2 Redução no consumo de água

No método antigo de hidratação por imersão, utilizava-se um tanque com capacidade de 1.200 litros de água, operando por 2 horas a 80°C, em média quatro ciclos por mês, totalizando 4.800 litros/mês. No novo método por pulverização, são aplicados 60 ml de água por embalagem, resultando em um consumo total de aproximadamente 75 litros/mês.

3.4.3 Redução no consumo de energia elétrica

O método de imersão demandava de 2 a 4 kwh por ciclo, considerando o aquecimento da água e a ventilação necessária. No novo processo de pulverização, o consumo é praticamente nulo, resultando em uma redução de 100%.

3.4.4 Eliminação do descarte de água contaminada

No processo tradicional, a água utilizada acumulava resíduos de nylon, óleos e outros contaminantes, sendo filtrada e reutilizada no sistema de refrigeração de moldes, o que representava um reaproveitamento importante na indústria. Contudo, ainda há a necessidade eventual de descarte, muitas vezes direcionado à rede de esgoto industrial. Com a eliminação do tanque no novo processo, o descarte de água contaminada é eliminado, promovendo maior eficiência ambiental. Para validar os benefícios, será aplicado um questionário para identificar o destino da água anteriormente utilizada, os controles ambientais, custos relacionados ao descarte e possíveis riscos legais.

3.4.5 Eliminação de operações de transporte interno

No processo antigo, havia a necessidade de transportar as peças do setor de injeção até o tanque de hidratação, gerando custos de tempo, mão de obra e logística interna. O novo método de pulverização elimina essa etapa, reduzindo o tempo de ciclo e otimizando o fluxo produtivo.

3.4.6 Redistribuição do operador

A etapa de imersão exigia a dedicação exclusiva de um operador. Com a substituição do método, esse colaborador pôde ser realocado para outras funções no processo produtivo.

3.4.7 Redução do risco de acidentes

O método de imersão apresentava riscos de queimaduras devido à manipulação de água aquecida a 80 °C. O novo processo, realizado com água em temperatura ambiente, reduz drasticamente esse risco.

Para observação do colaborador utilizando equipamentos de proteção individual no método de imersão, consultar Figura A2 no apêndice. A análise abordará os riscos atuais, como ergonomia, dosagem e possibilidade de contaminação cruzada, bem como as medidas de segurança implementadas, incluindo uso de EPIs, treinamentos e procedimentos padronizados.

4 ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para estabelecer uma análise integrada e aprofundada, esta seção apresenta os resultados quantitativos e qualitativos da pesquisa, relacionando-os aos objetivos propostos.

A análise de dados quantitativa envolverá o exame de indicadores como a evolução da umidade nas peças ao longo de três dias após a aplicação de 60 ml de água por embalagem, o consumo de água no método tradicional por imersão e o novo método por pulverização, e o consumo de energia elétrica em ambos os processos. Esses dados serão comparados para mensurar objetivamente as diferenças entre os métodos, com foco na redução do consumo de recursos naturais, otimização do tempo e impactos operacionais.

A análise qualitativa será conduzida a partir de entrevista semiestruturada e do questionário aplicados ao colaborador diretamente envolvido no processo, buscando identificar percepções relativas à segurança, ergonomia, redistribuição de atividades e mudanças nas rotinas. Os relatos apontam para ganhos em segurança ocupacional, maior agilidade no processo produtivo e eliminação de gargalos, além de benefícios ambientais associados à diminuição do consumo e descarte de água e energia.

Essa técnica permite a identificação e categorização dos significados expressos nos relatos. O estudo abrange a exploração do material e o tratamento dos resultados, possibilitando uma compreensão aprofundada das percepções relacionadas à segurança, ergonomia, redistribuição de atividades e mudanças nas rotinas de trabalho, relevando os impactos operacionais da substituição do método de hidratação.

5 RESULTADOS FINAIS

O estudo evidencia que a substituição do método tradicional da hidratação por imersão por água quente pelo sistema de pulverização controlada resultou em ganhos significativos para a indústria. Observou-se uma redução expressiva na redução no consumo de água e energia elétrica, otimização de recursos, maior segurança ocupacional e eficiência produtiva.

Embora se trate de um estudo de caso, o que limita a generalização dos resultados, recomenda-se a realização de pesquisas em outros contextos industriais para validar e ampliar as conclusões.

Conclui-se que a experiência analisada contribui para o aprimoramento contínuo do processo produtivo e fortalece o compromisso da organização com a sustentabilidade.

5.1 Comparativo entre os métodos

Figura 1

	Processo de hidratação por imersão	Processo de hidratação por pulverização
Equipamento:	Tanque com aquecimento	Seringa
Consumo de água:	4800 litros/mês	75 litros/mês
Consumo de energia:	Energia elétrica para aquecimento da água do tanque	Não utiliza energia elétrica
Riscos para o operador:	Manipulação das peças em água quente podendo ocasionar queimaduras.	Não há riscos pois a água é utilizada em temperatura ambiente
Tempo de hidratação:	2 horas	3 dias
Mão de obra:	Necessário 1 operador adicional para realizar o processo de hidratação	Não há necessidade de operador adicional, a água é colocada durante o processo de injeção do plástico na injetora
Descarte de água:	Descarte da água utilizada no tanque	Não há
Fluxo de processo da peça:	As peças eram transportadas até o tanque de hidratação. Necessária etapa de transbordo da peças das embalagens plásticas para a embalagem final de papelão	Não há necessidade de transporte das peças para o tanque de hidratação Não há necessidade de realizar o transbordo das peças pois a hidratação é feita com as peças na embalagem final

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

5.2 Cálculos

- Consumo de água:

Consumo antigo = $1.200 \text{ L/ciclo} \times 4 \text{ ciclos/mês} = 4.800 \text{ L/mês}$

Consumo novo = $60 \text{ ml/embalagem} \times 1.250 \text{ embalagens} = 75.000 \text{ ml} = 75 \text{ L/mês}$

Redução $4.800 - 75 = 4.725 \text{ L/m}$.

Percentual = $\frac{4.725}{4.800} \times 100 \approx 98,4\%$.

- Consumo de energia:

Método antigo = $4 \text{ ciclos/mês} \times (2 \text{ a } 4 \text{ kWh}) = 8 \text{ a } 16 \text{ kWh/mês}$.

Método novo 0 kWh (Redução de 100%).

Com o método de pulverização utiliza água à temperatura ambiente, elimina o

consumo energético referente ao aquecimento do tanque. A energia consumida para o acionamento das bombas ou dos compressores é nula em comparação ao método antigo. Isso contribui para uma significativa economia de energia elétrica, reforçando o caráter sustentável do processo e reduzindo custos operacionais associados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho investigou a substituição do método de hidratação por pulverização controlada, focalizando aspectos de segurança, rotina, custos e produtividade na linha de produção. O objetivo principal foi compreender os impactos desta mudança no processo e seus resultados operacionais.

Conforme apresentado, os objetivos do estudo de caso foram alcançados, evidenciando maior segurança no ambiente de trabalho, otimização da rotina operacional, redução de custos e manutenção da qualidade das peças, conforme a percepção dos colaboradores entrevistados. A realocação do operador e a eliminação do gargalo produtivo foram benefícios práticos destacados.

O operador ressaltou a maior segurança devido à ausência da manipulação da água quente e eliminação do risco de queimaduras e exposição ao vapor. A rotina foi otimizada, com hidratação mais rápida e direta nas embalagens finais, sem necessidade de transbordo ou limpeza do tanque. O gestor relata a redução de custos com a realocação do operador, além da eliminação do gargalo na produção causado pela hidratação por imersão. A qualidade das peças foi mantida conforme especificações, enquanto os benefícios ambientais envolvem a redução significativa do consumo e descarte de água e diminuição do uso de energia elétrica, fruto da eliminação do aquecimento do tanque.

O estudo apontou também benefícios ambientais relevantes, com significativa redução do consumo e descarte de água e diminuição do uso de energia elétrica, decorrentes da eliminação do aquecimento do tanque. A redução absoluta é de 4.725 litros/mês, o que corresponde a uma economia de 98,4%.

Para visualização do tanque utilizado, equipamento de EPI e o processo de imersão, consultar Figuras A1, A2 e A3 no Apêndice.

Para visualização do equipamento e do processo de pulverização, consultar Figura A6 no Apêndice.

Recomenda-se a continuidade da monitorização dos indicadores produtivos, bem como a realização de estudos futuros que avaliem aspectos complementares como a sustentabilidade financeira do processo e sua aplicabilidade em outras linhas de produção. Espera-se que essa mudança contribua para a redução dos custos com tratamento e descarte, a melhoria da conformidade ambiental e a diminuição do risco de multas ou sanções regulatórias.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. Indústria do plástico avança em inovação e sustentabilidade, revela perfil 2025 da ABIPLAST. **ABIPLAST**, 2025. Disponível em: <https://www.abiplast.org.br/noticias/industria-do-plastico-avanca-em-inovacao-e-sustentabilidade-revela-perfil-2025-da-abiplast/>. Acesso em: 28 out. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARBIERI, J.C. **Gestão ambiental empresarial**: conceitos. Modelos e instrumentos. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. **Fundamentos da ciência e engenharia dos materiais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

EISELE, Fernando Valentim Pardo *et al.* **Inovação sustentável na cadeia de suprimentos do plástico verde a partir da ótica do ciclo de vida do produto**. (S.I.), 2015. Disponível em: https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/10137/2/A_Inovacao_Sustentavel_Na_Cadeia_Suprimentos_Do_Plastico_Verde_A_Par.pdf. Acesso em: 11/11/2025

FERREIRA, Eliane. **Avaliação de diferentes condições de temperatura de molde e hidratação no desempenho de compósitos de poliamida 6 com fibra de vidro**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2017.

GOMES, António Pedro Almeida Ferreira. **Análise do processo de injeção verificando a relação entre a capacidade das variáveis e a qualidade da peça**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Porto, Universidade do Porto, 2018.

GOMES, Fernando. **Processos de fabricação:** materiais plásticos. 2. ed. São Paulo: Érica, 2018.

GUEDES, Leandro C. **Ergonomia aplicada ao trabalho industrial.** São Paulo: Blucher, 2015.

ISHIKAWA, Kaoru. **Guia para a qualidade.** São Paulo: Cengage Learning, 1985.

MANRICH, Selma. **Plásticos de engenharia:** fundamentos e aplicações. São Paulo: Artliber, 2005.

MELO, João Paulo de; PEREIRA, Sandra. **Indústria sustentável:** técnicas e práticas de produção limpa. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MURTA, Cláudio; ALMEIDA, Fernando. **Gestão ambiental e sustentabilidade industrial.** São Paulo: Atlas, 2017.

PINTO, Carlos F.; SILVA, Ana R. **Sustentabilidade nos processos industriais:** desafios e soluções para o setor plástico. São Paulo: Editora Técnica, 2019.

ROSATO, Dominick V.; ROSATO, Donald M.; ROSATO, Marlene G. **Injection molding handbook.** 3 ed. New York, Springer 2000.

SILVA, Leonardo A.; PEREIRA, Rodrigo M. **Sustentabilidade na indústria:** estratégias e práticas para a produção mais limpa. São Paulo: Atlas, 2020.

SILTORI, Patricia Fernanda da Silva. **Análise dos impactos da Indústria 4.0 na sustentabilidade empresarial.** 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WRIGHT, James Terence Coulter; GIOVINAZZO, Renata A. **Crescimento sustentável da indústria de plásticos: criando estratégias de ação. RAM:** Revista de Administração Mackenzie, São Paulo, v. 5, n. 1, p.146-156, 2004.

ZANCHETTA, H.; ALBUQUERQUE, J.P. **Sustentabilidade e eficiência na indústria brasileira,** Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v 6, n. 1, p. 45-60, 2019.

APÊNDICE A – DOCUMENTAÇÃO VISUAL DO PROCESSO DE HIDRATAÇÃO

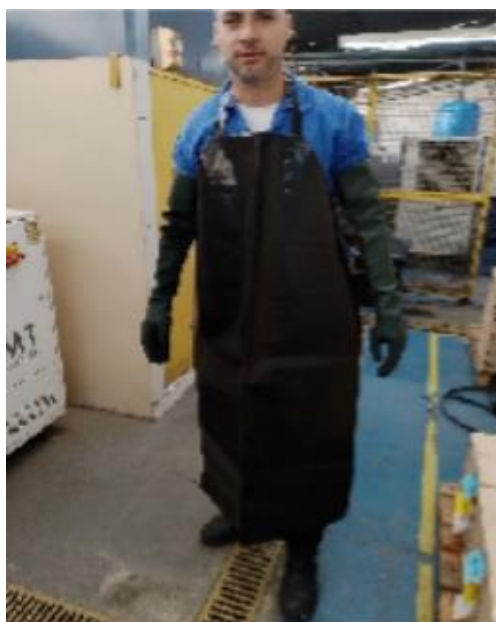
Neste apêndice são apresentadas imagens que completam a análise do processo de hidratação das peças plásticas. As fotografias documentam as etapas do processo de imersão e pulverização, equipamentos utilizados, bem como registros visuais das condições de trabalho e resultados obtidos.

Figura A1 – Tanque utilizado no método de imersão



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura A2 – Colaborador e equipamentos de EPI utilizados no método de imersão.



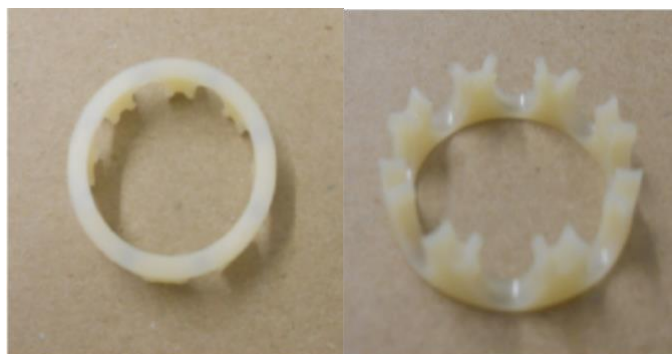
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura A3 – Processo de trabalho no método de imersão



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura A4 – Peças após imersão.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura A5 – Equipamento para secagem das peças



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura A6 – Processo de pulverização



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA

Este apêndice contém o roteiro completo das perguntas da entrevista semiestruturada utilizada na coleta de dados qualitativos para esta pesquisa. As questões foram elaboradas pelo grupo para investigar percepções sobre os impactos da substituição do método de hidratação por pulverização controlada, abrangendo aspectos operacionais, segurança, custos e sustentabilidade do processo produtivo.

As perguntas abaixo foram aplicadas aos colaboradores diretamente envolvidos no processo e visam aprofundar o entendimento das mudanças e seus efeitos práticos.

1. Você acredita que o processo de pulverização trouxe maior segurança no dia a dia do seu trabalho? Por quê?
2. De que forma o processo de pulverização alterou a sua rotina de trabalho?
3. Na sua percepção, quais benefícios o novo método trouxe em comparação ao anterior?
4. Para o gestor: Quais mudanças você percebeu nos custos operacionais após a implementação do método de pulverização?
5. Houve impacto na produtividade da linha de produção?
6. Quais benefícios das peças as mantiveram de acordo com as especificações do cliente?