

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
MINAS GERAIS - *CAMPUS* BETIM  
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Lídia Cristina Oliveira Araújo

**GERENCIAMENTO DE PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE UM  
PAINEL DE PORTA AUTOMOTIVO: UM ESTUDO DE CASO**

Betim  
2026

LÍDIA CRISTINA OLIVEIRA ARAÚJO

**GERENCIAMENTO DE PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE UM  
PAINEL DE PORTA AUTOMOTIVO: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador:** Prof. Dr. André Fonseca Félix

Betim  
2026

## FICHA CATALOGRÁFICA

A663g Araújo, Lídia Cristina Oliveira

Gerenciamento de projeto no desenvolvimento de um painel de porta automotivo: um estudo de caso / Lídia Cristina Oliveira Araújo – 2026.

69 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2026.

Orientação: Prof. Dr. André Fonseca Félix

1. Gerenciamento de Projeto. 2. Indústria automobilística. 3. Ferramentas da Qualidade. 4. Termoplásticos. 5. Engenharia Mecânica. I. Araújo, Lídia Cristina Oliveira. II. Título.

CDU: 005.53:62

Lídia Cristina Oliveira Araújo

**GERENCIAMENTO DE PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE UM  
PAINEL DE PORTA AUTOMOTIVO: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: 07/02/2026 pela banca examinadora:

---

Prof. Dr. André Fonseca Félix (Orientador) - IFMG

---

Prof. Ma. Jaqueline das Graças Moura Oliveira - IFMG

---

Prof. Me. Rogério Eustáquio de Souza - IFMG

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo expor, através de um estudo de caso, o desenvolvimento e a validação de componentes de acabamento interno automotivo, sob a perspectiva do gerenciamento de projetos, avaliando os impactos de decisões de projeto nos requisitos de escopo, prazo, custo e qualidade. A metodologia adotada baseou-se no acompanhamento das etapas de desenvolvimento, validação e início da produção seriada de dois componentes automotivos, com a aplicação de ferramentas da qualidade para a identificação e análise das anomalias encontradas. Os resultados evidenciaram que falhas ocorridas ainda na fase de projeto, não identificadas durante as validações virtuais, ocasionaram retrabalhos, atrasos no cronograma e aumento pontual de custos. Portanto, a robustez das etapas de projeto e validação, aliada à integração entre engenharia, qualidade e fornecedor, é fundamental para a redução de riscos e para o sucesso do desenvolvimento de componentes automotivos.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de Projeto. Ferramentas da Qualidade. Injeção Termoplásticos. Defeitos de Moldagem.

## **ABSTRACT**

This study aimed to present, through a case study, the development and validation of automotive interior trim components from a project management perspective, evaluating the impact of design decisions on scope, schedule, cost, and quality requirements. The methodology was based on monitoring the development, validation, and start of mass production of two automotive components, using quality tools to identify and analyze the anomalies found. The results showed that failures occurring during the design phase, which were not identified during virtual validations, led to rework, schedule delays, and incremental cost increases. Therefore, the robustness of the design and validation stages, combined with the integration between engineering, quality, and suppliers, is essential to reduce risks and ensure the success of automotive component development.

**Keywords:** Project Management. Quality Tools. Thermoplastics Injection. Molding Defects.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Segmentos mais emplacados no ano de 2025. . . . .	13
Figura 2 – Ciclo de vida do projeto subdividido em fases. . . . .	15
Figura 3 – Ciclo de vida do projeto subdividido em fases. . . . .	16
Figura 4 – Relação entre vendas e lucros de um produto ao longo do seu ciclo de vida. .	17
Figura 5 – Ciclo de vida do projeto subdividido em fases - Gráfico de Gantt. . . . .	22
Figura 6 – Diagrama de Causa e Efeito. . . . .	28
Figura 7 – Configuração da estrutura do copolímero. (a) aleatória, (b) alternada. (c) em bloco, (d) enxertada. . . . .	29
Figura 8 – Simbologia de identificação do polipropileno. . . . .	31
Figura 9 – Máquina Injetora Horizontal. . . . .	32
Figura 10 – Máquina Injetora Vertical. . . . .	32
Figura 11 – Partes de uma rosca. . . . .	33
Figura 12 – Esquema de uma Injetora de Plásticos. . . . .	34
Figura 13 – Ciclo de Injeção. . . . .	35
Figura 14 – Esquema do Processo de Injeção no Molde. . . . .	36
Figura 15 – Esquema de Disposição de Cavidades Incorreta. . . . .	37
Figura 16 – Esquema de Disposição de Cavidades Correta. . . . .	37
Figura 17 – Esquema de Alimentação Indireto. . . . .	38
Figura 18 – Peça com Rebarbas. . . . .	40
Figura 19 – Peça com marca de fluxo. . . . .	40
Figura 20 – Formação da Linha de Solda. . . . .	41
Figura 21 – Formação da Linha de Emenda. . . . .	42
Figura 22 – Representação de Rechupe. . . . .	43
Figura 23 – Simulação de injeção de um Para-choque. . . . .	44
Figura 24 – Painel aplicado em uma porta. . . . .	45
Figura 25 – Divisão das fases e <i>milestones</i> do projeto. . . . .	47
Figura 26 – Divisão de peças para o novo produto. . . . .	48
Figura 27 – Cronograma inicial para o Desenvolvimento do Painel de Porta. . . . .	49
Figura 28 – Cronograma executado para o Desenvolvimento do Painel de Porta. . . . .	50
Figura 29 – Placa do molde de injeção da moldura do comando do vidro. . . . .	51
Figura 30 – Distribuição dos bicos de injeção no corpo do painel de porta. . . . .	52
Figura 31 – Fluxo de injeção do corpo do painel de porta em relação ao tempo (s). . . .	53
Figura 32 – Fluxo de Injeção do Comando de Vidro em relação ao Tempo (s). . . . .	55
Figura 33 – a) Folga entre comando vidro e painel de porta. b) deformação na sede de ancoragem. . . . .	58
Figura 34 – Diagrama de causa e efeito relacionada à folga entre comando vidro e painel	59
Figura 35 – Corte do desenho entre o painel de porta e a moldura . . . . .	60
Figura 36 – Cronograma da modificação em relação ao cronograma do projeto . . . . .	61

Figura 37 – Folga entre o corpo do painel de porta e o porta garrafa . . . . .	62
Figura 38 – Diagrama de causa e efeito relacionada à folga entre painel e o porta garrafa.	63
Figura 39 – Proposta de modificação no porta garrafa . . . . .	64

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Esquema de funcionamento dos bicos de injeção . . . . .	54
Tabela 2 – Checklist para registro de todas as anomalias e ações. . . . .	56
Tabela 3 – Comparativo dos custos estimados x executados. . . . .	65

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	Estireno Butadieno Acrilonitrila
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EVA	Etileno-Acetato de Vinila
FENABRAVE	Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores
IFMG	Instituto Federal de Minas Gerais
NBR	Norma Brasileira
PIB	Produto Interno Bruto
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PS	Poliestireno
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de Vinila
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SUV	Veículos utilitários esportivos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>13</b>
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	<i>13</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	<i>13</i>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Projeto</b>	<b>14</b>
<i>2.1.1</i>	<i>Conceito</i>	<i>14</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Características do Projeto</i>	<i>14</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Ciclo de Vida</i>	<i>15</i>
<i>2.1.4</i>	<i>Ciclo de Vida de um Produto</i>	<i>17</i>
<b>2.2</b>	<b>Gerenciamento de Projeto</b>	<b>18</b>
<i>2.2.1</i>	<i>Gerenciamento do Escopo</i>	<i>19</i>
<i>2.2.2</i>	<i>Gerenciamento do Custos</i>	<i>19</i>
<i>2.2.3</i>	<i>Gerenciamento de Tempo</i>	<i>20</i>
<i>2.2.4</i>	<i>Gerenciamento de Qualidade</i>	<i>22</i>
<i>2.2.5</i>	<i>Gerenciamento dos Recursos Humanos</i>	<i>22</i>
<i>2.2.6</i>	<i>Gerenciamento nas Comunicações</i>	<i>23</i>
<i>2.2.7</i>	<i>Gerenciamento dos Riscos</i>	<i>24</i>
<i>2.2.8</i>	<i>Gerenciamento das Aquisições</i>	<i>24</i>
<i>2.2.9</i>	<i>Gerenciamento da Integração</i>	<i>25</i>
<b>2.3</b>	<b>Ferramentas da Qualidade</b>	<b>26</b>
<i>2.3.1</i>	<i>Brainstorming</i>	<i>27</i>
<i>2.3.2</i>	<i>Diagrama de Causa e Efeito</i>	<i>27</i>
<b>2.4</b>	<b>Conceito e classificação de Polímeros</b>	<b>28</b>
<i>2.4.1</i>	<i>Polipropileno (PP)</i>	<i>30</i>
<b>2.5</b>	<b>Moldagem por Injeção de Termoplásticos</b>	<b>31</b>
<i>2.5.1</i>	<i>Tipos de Injetora</i>	<i>31</i>
<i>2.5.2</i>	<i>Componentes de uma Injetora</i>	<i>32</i>
<i>2.5.3</i>	<i>Etapas do Processo de Injeção</i>	<i>34</i>

<b>2.6</b>	<b>Moldes de Injeção</b>	<b>35</b>
<b>2.6.1</b>	<i>Cavidades do Molde</i>	<b>36</b>
<b>2.6.2</b>	<i>Sistema de Alimentação</i>	<b>38</b>
<b>2.7</b>	<b>Defeitos de Moldagem</b>	<b>39</b>
<b>2.7.1</b>	<i>Rebarba na Peça</i>	<b>39</b>
<b>2.7.2</b>	<i>Linhas de Fluxo</i>	<b>40</b>
<b>2.7.3</b>	<i>Linhas de Solda e de Emenda</i>	<b>40</b>
<b>2.7.4</b>	<i>Rechupe</i>	<b>42</b>
<b>2.8</b>	<b>Ferramentas Computacionais</b>	<b>43</b>
<b>2.9</b>	<b>Forro de porta</b>	<b>44</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>46</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>Ciclo de Vida do Projeto</b>	<b>47</b>
<b>4.2</b>	<b>Escopo</b>	<b>48</b>
<b>4.3</b>	<b>Cronograma</b>	<b>49</b>
<b>4.4</b>	<b>Aspectos da Injeção</b>	<b>50</b>
<b>4.5</b>	<b>Análises de Fluxo no Software <i>Moldflow</i></b>	<b>52</b>
<b>4.6</b>	<b>Qualidade</b>	<b>55</b>
<b>4.7</b>	<b>Anomalias do Produto</b>	<b>56</b>
<b>4.7.1</b>	<i>Anomalia 1</i>	<b>57</b>
<b>4.7.2</b>	<i>Anomalia 2</i>	<b>61</b>
<b>4.8</b>	<b>Custos</b>	<b>64</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>66</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>67</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A indústria automotiva é um dos setores relevantes da economia brasileira, caracterizando-se por elevada competitividade e constante inovação tecnológica. De acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2025), o setor automobilístico foi responsável por 20% do PIB da indústria de transformação em 2019, evidenciando sua importância estratégica para o desenvolvimento industrial do país. Nesse cenário, fatores como desempenho, segurança, qualidade e conforto influenciam diretamente a decisão de compra e a competitividade entre as montadoras.

Nesse contexto, o desenvolvimento de novos componentes automotivos tornou-se um processo estratégico para montadoras e seus fornecedores, uma vez que pequenas alterações no design, nos materiais e nos processos produtivos podem gerar impactos significativos na percepção do cliente. O painel (ou forro) de porta, por exemplo, é um dos componentes internos mais visíveis e frequentemente manuseado, exercendo papel fundamental na experiência do usuário dentro do veículo.

Para garantir que esses projetos atendam aos requisitos de qualidade, prazo e custo, as empresas utilizam ferramentas de qualidade e práticas de gerenciamento de projetos, que auxiliam na identificação de problemas, no controle de riscos e na tomada de decisões ao longo do ciclo de desenvolvimento do produto. Ferramentas como o Diagrama de Ishikawa, fluxogramas e indicadores de desempenho são amplamente aplicadas para prevenir falhas e melhorar continuamente os processos.

O gerenciamento de projetos, por sua vez, fornece uma estrutura organizada para o planejamento, execução e controle das atividades, garantindo o alinhamento entre os objetivos técnicos e as expectativas do mercado. A integração entre métodos de gestão e ferramentas de qualidade torna-se, portanto, essencial para o sucesso de projetos de desenvolvimento de componentes automotivos.

O veículo objeto deste estudo pertence ao segmento de veículos utilitários esportivos (SUVs) e foi lançado no mercado em 2022. Para mantê-lo competitivo, a empresa realizou uma reestilização no design e no acabamento interno, além de implementar mudanças tecnológicas.

A relevância desse projeto é ampliada pelo fato de o modelo integrar um dos segmentos mais vendidos no mercado brasileiro. Segundo a Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores (FENABRAVE, 2026), o segmento SUV foi o mais emplacados no ano de 2025, entre veículos novos e usados, o que evidencia o elevado interesse do público por esse tipo de automóvel. A Figura 1 apresenta um recorte da tabela representando os segmentos mais emplacados no ano de 2025:

Figura 1 – Segmentos mais emplacados no ano de 2025.

Sub Segmento	2025 Dez	2025 Nov		2025 Acumulado	2024 Acumulado	
AU – SUVs	58,15%	54,78%	▲	54,89%	48,23%	▲
AU – HATCH PEQUENO	23,93%	23,70%	▲	24,45%	28,58%	▼
AU – ENTRADA	5,90%	8,13%	▼	6,65%	6,40%	▲
AU – SEDAN COMPACTO	5,41%	6,06%	▼	6,06%	7,30%	▼

Fonte: Adaptado de FENABRAVE, 2026.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral deste trabalho é expor, por meio de um estudo de caso, o desenvolvimento de um novo painel de porta para um veículo SUV, com foco na melhoria do acabamento interno por meio do aumento da área revestida por tecido, proporcionando uma melhor percepção do cliente, bem como evidenciar as etapas do projeto, as decisões tomadas e os desafios enfrentados ao longo de seu desenvolvimento.

### 1.1.2 *Objetivos específicos*

- Descrever o contexto e a motivação para o desenvolvimento do novo painel de porta.
- Apresentar o planejamento inicial do projeto, incluindo definição do escopo, cronograma e recursos necessários.
- Descrever as etapas do desenvolvimento do painel de porta ao longo do projeto.
- Documentar o desenvolvimento do projeto, descrevendo as etapas realizadas, os desafios enfrentados e as soluções adotadas para garantir o sucesso do projeto.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Projeto**

#### **2.1.1 *Conceito***

Projeto pode ser compreendido como um conjunto de ações temporárias, com início, desenvolvimento e encerramento definidos, cujo objetivo é alcançar um resultado específico dentro de limites previamente estabelecidos de prazo, custo, recursos e qualidade. Para que seus objetivos sejam alcançados, é fundamental que haja clareza quanto às metas propostas, bem como disponibilidade de recursos suficientes para a execução das atividades exigidas (VARGAS, 2003; CARVALHO; RABECHINI JR., 2011).

#### **2.1.2 *Características do Projeto***

Segundo Vargas (2003), um projeto possui as seguintes características:

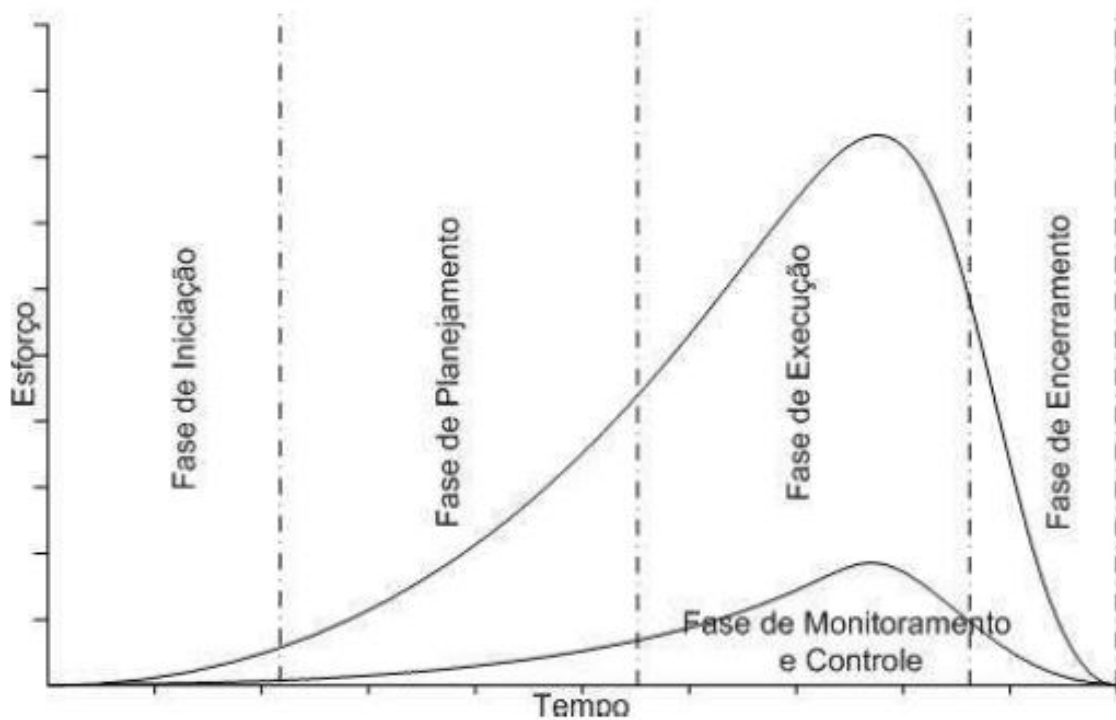
- 1) **Temporiedade:** todo projeto é finito, ou seja, possui início e fim definidos. Essa condição é evidenciada pelo seu ciclo de vida, que se inicia em uma fase estratégica e evolui até atingir um nível máximo de execução, antecedendo seu encerramento.
- 2) **Individualidade:** cada projeto possui sua singularidade, resultando em um produto, serviço ou resultado único, cujas características são definidas de forma progressiva ao longo de seu desenvolvimento.
- 3) **Empreendimento não repetitivo:** trata-se de um evento que não integra a rotina organizacional, exigindo das equipes envolvidas a adaptação a situações inéditas.
- 4) **Sequência clara e lógica de eventos:** o projeto é composto por atividades sequenciadas de forma lógica, o que possibilita o acompanhamento e o controle eficaz durante sua execução.
- 5) **Início, meio e fim:** todo projeto possui um ciclo de vida bem definido, cuja duração pode variar de dias a anos. A existência de um término definido é condição essencial para caracterizar uma atividade como projeto, diferenciando-a das operações rotineiras.
- 6) **Objetivo claro e definido:** o projeto deve apresentar metas e resultados previamente estabelecidos, a serem realizados até seu encerramento.
- 7) **Conduzido por pessoas:** a realização de um projeto depende diretamente da atuação das pessoas envolvidas, uma vez que o fator humano constitui o elemento central para o planejamento, a tomada de decisões e a condução das atividades.
- 8) **Utilização de recursos:** a execução do projeto requer a alocação de recursos, tais como mão de obra, materiais, equipamentos e recursos financeiros.
- 9) **Parâmetros predefinidos:** são configurações específicas relacionadas a prazos, custos, recursos humanos, materiais, equipamentos e níveis de qualidade desejados. Embora não possam

ser definidas com soluções totais desde o início, essas intervenções atuam como referências fundamentais para o planejamento, o controle e a avaliação do desempenho do projeto ao longo de seu ciclo de vida.

### 2.1.3 *Ciclo de Vida*

Segundo Vargas (2003) e o Project Management Body of Knowledge (PMBOK), ciclo de vida de um projeto é composto por cinco fases, divididas em inicialização, planejamento, execução, controle e fechamento. O projeto inicia a partir de uma ideia, que progride, é executada e concluída. A Figura 2, exemplifica o ciclo de vida dividido em fases (grupos de processos) e relaciona aos esforços que cada fase demanda. A fase inicial e de encerramento demandam menor esforços de recursos financeiros e de mão de obra, enquanto a fase de execução atinge o valor máximo.

Figura 2 – Ciclo de vida do projeto subdividido em fases.



Fonte: VARGAS (2003).

1) Fase de Iniciação: corresponde ao momento em que uma necessidade é identificada e convertida em um problema a ser solucionado pelo projeto. Nessa fase, são definidos os objetivos iniciais e as principais estratégias a serem cumpridas.

2) Fase de Planejamento: etapa responsável pelo detalhamento do projeto, na qual são definidos o escopo, o cronograma (incluindo a definição, o sequenciamento e a previsão de duração das atividades), o planejamento e estimativa dos recursos de mão de obra e financeiros, bem como a identificação e a análise dos riscos envolvidos.

3) Fase de Execução: caracteriza-se pela realização das atividades definidas durante o planejamento. Trata-se da fase que exige maior esforço operacional e o maior consumo de recursos, além de exigir a gestão de eventuais imprevistos.

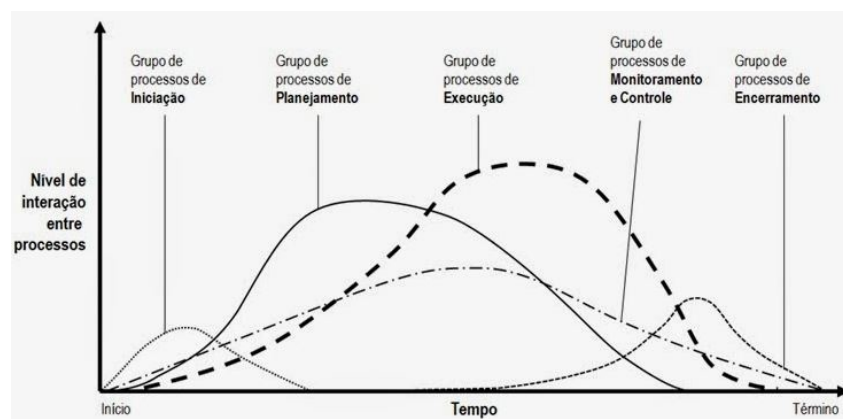
4) Fase de Monitoramento e Controle: ocorre de forma paralela às demais fases e tem como objetivo monitorar e controlar o andamento do projeto, comparando o desempenho real com o planejado para qualidade, cronograma, recursos e escopo. Nessa etapa, são identificados desvios e ações corretivas e preventivas são tomadas para garantir o cumprimento dos objetivos propostos.

5) Fase de Encerramento: consiste na avaliação final das atividades realizadas. Essa fase permite identificar acertos e falhas, gerando lições aprendidas que trazem melhorias para a melhoria do desempenho em projetos futuros.

A Figura 2 não apresenta de forma detalhada a interdependência das fases do projeto, que não devem ser compreendidas como etapas totalmente isoladas ou rigidamente sequenciais. Embora apresentados com objetivos específicos, existe uma relação de interdependência entre eles, uma vez que as decisões e resultados obtidos em uma fase influenciam diretamente o desempenho das fases subsequentes.

O gráfico apresentado na Figura 3, relaciona o nível de interação dos processos com o tempo, evidenciando que as fases de iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento não ocorrem de maneira orientada linear, mas sim de forma integrada e parcialmente simultânea.

Figura 3 – Ciclo de vida do projeto subdividido em fases.



Fonte: CARVALHO; RABECHINI JR.(2011).

Na fase de inicialização, o nível de interação dos processos é relativamente baixo, uma vez que o foco está na identificação da necessidade, definição preliminar do escopo e alinhamento estratégico. À medida que o projeto avança para a fase de planejamento, há um aumento significativo na interação dos processos, refletindo o detalhamento das atividades, definição de cronogramas, recursos, custos e riscos, etapa fundamental para sustentar a execução.

Durante a execução, os gráficos indicam o ponto de maior intensidade dos processos, pois é nesse momento que as atividades planejadas são realizadas, exigindo maior esforço operacional e recursos. Paralelamente, a fase de monitoramento e controle apresenta interação elevada ao longo de grande parte do ciclo de vida do projeto.

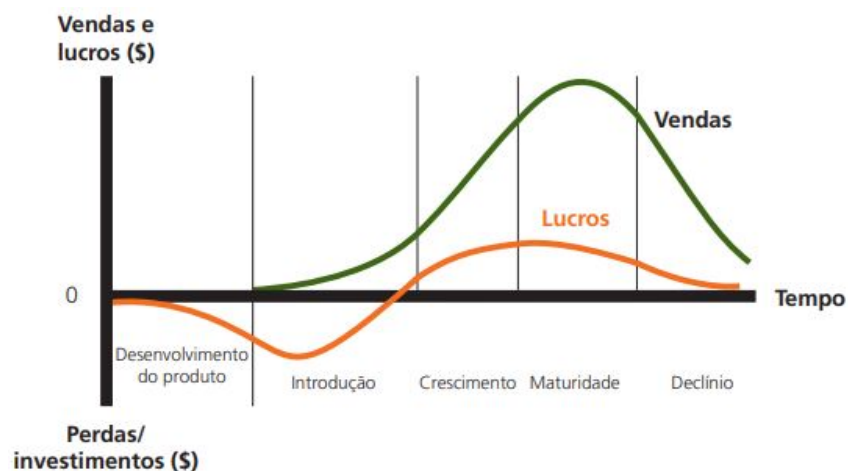
Por fim, na fase de encerramento, observa-se a redução progressiva da interação dos processos, concentrando-se na avaliação dos resultados, formalização da conclusão do projeto e registro das lições aprendidas.

### 2.1.4 *Ciclo de Vida de um Produto*

O ciclo de vida de um produto compreende as etapas pelas quais um produto passa ao longo de sua existência, desde a concepção e desenvolvimento, passando pela introdução no mercado, crescimento, maturidade, até o declínio ou descontinuação.

Segundo Kotler (2015), o ciclo de vida do produto é composto por cinco etapas principais. A Figura 4 relaciona as fases desse ciclo com os custos envolvidos na produção e as vendas alcançadas:

Figura 4 – Relação entre vendas e lucros de um produto ao longo do seu ciclo de vida.



Fonte: KOTLER (2015).

1) Desenvolvimento do produto: fase em que a ideia é concebida e o produto é projetado e desenvolvido. Nesse estágio, não há vendas, porém ocorrem investimentos significativos em pesquisa, desenvolvimento e testes.

2) Introdução: entrada do produto no mercado, com baixo volume de vendas e elevados custos de introdução e distribuição.

3) Crescimento: período em que o produto passa a ser aceito pelo mercado, resultando no aumento das vendas e, gradualmente, da rentabilidade.

4) Maturidade: marcada pelo pico de vendas e pela estabilização da participação do mercado, podendo ser acompanhado, ao longo do tempo, por uma desaceleração do crescimento em função da saturação do mercado e do aumento da concorrência.

5) Declínio: caracteriza-se pela redução contínua das vendas, e a retirada do produto do mercado.

No mercado automotivo, o lançamento de um novo modelo é resultado de um planejamento estratégico prévio, no qual os fabricantes estimam o período em que o veículo permanecerá competitivo e relevante. A fase de lançamento, também chamada de introdução, corresponde ao momento em que o modelo é apresentado ao mercado (GUERRA, 2018).

Trata-se de um período de elevada incerteza, no qual o fabricante avalia a aceitação do veículo pelos consumidores. Os custos são elevados, principalmente em função dos investimentos em marketing, ajustes de processo produtivo e correções de falhas iniciais. As vendas tendem a crescer de forma gradual, pois parte do público prefere aguardar avaliações e a consolidação da imagem do produto antes de realizar a compra (GUERRA, 2018).

Após a fase inicial, o modelo entra no chamado meio de geração, que compreende os estágios de crescimento e maturidade. Conforme descrito por Guerra (2018), nesse período o veículo já se encontra consolidado no mercado, apresentando aumento significativo no volume de vendas e maior estabilidade nos processos produtivos.

Ainda durante a fase de maturidade, é comum a realização de reestilizações. De acordo com Guerra (2018), essas atualizações têm como objetivo prolongar a permanência do modelo no mercado, mantendo-o atrativo frente à concorrência. As reestilizações podem envolver mudanças estéticas, inclusão de novos equipamentos, melhorias de acabamento ou alterações mecânicas pontuais. Por demandarem investimentos relativamente baixos em comparação ao desenvolvimento de um novo modelo, essas intervenções são estratégicas para estender a fase de maturidade por alguns anos.

Por fim, o modelo entra na fase de declínio, também chamada de fim de geração. Segundo Guerra (2018), nesse estágio o veículo passa a apresentar defasagens tecnológicas e estéticas em relação aos concorrentes mais recentes, resultando em queda nas vendas. Os fabricantes reduzem gradualmente os investimentos em atualizações e concentram seus esforços no desenvolvimento do modelo sucessor.

## **2.2 Gerenciamento de Projeto**

O gerenciamento de projetos é entendido como a aplicação integrada de ferramentas e práticas gerenciais que envolve o planejamento, a organização, a supervisão e o controle de todas as etapas do projeto, adotando uma abordagem sistemática para garantir o cumprimento dos objetivos propostos dentro de restrições previamente definidas. Além disso, fundamenta-se

na aplicação de habilidades, conhecimentos, técnicas e ferramentas às etapas do projeto, com o objetivo de atender as necessidades e expectativas das partes interessadas (*stakeholders*) (VARGAS, 2003; CARVALHO; RABECHINI JR., 2011).

De acordo com o PMI (2008), o gerenciamento de projetos é estruturado em diferentes áreas de conhecimento, que abrangem, entre outras, a gestão do escopo, do cronograma, dos custos, da qualidade e dos recursos, as quais atuam de forma integrada para assegurar o alcance dos objetivos do projeto.

### **2.2.1 Gerenciamento do Escopo**

A definição do escopo tem como finalidade descrever de maneira detalhada os objetivos do projeto, delimitando as atividades e orientando as decisões a serem tomadas ao longo de seu desenvolvimento. De forma complementar, o escopo do produto especifica suas funcionalidades e características, buscando evitar tanto a ausência de requisitos quanto o uso inadequado de recursos durante o processo de desenvolvimento. Dessa forma, o escopo do projeto deve contemplar os objetivos do trabalho, as funcionalidades do produto, os benefícios esperados, as principais entregas e as premissas consideradas (SANTOS, 2015).

O PMI (s.d., VARGAS, 2003) descreve o gerenciamento do escopo do projeto por meio de um conjunto de processos:

- 1) Coleta de requisitos: processo responsável pela identificação, análise e documentação das funcionalidades do produto e do projeto, de forma a atender as expectativas dos (*stakeholders*).
- 2) Definição de escopo: consiste no detalhamento do escopo do projeto e do produto, baseando-se nas principais entregas, bem como das premissas e restrições envolvidas.
- 3) Criação da Estrutura Analítica do Projeto (EAP): ferramenta utilizada para organizar e gerenciar o escopo do projeto, estruturada de forma hierárquica, semelhante a um organograma, na qual as entregas são progressivamente decompostas em componentes menores
- 4) Verificação do Escopo: etapa destinada à validação e formalização das entregas do projeto, assegurando que estejam em conformidade com os requisitos definidos.
- 5) Controle do Escopo: processo contínuo que envolve o monitoramento do andamento do escopo, incluindo a gestão de mudanças e a prevenção de desvios em relação ao planejamento inicial.

### **2.2.2 Gerenciamento do Custos**

O gerenciamento de custos tem como finalidade assegurar que os recursos financeiros disponíveis sejam suficientes para a execução das atividades do projeto. Esse gerenciamento envolve os processos de estimativa, elaboração do orçamento e controle dos custos, de forma a

possibilitar a conclusão do projeto dentro do orçamento previamente estabelecido (SANTOS, 2015).

1) Estimativa dos custos: consiste no processo de elaborar uma previsão dos recursos financeiros necessários para a execução das atividades do projeto, considerando materiais, mão de obra, equipamentos e demais despesas envolvidas.

2) Determinação do orçamento: corresponde ao processo de consolidação dos custos estimados das atividades ou dos pacotes de trabalho, com o objetivo de estabelecer a linha de base de custos autorizada para o projeto.

3) Controle dos custos: refere-se ao processo de monitoramento do progresso do projeto, comparação dos gastos reais com a linha de base orçamentária e gerenciamento das alterações necessárias, de modo a manter o orçamento atualizado e sob controle.

### **2.2.3 Gerenciamento de Tempo**

O cumprimento dos prazos estabelecidos está diretamente associado ao sucesso do projeto. Eventuais atrasos podem ser decorrentes de deficiências no planejamento, de uma análise de riscos inadequada e da elaboração ineficaz de planos de contingência. O planejamento do tempo consiste na elaboração de um plano que organiza a execução das atividades do projeto, possibilitando o cumprimento das datas-chave e dos objetivos estabelecidos. Esse planejamento contempla a definição das fases do projeto, dos pacotes de trabalho, das atividades e de suas relações de precedência, bem como dos marcos de controle (*milestones*), da alocação e disponibilidade de recursos, das restrições temporais e das limitações internas e externas que podem influenciar o cronograma (SANTOS, 2015).

O cronograma pode ser entendido como um instrumento utilizado para planejar, acompanhar e controlar o tempo das atividades de um projeto, considerando aspectos como duração, intervalos e folgas entre as tarefas. No contexto da gestão do tempo em projetos, Valeriano (2005, apud Santos, 2015) define alguns conceitos fundamentais:

1) Atividade: corresponde a uma ação que possui início, duração e término claramente estabelecidos, sendo normalmente descrita por um verbo que representa o processo a ser executado, cada atividade apresenta uma denominação, um tempo de execução e relações de precedência com outras atividades.

2) Evento: caracteriza-se como um acontecimento pontual ao longo do projeto, estando vinculado a uma data específica, sem duração associada.

3) Marco (*milestone*): refere-se a uma data relevante que sinaliza momentos importantes do projeto, como a conclusão de uma entrega ou o encerramento de uma fase.

4) Precedência: diz respeito à sequência lógica de execução das atividades, estabelecendo quais tarefas devem ser realizadas antes ou depois de outras ao longo do cronograma.

O PMBOK, conforme apresentado por Vargas (2003), descreve o gerenciamento do tempo do projeto por meio de um conjunto de processos que têm como objetivo assegurar a conclusão das atividades dentro dos prazos estabelecidos. Esses processos são:

1) Definição das Atividades: consiste no processo de identificar e detalhar as ações necessárias para a realização das entregas previstas no projeto, estabelecendo claramente as tarefas a serem executadas.

2) Sequenciamento das Atividades: responsável por identificar e documentar as relações de dependência e precedência entre as atividades do projeto.

3) Estimar os recursos das atividades: processo que visa determinar os tipos e as quantidades de recursos necessários, tais como materiais, mão de obra e equipamentos, para a execução das atividades.

4) Estimar as durações das atividades: processo destinado a estimar o tempo requerido para a conclusão de cada atividade programada.

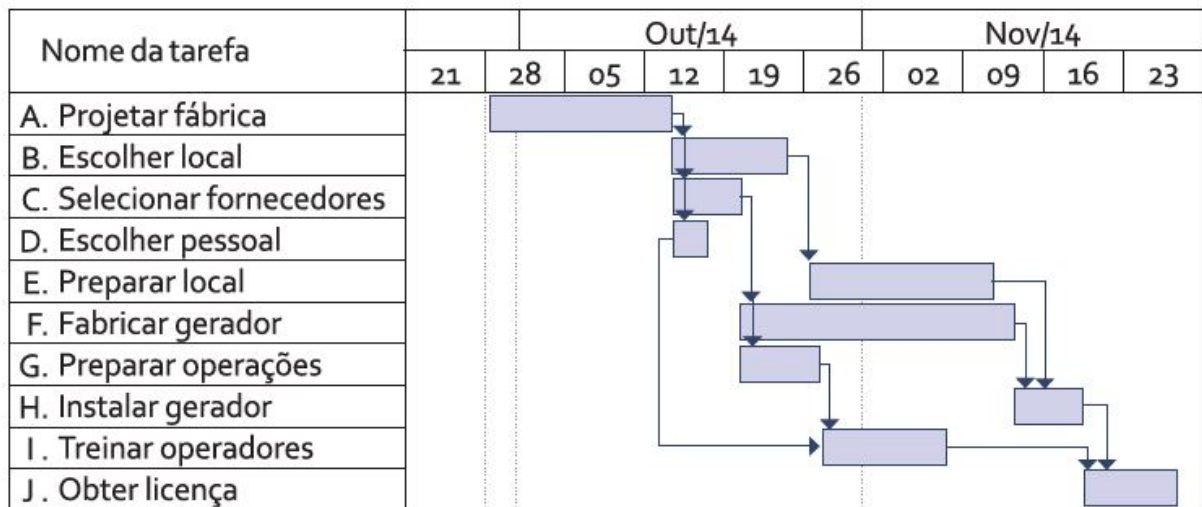
5) Desenvolver o cronograma: processo que integra o sequenciamento das atividades, as estimativas de duração, os recursos necessários e as restrições existentes, resultando na elaboração do cronograma do projeto.

6) Controlar o cronograma: corresponde ao processo de monitoramento do progresso do projeto, comparação do desempenho real com a linha de base do cronograma e gerenciamento das mudanças necessárias para garantir o cumprimento dos prazos.

Uma ferramenta muito utilizada para a elaboração do cronograma é o diagrama de barras, também conhecido como gráfico de Gantt. Essa ferramenta é amplamente empregada no planejamento de projetos, pois, por meio da representação sequencial das atividades e de suas respectivas durações, possibilita a visualização geral do início e do término do projeto, bem como do período de execução de cada atividade ao longo do tempo (SANTOS, 2015).

A Figura 5 é um tipo de diagrama de barras, no qual são representadas as atividades do projeto distribuídas ao longo do tempo. Cada barra horizontal indica a duração de uma atividade, enquanto sua posição no eixo temporal permite identificar as datas de início e término. As setas evidenciam as relações de dependência e precedência entre as atividades, demonstrando que determinadas tarefas somente podem ser iniciadas após a conclusão de outras. Esse tipo de representação facilita a visualização do sequenciamento das atividades, do encadeamento lógico do cronograma e do impacto de atrasos no andamento geral do projeto.

Figura 5 – Ciclo de vida do projeto subdividido em fases - Gráfico de Gantt.



Fonte: SANTOS (2015).

### 2.2.4 Gerenciamento de Qualidade

O gerenciamento da qualidade do projeto tem como objetivo assegurar que o projeto e o produto atendam aos requisitos e aos padrões de qualidade estabelecidos, garantindo a satisfação das necessidades das partes interessadas. Esse gerenciamento envolve o processo de identificação dos requisitos e critérios de qualidade aplicáveis, bem como a definição e a documentação dos métodos pelos quais a conformidade será demonstrada (VARGAS, 2003).

O PMI (s.d., apud VARGAS, 2003) defini três processos para o gerenciamento da qualidade:

1) Planejamento da qualidade: consiste na identificação dos requisitos e dos padrões de qualidade aplicáveis ao projeto e ao produto, bem como na definição e documentação dos métodos pelos quais a conformidade será verificada.

2) Garantia da qualidade: processo de avaliação sistemática dos requisitos de qualidade e dos resultados obtidos nas atividades de controle da qualidade, com o objetivo de assegurar que os padrões definidos e as práticas operacionais adequadas estejam sendo efetivamente aplicados.

3) Controle da qualidade: processo de monitoramento e registro dos resultados das atividades relacionadas à qualidade, avaliando o desempenho do projeto e recomendando ações corretivas ou preventivas quando necessárias.

### 2.2.5 Gerenciamento dos Recursos Humanos

O gerenciamento de recursos humanos tem como objetivo principal aproveitar da melhor maneira possível as pessoas que participam do projeto. São elas que estabelecem objetivos, elaboram planos, organizam as tarefas, realizam os resultados e ainda orientam, coordenam e

acompanham as atividades, aplicando tanto suas competências técnicas quanto sociais (VARGAS, 2003).

Segundo Vargas (2003), o guia PMI estabeleceu quatro processos necessários para gerenciar os recursos humanos:

1) Desenvolvimento do plano de recursos humanos: corresponde ao processo de definição e registro das funções, responsabilidades, competências exigidas e das relações hierárquicas envolvidas no projeto, bem como à elaboração de um plano estruturado para a gestão da equipe ao longo de todo o seu ciclo de vida.

2) Mobilizar a equipe do projeto: processo de obtenção e alocação dos recursos humanos necessários, garantindo que os profissionais adequados estejam disponíveis para a execução das atividades do projeto.

3) Desenvolver a equipe do projeto: envolve ações para aprimoramento das habilidades individuais e coletivas, fortalecimento da integração entre os membros da equipe e melhoria do ambiente de trabalho, trazendo aumento do desempenho da equipe e do projeto.

4) Gerenciar a equipe do projeto: compreende o acompanhamento do desempenho dos membros da equipe, a oferta de *feedback* contínuo, a resolução de conflitos e a implementação de ações corretivas ou de mudanças, com o objetivo de melhorar os resultados do projeto.

### **2.2.6 Gerenciamento nas Comunicações**

O gerenciamento das comunicações do projeto compreende os processos necessários para garantir que as informações sejam fornecidas, coletadas, compartilhadas, armazenadas e distribuídas no tempo certo durante ao longo do ciclo de vida do projeto (VARGAS, 2003; CARVALHO; RABECHINI JR., 2011). Para isso, para o PMI (s.d., apud VARGAS, 2003) estabeleceu os seguintes processos:

1) Identificação das partes interessadas: consiste no reconhecimento de todas as pessoas ou organizações que possam ser impactadas pelo projeto, bem como na análise de seus papéis, níveis de influência e interesses.

2) Planejamento das comunicações: envolve a definição das necessidades de informação das partes interessadas ao longo do projeto, determinando quais informações devem ser comunicadas, quando e de que forma.

3) Distribuição das informações: consiste na disponibilização das informações relevantes às partes interessadas, garantindo que elas recebam os dados necessários de maneira oportuna e adequada.

4) Gerenciamento das expectativas das partes interessadas: trata da condução da comunicação e da interação com os stakeholders, buscando atender às suas necessidades, alinhar expectativas e resolver questões à medida que surgem.

5) Relato do desempenho do projeto: compreende a coleta, organização e divulgação de informações relacionadas ao desempenho do projeto, apoiando o acompanhamento e a tomada de decisões.

### **2.2.7 Gerenciamento dos Riscos**

O gerenciamento de riscos contribui para uma compreensão mais aprofundada da natureza do projeto, ao envolver os membros da equipe na identificação de potenciais oportunidades e ameaças, bem como na definição de respostas relacionadas a esses fatores, geralmente relacionados a prazos, qualidade e custos. Dessa forma, a continuidade e o sucesso de qualquer empreendimento estão diretamente associados à capacidade de confiabilidade e exploração de oportunidades em um ambiente marcado por incertezas (VARGAS, 2003; CARVALHO; RABECHINI JR., 2011).

VARGAS (2003), indica seis processos essenciais para o correto gerenciamento de riscos em um projeto:

1) Planejamento do gerenciamento de riscos: consiste na definição das diretrizes, métodos e responsabilidades para a condução das atividades de gestão de riscos ao longo do projeto.

2) Identificação dos riscos: refere-se ao processo de reconhecimento dos eventos incertos que podem influenciar o projeto, bem como ao registro sistemático de suas características e possíveis consequências.

3) Análise qualitativa dos riscos: envolve a avaliação e a priorização dos riscos identificados, a partir da análise conjunta de sua probabilidade de ocorrência e do impacto potencial sobre os objetivos do projeto.

4) Análise quantitativa dos riscos: corresponde à avaliação numérica dos efeitos dos riscos sobre os objetivos globais do projeto, permitindo estimar riscos em termos de prazo, custo ou desempenho.

5) Planejamento das respostas aos riscos: diz respeito à definição de estratégias, ações e alternativas voltadas à ampliação das oportunidades e à redução das ameaças que podem comprometer os resultados do projeto.

6) Monitoramento e controle de riscos: compreende a execução dos planos de resposta, o acompanhamento contínuo dos riscos identificados e residuais, a identificação de novos riscos e a avaliação da efetividade do processo de gestão de riscos ao longo de todo o ciclo de vida do projeto.

### **2.2.8 Gerenciamento das Aquisições**

O gerenciamento das aquisições tem como objetivo garantir que todos os agentes externos envolvidos no projeto cumpram o fornecimento de bens ou serviços necessários à sua execução.

A relação estabelecida entre o projeto e seus fornecedores é, em geral, influenciada pelo nível de risco reforçado por cada parte. De modo geral, os custos associados a suprimentos ou materiais tendem a refletir o grau de risco causado às atividades contratadas (VARGAS, 2003; CARVALHO; RABECHINI JR., 2011). Para um melhor gestão dos riscos envolvidos em um projeto, o PMI (s.d., apud VARGAS, 2003) definiu os seguintes processos:

1) Planejamento das aquisições: consiste no registro e na formalização das decisões relacionadas às compras do projeto, incluindo a definição da estratégia de aquisição e a identificação de possíveis fornecedores.

2) Condução das aquisições: consulte o processo de solicitação e análise das propostas dos fornecedores, à seleção daquele que melhor atende aos requisitos do projeto e à formalização do contrato.

3) Administração das aquisições: envolve a gestão do relacionamento contratual, o acompanhamento do desempenho do fornecedor, bem como a implementação de ajustes, alterações ou correções necessárias ao longo da vigência do contrato.

4) Encerramento das aquisições: corresponde ao processo de conclusão formal de cada aquisição, por meio da verificação da conformidade das entregas e dos serviços prestados, fornecidos ao suporte ao encerramento do projeto ou de suas fases.

### **2.2.9 Gerenciamento da Integração**

A área de integração desempenha um papel fundamental no gerenciamento de projetos, pois é responsável por criar, desde o início, as condições para o seu desenvolvimento adequado. Nesse contexto, o processo de integração considera os elementos existentes no ambiente em que o projeto será executado. Por meio desse processo, o projeto é formalmente iniciado, tendo seus objetivos, restrições, premissas e justificativas claramente definidas (CARVALHO; RABECHINI JR., 2011).

O PMI (s.d., apud VARGAS, 2003) definiu seis processos para o gerenciamento da integração de um projeto:

1) Desenvolvimento do termo de abertura: corresponde ao processo de elaboração de um documento que autoriza formalmente o início de um projeto ou de uma de suas fases, além de registrar os requisitos iniciais necessários para atendimento das necessidades e expectativas das partes interessadas.

2) Desenvolvimento do plano de gerenciamento: refere-se ao processo de definição e documentação das ações permitidas para estruturar, consolidar, integrar e coordenar todos os planos auxiliares que orientam a condução do projeto ao longo de seu ciclo de vida.

3) Orientação e gerenciamento da execução do projeto: consiste na realização das atividades previstas no plano de gerenciamento, com o objetivo de alcançar os resultados e metas

estabelecidas para o projeto.

4) Monitoramento e controle do trabalho: envolve o acompanhamento contínuo do progresso, a análise do desempenho e a implementação de ajustes necessários, garantindo que os objetivos definidos no plano de gerenciamento sejam atendidos.

5) Controle integrado de mudanças: diz respeito à análise sistemática de todas as restrições de alteração, à aprovação das mudanças pertinentes e à gestão de seus impactos sobre as entregas, os documentos do projeto, os investimentos de processos organizacionais e o próprio plano de gerenciamento.

6) Encerramento do projeto ou de suas fases: corresponde ao processo de conclusão formal de todas as atividades associadas aos grupos de processos de gerenciamento, garantindo a finalização adequada do projeto ou da fase em questão.

### **2.3 Ferramentas da Qualidade**

A definição do conceito de qualidade apresenta certa complexidade, uma vez que se trata de um termo amplo e multifacetado, cujas interpretações buscam, de modo geral, atribuir-lhe um significado único, apesar de sua abrangência. Diversos autores apresentam definições distintas, geralmente associadas à capacidade de um produto ou serviço atender às necessidades do usuário.

Segundo Juran, a qualidade está relacionada às características de desempenho que tornam o produto adequado à finalidade a que se destina. Feigenbaum associa a qualidade às condições percebidas pelo consumidor, considerando tanto o uso efetivo quanto o custo do produto. Teboul entende a qualidade como a capacidade de atender as necessidades dos clientes ao menor custo possível, minimizando perdas e superando a concorrência. De forma semelhante, Ishikawa define a qualidade como o desenvolvimento de produtos úteis, econômicos e capazes de gerar satisfação ao consumidor. Garbo acrescenta que a qualidade envolve a antecipação das necessidades dos clientes, traduzindo-as em produtos confiáveis, funcionais e com preços competitivos (FAESARELLA; SACOMANO; CARPINETTI, 2006).

Ao abordar a qualidade no contexto dos projetos, é necessário considerar dois aspectos fundamentais: o produto resultante do projeto e os processos de gerenciamento utilizados ao longo de seu desenvolvimento. Para assegurar a qualidade, torna-se indispensável a definição de ferramentas capazes de verificar a conformidade tanto do produto final quanto dos processos adotados. As ferramentas da qualidade correspondem a um conjunto de métodos empregados para identificar, quantificar e analisar problemas que afetam o resultado dos processos de trabalho, bem como propor ações de melhoria e soluções adequadas.

### 2.3.1 *Brainstorming*

O *brainstorming*, também denominado “tempestade de ideias”, consiste em uma técnica voltada ao estímulo da criatividade e à geração coletiva de ideias, desenvolvida pelo publicitário Alex Faickney Osborn na década de 1940. Essa técnica pode ser empregada em diferentes etapas do processo de resolução de problemas, sendo especialmente relevante na identificação e priorização das questões a serem analisadas, bem como na proposição de alternativas de solução. (SEBRAE, s.d.; FAESARELLA; SACOMANO; CARPINETTI, 2006).

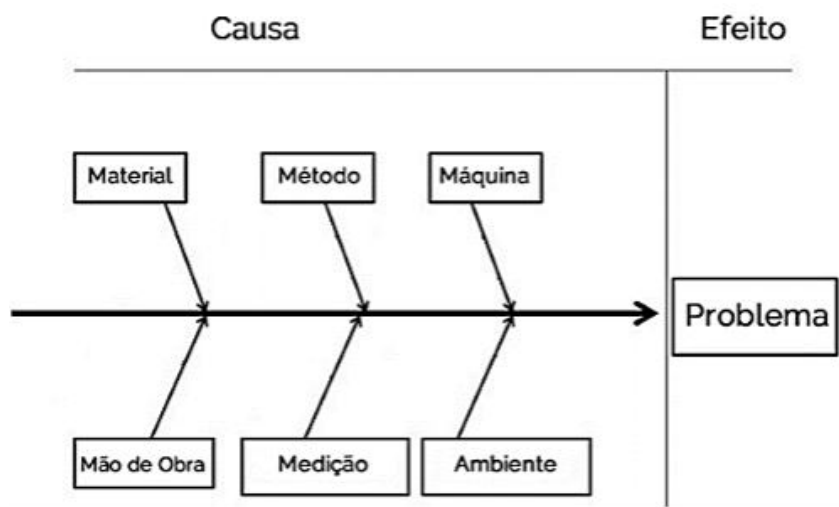
O *brainstorming* é orientado por princípios que direcionam a dinâmica do trabalho. O primeiro princípio está relacionado à priorização da quantidade de ideias em detrimento da qualidade inicial, partindo do pressuposto de que um maior volume de sugestões aumenta a probabilidade de identificação de soluções eficazes para o problema. Outro princípio fundamental consiste na suspensão de julgamentos sobre as ideias propostas durante o processo. Por fim, recomenda-se o agrupamento de ideias semelhantes, de modo a facilitar a visualização, a organização e a análise das contribuições geradas (SEBRAE, s.d.).

### 2.3.2 *Diagrama de Causa e Efeito*

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Espinha de Peixe, é uma ferramenta amplamente empregada para analisar a relação entre um problema e os fatores que podem estar associados à sua ocorrência. Essa técnica permite a representação gráfica das possíveis causas que contribuem para determinado efeito, facilitando a identificação e a compreensão das origens do problema. Estruturado de forma semelhante a uma espinha de peixe, esse instrumento foi utilizado pela primeira vez em 1953, no Japão, pelo professor Kaoru Ishikawa, da Universidade de Tóquio (FAESARELLA; SACOMANO; CARPINETTI, 2006).

No diagrama, o problema a ser analisado é representado na extremidade direita, caracterizando o efeito, enquanto as causas potenciais são dispostas ao longo das ramificações principais, organizadas em categorias. Tradicionalmente, essas categorias são conhecidas como os “6M”: material, método, máquina, mão de obra, medição e ambiente. Cada uma dessas categorias orienta a investigação das causas sob diferentes perspectivas, contribuindo para uma análise mais completa e sistemática do problema (FAESARELLA; SACOMANO; CARPINETTI, 2006). Conforme representado na Figura 6:

Figura 6 – Diagrama de Causa e Efeito.



Fonte: PEREIRA (s.d.).

Segundo Faesarella, Sacomano e Carpinetti (2006) As principais causas podem ser organizadas em seis categoria, conforme descrito a seguir:

a) Método: consulta aos procedimentos operacionais, considerando aspectos como clareza, simplicidade, facilidade de execução e ausência de etapas essenciais para o correto desempenho da atividade.

b) Mão de obra: envolve as condições físicas e mentais dos trabalhadores relacionadas ao problema, incluindo fatores como pontualidade, absenteísmo, cumprimento de normas e comportamento geral.

c) Máquina: diz respeito aos equipamentos utilizados, considerando seu estado de conservação, manutenção, identificação e condições de armazenamento.

d) Meio ambiente: contempla os fatores do ambiente de trabalho, como iluminação, vírus, temperatura, vibração, poeira, bem como as condições dos espaços físicos onde as atividades são realizadas.

e) Material: relacionado à situação dos fornecedores, ao fornecimento interno e às condições de estocagem dos insumos.

f) Medida: abrange os aspectos relacionados ao processo de medição, como condições dos instrumentos, critérios de medição, frequência de inspeção e controle.

## 2.4 Conceito e classificação de Polímeros

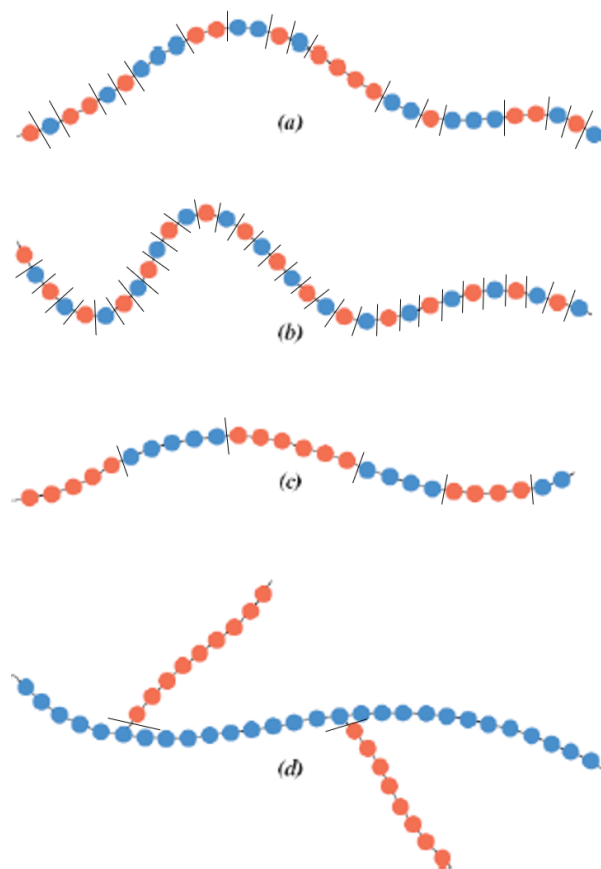
O plástico é um material polimérico que, quando submetido a altas temperaturas e pressões, funde-se e, ao ser resfriado, solidifica-se, adquirindo uma forma definida (HARADA, 2004). Segundo Manrich (2013, p. 19), “polímero é qualquer material orgânico ou inorgânico,

sintético ou natural.” Desta forma, são considerados como polímeros por exemplo a borracha (elastômero), proteínas, celulose e o plástico (CALLISTER, 2018).

O termo polímero tem origem no grego: poli (muitos) e mero (unidade ou parte repetitiva), indicando que sua molécula é constituída por longas cadeias formadas por milhares de unidades idênticas (CANEVAROLO, 2006). Essas cadeias resultam da união de monômeros, micromoléculas que reagem entre si no processo denominado polimerização (MANO; MENDES, 2004; PIATTI; RODRIGUES, 2005).

O polímero pode ser classificado de acordo com a quantidade de monômeros, origem, fusibilidade e entre outros critérios. Em relação à quantidade de monômeros, podem ser classificados como homopolímeros, no qual contém em sua cadeia principal apenas um tipo de mero, como o PP e PVC (CANEVAROLO, 2006), enquanto o copolímero é composto por mais de um tipo de mero (MANO; MENDES, 2004). A disposição dos meros no copolímero pode ser de forma aleatória, alternada, em blocos ou enxertada, conforme representado na Figura 7, em que demonstra de forma esquemática um copolímero que possui dois tipos de meros, diferenciados pelas barras e pelas cores azul e vermelho (CALLISTER, 2018).

Figura 7 – Configuração da estrutura do copolímero. (a) aleatória, (b) alternada. (c) em bloco, (d) enxertada.



Fonte: Adaptado de CALLISTER (2018).

Quanto à origem, os polímeros podem ser classificados em naturais e sintéticos. Os naturais têm como matéria-prima substâncias encontradas diretamente na natureza, como a celulose. Já os sintéticos são produzidos quimicamente por processos de polimerização controlada, como é o caso do polipropileno (PP) (CANEVAROLO, 2006). Em geral, o polímero sintético é produzido a partir do refino do petróleo.

Quanto ao comportamento mecânico, a fusibilidade ou solubilidade do polímero é subdividida em termoplástico ou termorrígido. O termoplástico possui a capacidade de fundir sob alta pressão e temperatura e, na ausência desses fatores, se solidificar. Essa transformação física é reversível, portanto, o termoplástico pode ser reprocessado, ou seja, reciclado ou reutilizado (CANEVAROLO, 2006; MANRICH, 2013). Itens como fibras, embalagens e tintas são exemplos de polímeros termoplástico (GROOVER, 2016).

Segundo Canevarolo (2006), os termoplásticos podem ser classificados de acordo com o desempenho mecânico, são divididos em três categorias: convencionais (ou commodities), especiais e de engenharia.

a) Convencional (commodities): polímero de baixo custo, porém de alta produção e facilidade de processamento, como o PP e o poliestireno (PS).

b) Especial: possui um custo maior que o convencional e apresenta características melhores, como o copolímero etileno-acetato de vinila (EVA).

c) Engenharia (TE): utilizados em peças que necessitam de elevada resistência mecânica e boa tenacidade. É muito utilizado em peças automotivas e pela indústria eletroeletrônica, como o copolímero de estireno butadieno acrilonitrila (ABS).

### **2.4.1 Polipropileno (PP)**

Desde seu desenvolvimento em 1954 e posterior comercialização, iniciada em 1957 pela empresa italiana Montecatini, o polipropileno (PP) tem apresentado um crescimento expressivo no cenário industrial global. Esse avanço se deve, em grande parte, à sua capacidade de oferecer propriedades comparáveis às dos plásticos de engenharia, porém com custo semelhante ao dos materiais classificados como commodities (MANRICH, 2013).

Entre suas principais propriedades, destacam-se a alta resistência química e a solventes, boa estabilidade dimensional, flexibilidade, durabilidade, excelente balanço entre impacto e rigidez, além de boa resistência às intempéries e a riscos. Essas características tornam o material especialmente adequado para aplicações automotivas, sendo amplamente utilizado em peças como condutores de ar, painel de porta, porta luvas, para choque e entre outros componentes (SILVA, 2003).

Os fabricantes adotam símbolos padronizados conforme a norma NBR 13320, aplicados em relevo ou gravação no produto, e devem estar localizados em áreas de fácil acesso e separadas

das marcações do fabricante. Em relação ao PP, a simbologia é definida conforme Figura 8.

Figura 8 – Simbologia de identificação do polipropileno.



Fonte: ABNT NBR 13230 (2008).

## 2.5 Moldagem por Injeção de Termoplásticos

A injeção constitui um dos principais processos de transformação de materiais poliméricos, sendo amplamente empregada em setores como o de embalagens e automotivo (GARCIA, 2009). Segundo a ABIPALST (2023), esse método foi o segundo mais utilizado em 2022, representando 25,1% do total, ficando atrás apenas da extrusão. O êxito desta tecnologia resulta da combinação de diversas vantagens comparativas, destacando-se, entre elas, "elevada produção, a grande reprodutibilidade e precisão dimensional, a grande flexibilidade em termos de geometria e dimensões das moldagens" (GARCIA, 2009, p. 5).

### 2.5.1 Tipos de Injetora

A injetora é a máquina responsável pelo processo de moldagem por injeção, podendo ser classificada como injetora vertical, conforme representada na Figura 9, ou horizontal, representada na Figura 10. A distinção entre os modelos está relacionada à orientação do eixo em que ocorrem o sistema de fechamento e os movimentos do molde: na injetora horizontal, o fechamento se dá no sentido horizontal, enquanto na vertical, ocorre no sentido vertical.

Figura 9 – Máquina Injetora Horizontal.



Fonte: ROMI S.A. (s.d.).

Figura 10 – Máquina Injetora Vertical.



Fonte: INJETEC EQUIPAMENTOS (s.d.).

### 2.5.2 Componentes de uma Injetora

A máquina injetora possui alguns componentes principais, que são responsáveis por transportar, aquecer, plastificar e homogeneizar a resina, que pode ser fornecida em grãos ou em pó. Os componentes são:

- 1) Funil: parte responsável por receber a resina termoplástica e direcioná-la para a zona de alimentação da rosca. Deve permanecer isolado para evitar a contaminação da resina por impurezas (TIETZ RODA, 2011; SEBRAE, 2009).

2) Canhão (cilindro de aquecimento): No interior do canhão ocorre a plastificação do material, processo viabilizado tanto pelo calor transmitido pelas resistências elétricas externas quanto pela energia gerada pelo atrito da rosca com os grânulos (TIETZ RODA, 2011; SEBRAE, 2009).

3) Rosca: localizada no interior do canhão, é responsável por transportar, comprimir, fundir e homogeneizar o material plástico. Segundo Harada (2004), a rosca é constituída por três zonas principais:

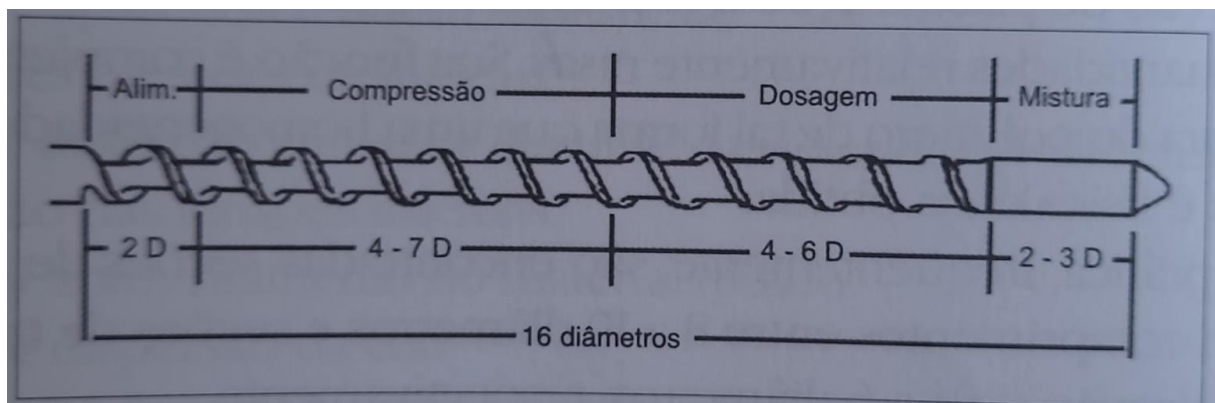
a) Alimentação: a rosca possui filetes de profundidade uniforme e fornece a quantidade exata de material para a zona de compressão;

b) Compressão: nesta região, a profundidade dos filetes diminui, iniciando e intensificando a compressão, fusão e homogeneização do polímero;

c) Plastificação (dosagem): corresponde à etapa final da fusão, na qual o material atinge a homogeneização máxima antes de ser conduzido ao molde.

As zonas presentes na rosca estão representadas na Figura 11:

Figura 11 – Partes de uma rosca.



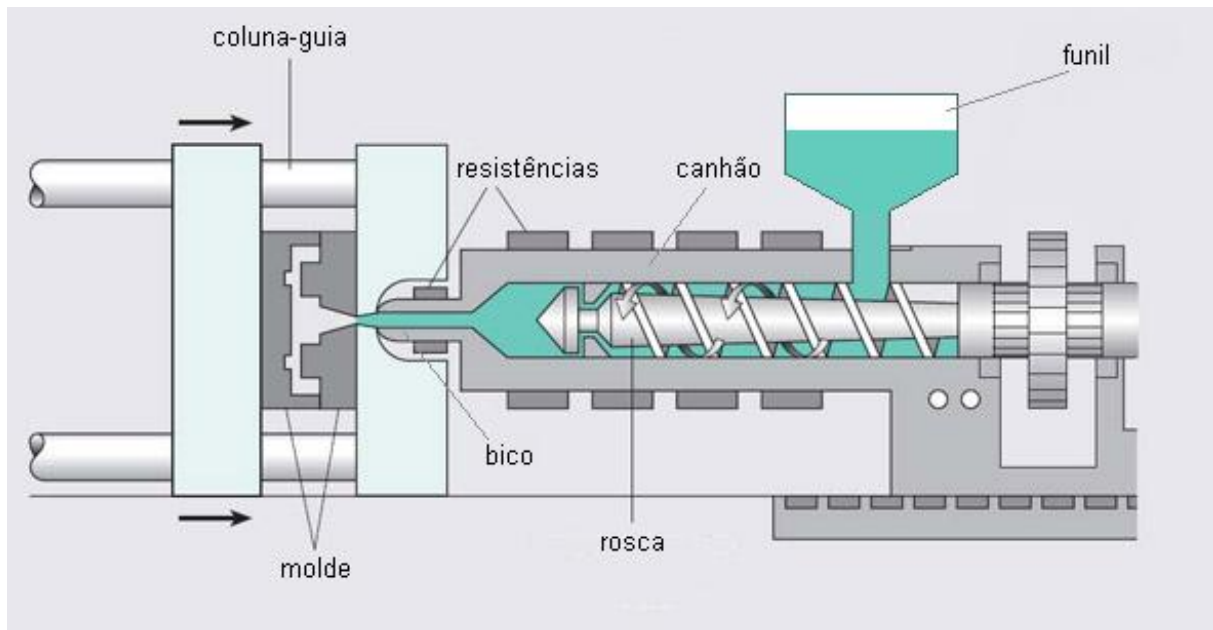
Fonte: HARADA (2004).

4) Bico: permite a transferência do material do cilindro de aquecimento para a cavidade do molde, garantindo que não ocorra contato com o meio externo e nem perdas durante o processo (TIETZ RODA, 2011; SEBRAE, 2009).

5) Molde: constituído por placas de aço-ferramenta, sendo algumas móveis e outras fixas, possuindo cavidades responsáveis por conferir a forma ao material plástico. Além disso, possuem pinos ejetores, que permitem a remoção da peça moldada, possuem também canais de refrigeração, por onde circula um fluido refrigerante destinado a dissipar o calor e evitar o superaquecimento do molde (TIETZ RODA, 2011; SEBRAE, 2009).

Alguns componentes de uma máquina injetora estão representados na Figura 12.

Figura 12 – Esquema de uma Injetora de Plásticos.



Fonte: TIETZ RODA (2011).

### 2.5.3 Etapas do Processo de Injeção

Segundo Torres (2007) o processo de injeção consiste no transporte, aquecimento e homogeneização da resina, que posteriormente é injetada na cavidade do molde. Após o resfriamento da peça, ocorre a ejeção do produto, dando início a um novo ciclo produtivo. O ciclo de injeção pode também ser dividido nas seguintes principais fases:

Fase 1 - Fechamento do molde: ocorre o avanço da placa móvel, promovendo o travamento do molde. A força de travamento deve ser suficiente para suportar a elevada pressão envolvida no processo, evitando a abertura do molde, e prevenindo a formação de imperfeições no produto (IBT Plásticos, s.d.; TORRES, 2007).

Fase 2 - Injeção: o material plástico fundido preenche a cavidade do molde. A velocidade de injeção constitui um parâmetro essencial, pois deve equilibrar rapidez no preenchimento com a qualidade da peça. Essa fase ocorre de forma rápida, a fim de evitar o resfriamento prematuro do material e, conseqüentemente, preenchimento incompleto da cavidade. Entretanto, velocidades excessivas podem provocar defeitos superficiais, como marcas de fluxo e efeitos de jato (IBT Plásticos, s.d.; TORRES, 2007).

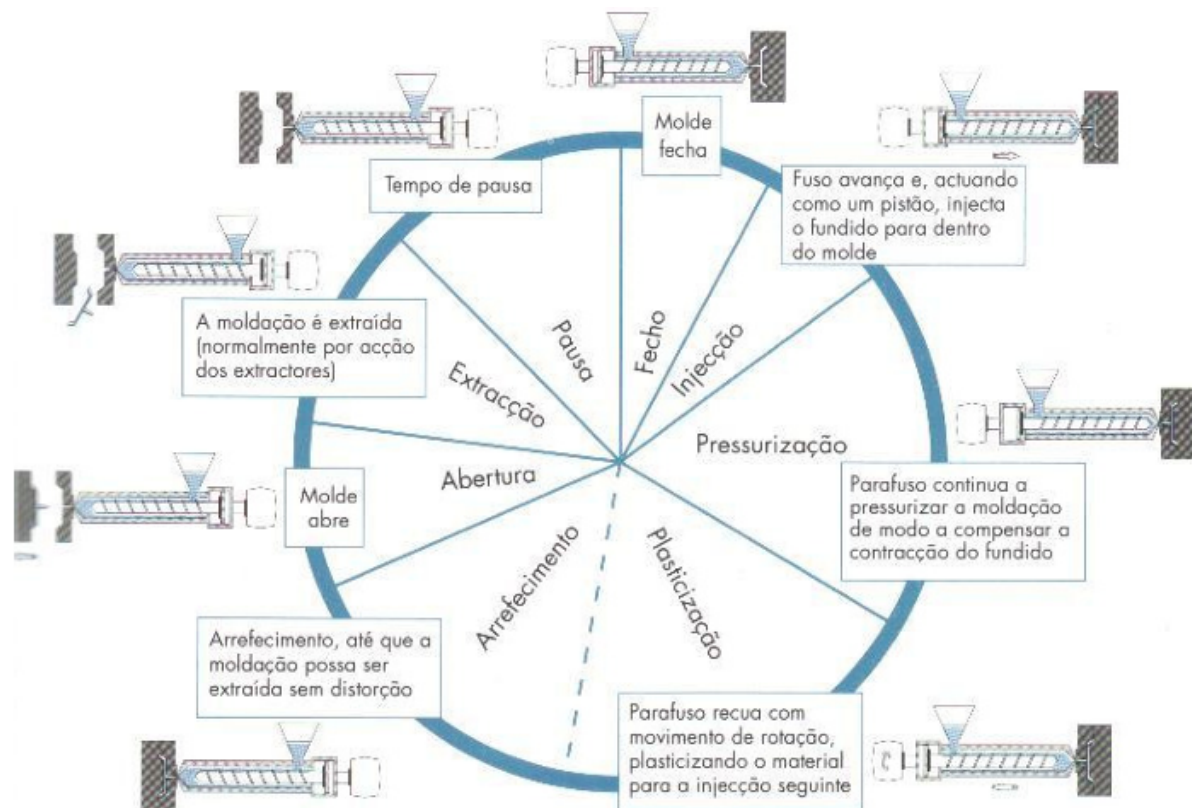
Fase 3 - Recalque ou pressão de compensação: consiste em compactar e manter o material no interior da cavidade, evitando que retorne pelo ponto de injeção (MANRICH, 2013). O recalque minimiza a contração do material, que ocorre durante o período de resfriamento, além de promover o preenchimento homogêneo do material na cavidade. Contudo, a pressão não pode ser elevada, pois pode provocar danos ao produto, como o surgimento de tensões internas (IBT Plásticos, s.d.; TORRES, 2007).

Fase 4 - Refrigeração: o resfriamento do molde ocorre através do circuito de refrigeração, composto por canais no qual circulam fluidos responsáveis pela troca de calor com o material. o objetivo desse processo é resfriar o produto até uma temperatura adequada para extração, sem que haja deformações (MANRICH, 2013; IBT Plásticos, s.d.; TORRES, 2007).

Fase 5 - Extração: após a abertura do molde, o produto é extraído e separado do canal de alimentação com o auxílio de mecanismos internos do molde, como pinos extratores. Esses mecanismos exercem pressão controlada sobre a superfície da peça, permitindo sua liberação sem danos estruturais ou superficiais (MANRICH, 2013; IBT Plásticos, s.d.; TORRES, 2007).

O tempo do ciclo de injeção está relacionado à complexidade da máquina utilizada e ao formato do produto. De modo geral, as fases podem ser ilustradas conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Ciclo de Injeção.

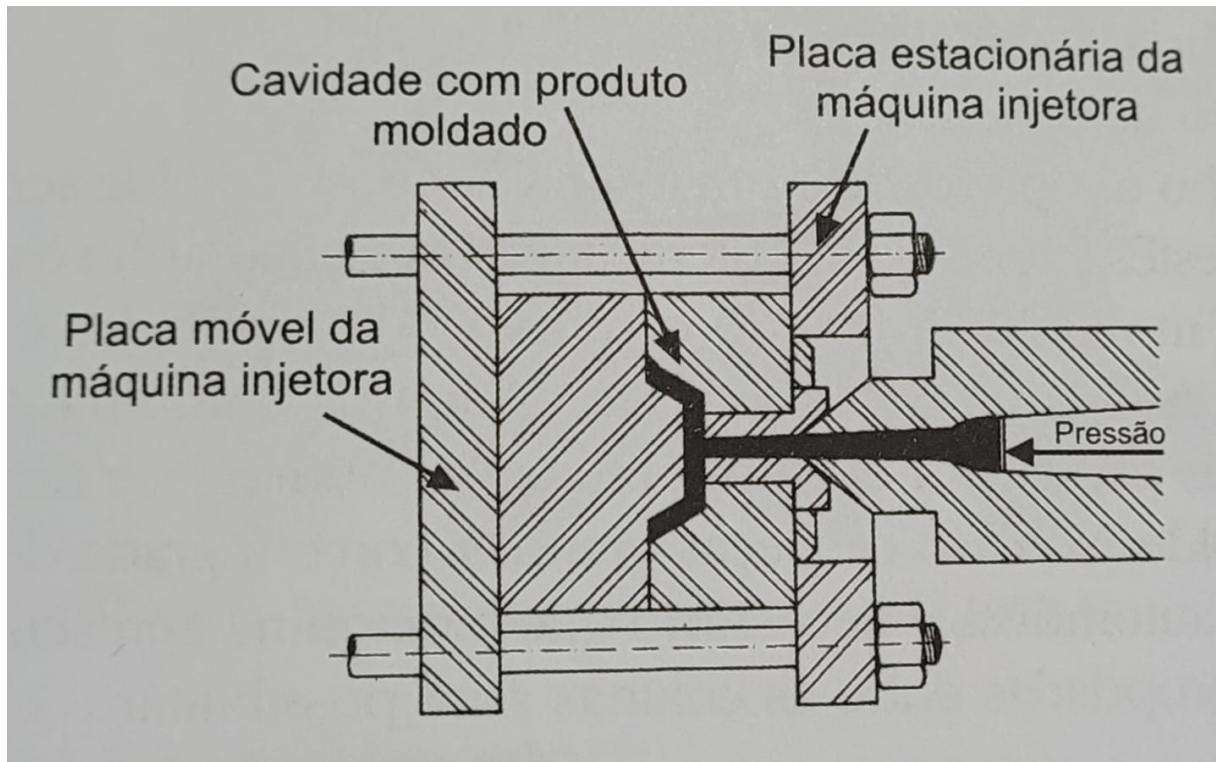


Fonte: GARCIA (2009).

## 2.6 Moldes de Injeção

Molde de injeção é composto por placas, móvel e fixa, formando cavidades que possuem o formato e as dimensões do produto (HARADA, 2004). Conforme representado na Figura 14.

Figura 14 – Esquema do Processo de Injeção no Molde.



Fonte: HARADA (2004).

Segundo Harada (2004), para o projeto do molde deve ser considerado alguns aspectos como:

- a) Dimensões do produto
- b) Número de cavidades
- c) Capacidade da máquina injetora (como capacidade de injeção e de plastificação, força de fechamento)
- d) Extração da peça

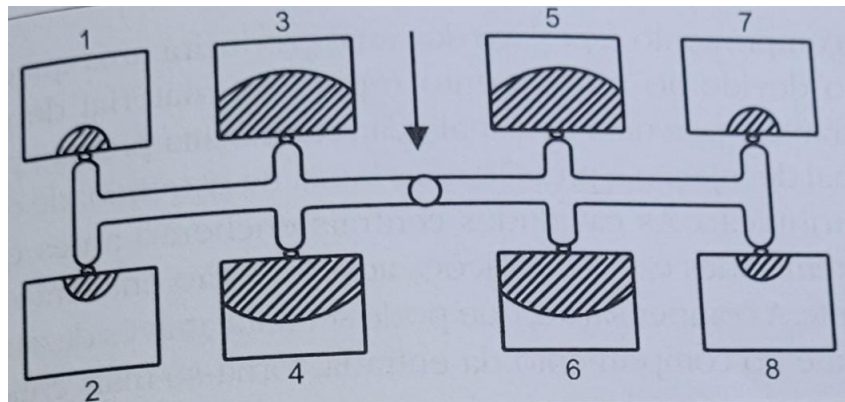
### 2.6.1 Cavidades do Molde

Segundo Harada (2004), a cavidade geralmente possui a unidade fêmea, relacionado a moldagem da parte externa da peça, e a unidade do macho, que modela a parte interna. A cavidade recebe o material fundido, que foi introduzido no molde devido à pressão de injeção, representado na Figura 14.

Ainda conforme Harada (2004), a disposição das cavidades deve considerar o percurso do material durante o preenchimento. A Figura 15 demonstra um exemplo de distribuição inadequada, em que as cavidades 3, 4, 5 e 6 estão quase preenchidas, enquanto as cavidades 1, 2, 7 e 8 estão vazias. Já a Figura 16 demonstra que, com uma distribuição correta, as cavidades são preenchidas

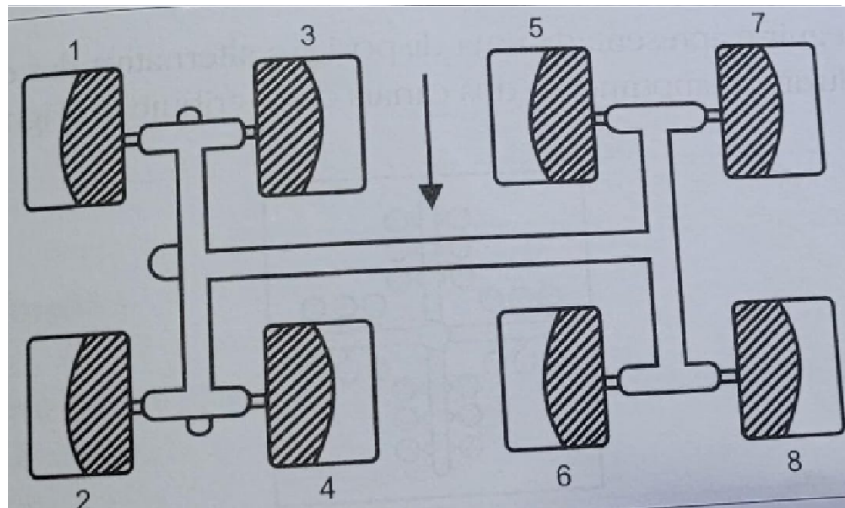
de forma simultânea e uniforme, evitando falhas de preenchimento na peça.

Figura 15 – Esquema de Disposição de Cavidades Incorreta.



Fonte: HARADA (2004).

Figura 16 – Esquema de Disposição de Cavidades Correta.



Fonte: HARADA (2004).

Portanto, deve ser observado:

a) Comprimento do canal de injeção: canal extenso resulta em perda de pressão ao longo do escoamento do material. Desta forma, as cavidades mais próximas do ponto de injeção serão preenchidas primeiro, enquanto as cavidades mais distantes podem não ser preenchidas completamente (HARADA, 2004).

b) Pressão de fechamento: quando o canal de distribuição é extenso, a força de fechamento atua distante do ponto de injeção, o que aumenta o risco de formação de rebarbas na peça (HARADA, 2004).

### 2.6.2 Sistema de Alimentação

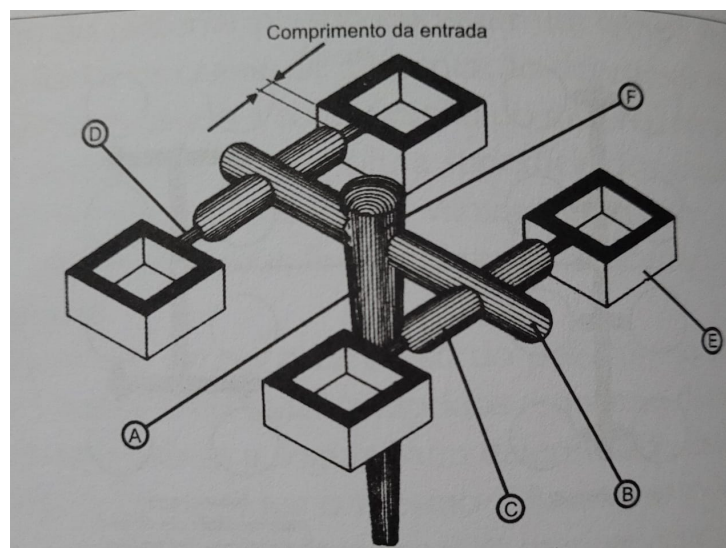
O sistema de alimentação é composto por canais responsáveis por conduzir o material fundido desde o bico da injetora até a cavidade do molde. O canal de injeção pode estar conectado diretamente à cavidade, chamado de injeção direta, ou pode se ramificar (injeção indireta), através de canais de alimentação e distribuição (MANRICH, 2013).

Segundo Harada (2004), o sistema de alimentação indireta é composto por:

- A - Bucha de injeção;
- B - Canal primário;
- C - Canal secundário;
- D - Entrada ou ponto de injeção;
- E - Produto Moldado;
- F - poço frio.

Conforme Figura 17:

Figura 17 – Esquema de Alimentação Indireta.



Fonte: HARADA (2004).

O material fundido, proveniente da unidade de injeção, entra inicialmente pelo canal da bucha de injeção e, em seguida, é conduzido pelos canais de distribuição primário e secundário. A entrada ou ponto de injeção é o elemento que conecta o sistema de alimentação à cavidade, tendo como funções controlar a velocidade de fluxo do material e minimizar marcas visíveis na peça decorrentes do processo. Utiliza-se o poço frio para evitar que o material solidificado na extremidade do bico de injeção entre nos canais ou nas cavidades, prevenindo assim a formação de defeitos (HARADA, 2004).

De acordo com Harada (2004) e Manrich (2013), diversos fatores devem ser considerados no projeto dos canais de alimentação, visando garantir eficiência no preenchimento e evitar defeitos:

1) Formato: canais circulares promovem maior eficiência do fluxo, pois reduzem a superfície de contato entre as paredes do canal e o material fundido, diminuindo perdas térmicas e o atrito. Seções trapezoidais ou retangulares aumentam o atrito e favorecem a formação de camada sólida, prejudicando o escoamento.

2) Dimensionamento: canais com diâmetros reduzidos exigem uma pressão de injeção maior e, conseqüentemente, o tempo de injeção é elevado. Por outro lado, canais com seções transversais excessivamente grandes acumulam grande volume de material, assim o período de resfriamento é prolongado.

Em alguns casos, o canal de injeção permanece acoplado à peça após a extração do produto, exigindo uma etapa posterior de separação, que pode ocorrer por corte, cisalhamento ou fratura controlada. A remoção do galho ou canal de injeção pode ser por processos manuais ou automáticos, sendo essa separação diretamente influenciada pelo tipo de ponto de injeção, pelo projeto do molde e pelo grau de automação do processo produtivo.

## **2.7 Defeitos de Moldagem**

Durante o processo de injeção podem surgir defeitos nos produtos, que podem ser causados por uso inadequado da máquina injetora, do molde, ou do material termoplástico. Assim, esses fatores deve ser considerados ao analisar os defeitos apresentados nas peças (HARADA, 2004; MANRICH, 2013).

### **2.7.1 Rebarba na Peça**

A rebarba é caracterizada pelo excesso de material que se forma nas extremidades da peça injetada, comprometendo sua aparência e precisão dimensional. De acordo com Harada (2004), esse defeito pode ter origem em diferentes fatores relacionados ao equipamento, ao molde ou ao material utilizado. No caso da máquina injetora, a ocorrência de rebarbas está associada a parâmetros inadequados, como pressão de injeção excessiva, força de fechamento insuficiente, ciclos de injeção muito longos ou elevada velocidade da rosca.

Quanto ao molde, o problema pode ser decorrente do desalinhamento entre as placas, do número elevado de cavidades ou de sistemas de saída de ar com profundidade inadequada. Em relação ao material, o surgimento de rebarbas pode estar ligado ao uso de resinas com alto índice de fluidez ou com grãos de tamanho não uniforme, o que favorece o escape do polímero fundido pelas linhas de partição durante o processo de moldagem. A Figura 18 apresenta uma peça com rebarba.

Figura 18 – Peça com Rebarbas.



Fonte: MADEIPLAST (s.d.).

### 2.7.2 *Linhas de Fluxo*

As marcas de fluxo são defeitos superficiais caracterizados por uma diferença de tonalidade da linha de fluxo com a superfície ao redor. Surgem quando o fluxo do material possui diferentes frentes, e se deslocam paralelamente (MANRICH, 2013). Segundo Harada (2004), as marcas podem ser causadas por:

Máquina: baixa temperatura e baixa pressão de injeção, capacidade inadequada da máquina .

Molde: baixa temperatura do molde, saída de ar insuficiente ou obstruída, .

Material: rápido resfriamento da resina e fluxo lento.

A Figura 19 apresenta uma peça com uma linha de fluxo do material.

Figura 19 – Peça com marca de fluxo.



Fonte: RAPID DIRECT (s.d.).

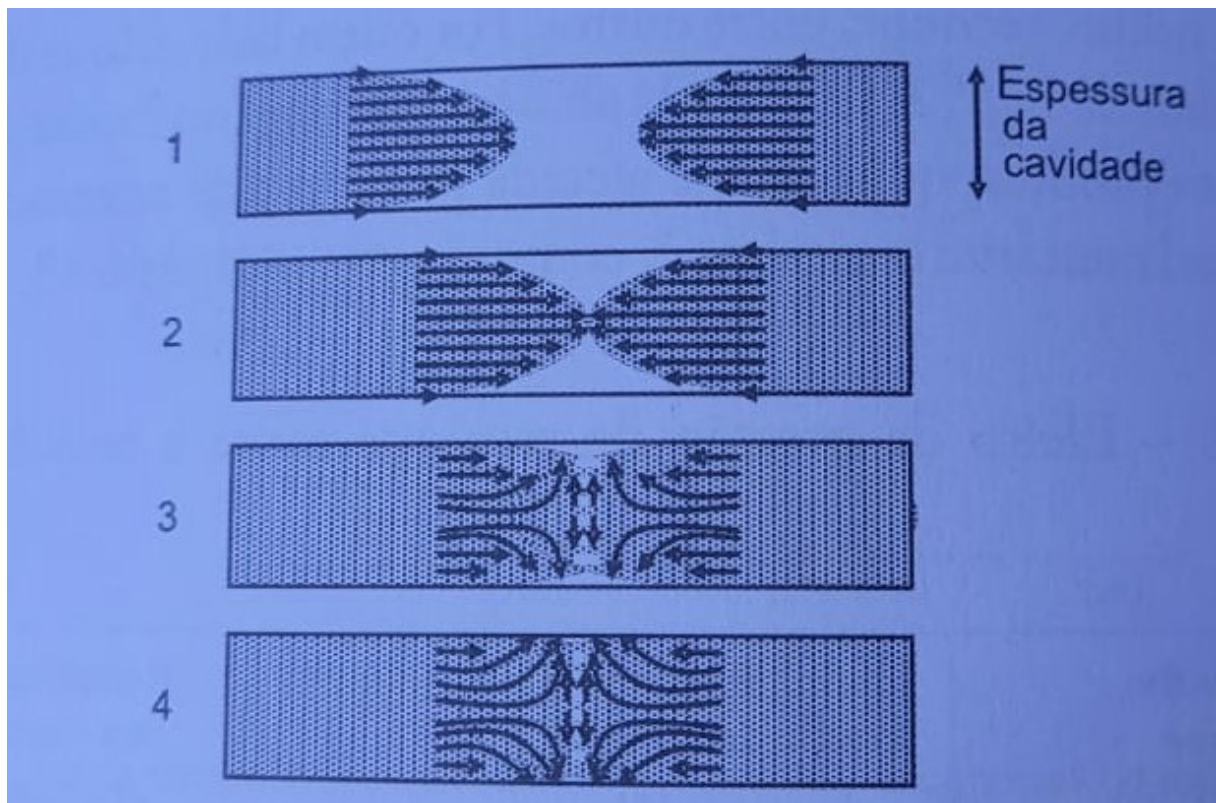
### 2.7.3 *Linhas de Solda e de Emenda*

As linhas de solda e de emenda formam-se quando frentes de fluxo do material se encontram durante o preenchimento do molde. As frentes surgem em razão de obstáculos no

percurso do fluxo, causados pela geometria da peça ou por insertos, como também quando há múltiplos pontos de injeção. Nessa região de encontro ocorre o aprisionamento de gases e uma piora nas propriedades mecânicas, devido à concentração de tensões e à falta de homogeneidade molecular, promovendo o surgimento e propagação de trincas (MANRICH, 2013; HARADA, 2004).

Quando fluxos de sentidos opostos se encontram, forma-se a linha de solda, representado na Figura 20, que mostra os estágios para a formação da linha e o comportamento do fluxo. Esse defeito pode ser minimizado por meio do aumento da temperatura do material fundido, o que permite que as frentes de fluxo se encontrem em uma condição térmica mais elevada, favorecendo a coesão entre elas (MANRICH, 2013).

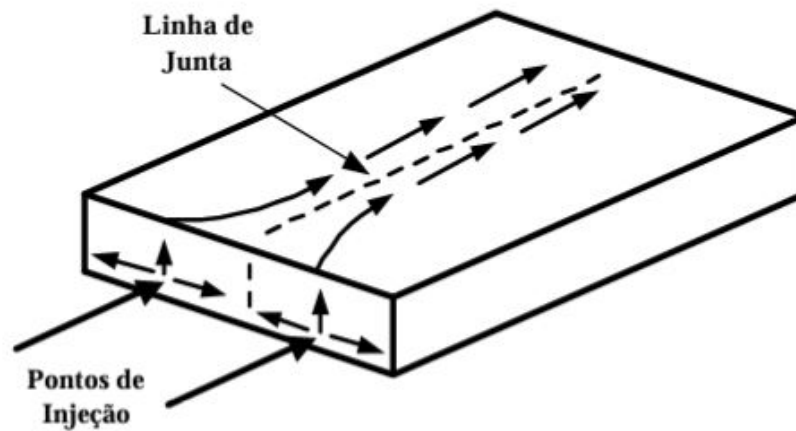
Figura 20 – Formação da Linha de Solda.



Fonte: MANRICH (2013).

As linhas de emenda (linha de junta) são formadas quando duas frentes de fluxo avançam paralelamente. A temperatura baixa das frentes favorecem a formação da linha. Dessa forma, o aumento da temperatura melhora a interação molecular e minimiza o defeito da linha de emenda (MANRICH, 2013). A Figura 21 demonstra o surgimento da linha, formadas por dois pontos de injeção.

Figura 21 – Formação da Linha de Emenda.



Fonte: MASCARENHAS; AHRENS; OGLIARI (2005).

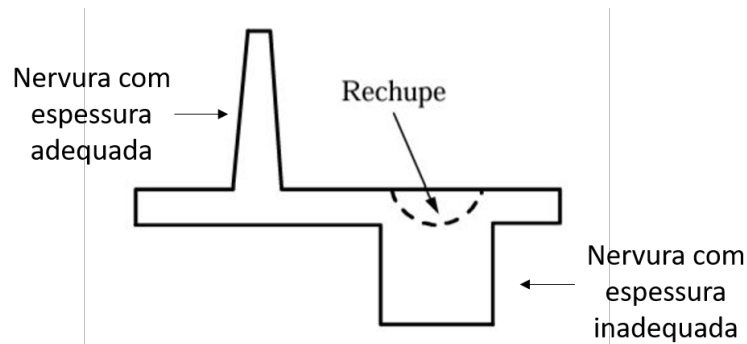
#### 2.7.4 *Rechupe*

No desenvolvimento de um produto devem ser considerados aspectos estéticos e geométricos, como também fatores relacionados ao desempenho mecânico da peça. A resistência mecânica está diretamente ligada à escolha do material e à espessura das paredes da peça, que deve manter uma uniformidade ao longo da peça. Espessuras elevadas dificultam o processo de injeção e o preenchimento do molde, e favorecerem a ocorrência de defeitos como a contração localizada, chamada de rechupe, provocando variação dimensional e estético (MANRICH, 2013; HARADA, 2004).

A contração do material apresenta relação direta com a espessura das paredes da peça moldada. Variações de espessura ao longo do produto podem favorecer o surgimento de rechupes durante o processo de resfriamento. Outro fator importante para o surgimento desse defeito é a presença de nervuras, frequentemente empregadas para melhoria estrutural do produto. O posicionamento, a quantidade e a espessura das nervuras devem ser considerados ainda na fase de desenvolvimento do produto, a fim de evitar concentrações de massa e tensões residuais.

De modo geral, recomenda-se que a espessura da nervura não ultrapasse metade da espessura da parede adjacente, e nem seja muito fina, ambas as situações podem resultar em distorções e contrações indesejadas na peça final (HARADA, 2004). A Figura 22 exemplifica como a diferença de espessura pode gerar o defeito, apresentado peça linha tracejada.

Figura 22 – Representação de Rechupe.



Fonte: Adaptado de MASCARENHAS (2005).

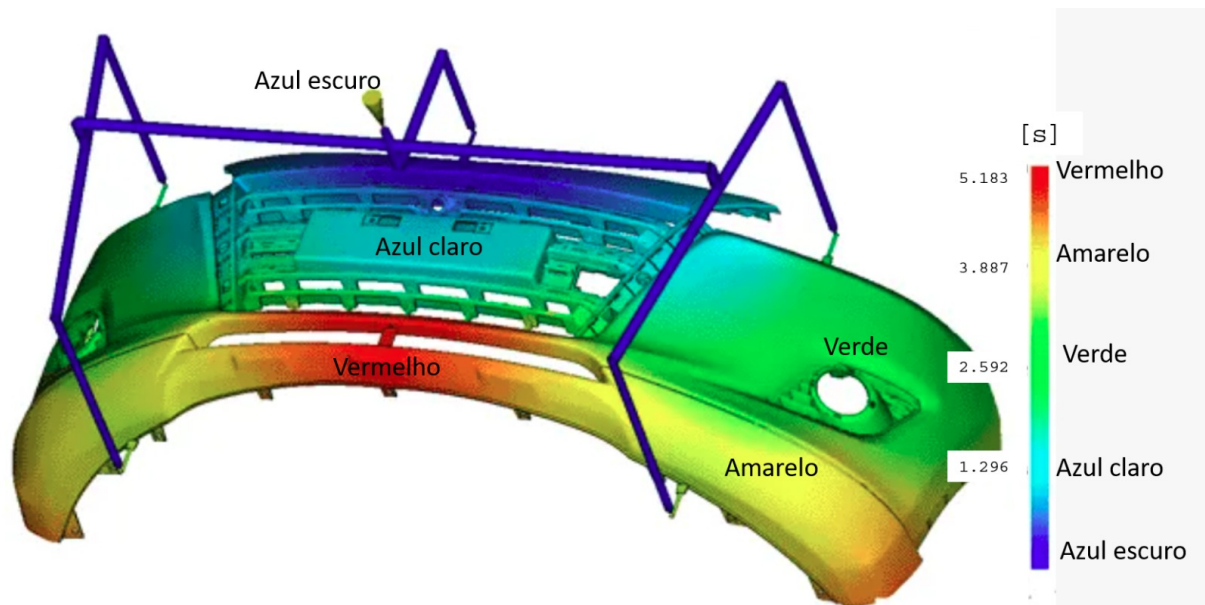
## 2.8 Ferramentas Computacionais

O uso de materiais poliméricos tem se expandido de forma significativa em diversos setores industriais. Essa ampla aplicação tem impulsionado a adoção de tecnologias mais avançadas voltadas ao aprimoramento do processo produtivo de peças plásticas. O uso de software de simulação possibilita simulações digitais de modelos matemáticos, reduzindo a necessidade de protótipos físicos, antecipando possíveis falhas e contribuindo para a diminuição do custo e do tempo de produção, mantendo competitividade e inovação entre as empresas (NORD WEST, s.d.).

O *Moldflow Plastics Insight* é um dos softwares voltados à análise do processo de injeção de plásticos. Sua principal função consiste em realizar simulações detalhadas do comportamento do material durante a moldagem, auxiliando na definição dos parâmetros ideais e nas características construtivas do molde, contribuindo para um projeto mais eficiente. O software permite obter informações detalhadas sobre parâmetros como pressão, tempo e temperatura de preenchimento, velocidade de fluxo, formação de linhas de solda, força de fechamento do molde, retração volumétrica, empenamento e possíveis regiões de aprisionamento de gases, entre outros fatores críticos ao processo de injeção (NORD WEST, s.d.).

A Figura 23, apresenta uma simulação de preenchimento de um para-choque, no qual é possível identificar a bucha de injeção, destacada em amarelo, e os cinco canais de injeção, compostos por um canal primário e canais secundários responsáveis pela distribuição do polímero na cavidade do molde.

Figura 23 – Simulação de injeção de um Para-choque.



Fonte: Adaptado de *BROAD TECH ENGINEERING (s.d.)*.

A escala de cores representa o tempo de preenchimento do material durante o processo de injeção, expresso em segundos. As regiões em tons de azul e verde indicam as áreas preenchidas nos estágios iniciais do processo, enquanto as regiões em amarelo, laranja e vermelho incluem as áreas preenchidas por último. Essa análise permite avaliar a uniformidade do fluxo, identificar possíveis regiões de convergência de material, além de antecipar possíveis defeitos de linhas de solda, aprisionamento de ar e variações de pressão ao longo da peça.

## 2.9 Forro de porta

O painel de porta, também denominado forro de porta, é um componente do sistema de acabamento interno automotivo, localizado na face interna das portas do veículo. Sua principal função é proporcionar conforto, segurança e qualidade estética aos ocupantes, além de proteger e integrar os sistemas internos da porta, tais como mecanismos de acionamento do vidro, travas, chicotes elétricos e alto-falantes.

A Figura 24, apresenta o desenho de um painel (em verde) aplicado em uma porta, representada na cor cinza.

Figura 24 – Painel aplicado em uma porta.



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

Por se tratar de um dos componentes mais visíveis e frequentemente manuseados no interior do veículo, o forro de porta exerce influência direta na percepção de qualidade do produto pelo cliente. Dessa forma, seu desenvolvimento requer atenção quanto à seleção de materiais, definição geométrica, processos produtivos e critérios de acabamento, de modo a atender simultaneamente aos requisitos técnicos, normativos e às expectativas do mercado consumidor.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho caracteriza-se como um estudo de caso, de natureza qualitativa e descritiva, desenvolvido a partir de um projeto real realizado no ambiente profissional. O estudo de caso foi escolhido por permitir a análise do desenvolvimento de um projeto, possibilitando a compreensão das etapas, decisões, dificuldades e soluções adotadas ao longo do desenvolvimento de um painel de porta automotivo para um veículo do segmento SUV.

A pesquisa seguiu as seguintes etapas:

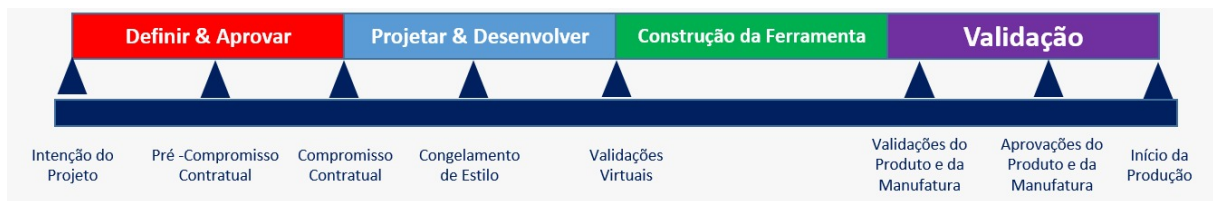
1. Pesquisa bibliográfica realizada a partir da seleção de materiais com o uso de palavras-chave específicas, tais como "Gerenciamento de Projeto", "Ferramentas da Qualidade", "Injeção Termoplástica", "Moldes" e "Defeitos de Moldagem" Utilizando-se da biblioteca física do IFMG - Campus Betim, e nas plataformas digitais como Google Acadêmico e Biblioteca Virtual.
2. Descrição do projeto, contemplando a definição do escopo, do cronograma de desenvolvimento e dos recursos envolvidos.
3. Levantamento e análise dos problemas de qualidade identificados no produto ao longo do desenvolvimento do projeto, aplicação de ferramentas da qualidade (como *brainstorm* e diagrama de causa e efeito) e de gerenciamento de projetos, com o objetivo de apoiar a análise dos problemas, a tomada de decisão e a proposição de soluções.
4. Compilação dos resultados obtidos ao final do projeto.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Ciclo de Vida do Projeto

O desenvolvimento do projeto é estruturado em quatro grande fases, que organizam e orientam a condução do projeto ao longo de seu ciclo de vida. A Figura 25 apresenta as fases do desenvolvimento do produto e seus respectivos marcos, desde a intenção inicial do projeto até o início da produção:

Figura 25 – Divisão das fases e *milestones* do projeto.



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

O primeiro *milestone* marca a fase inicial do projeto, na qual ocorre a definição do escopo e dos principais objetivos a serem alcançados. Em seguida, é estabelecido o pré-compromisso contratual, etapa em que são mapeadas as premissas de qualidade, recursos, prazos e desempenho do produto.

Na fase de projeto e desenvolvimento, primeiro *milestone* (compromisso contratual) corresponde à formalização dos objetivos definidos na fase anterior, consolidando os requisitos técnicos e funcionais do produto. Posteriormente, ocorre a estilização do componente, seguida pelo congelamento do desenho, momento em que o design do produto é definitivamente aprovado. Nessa etapa, os objetivos técnicos e de custos são analisados e convergidos, assegurando a viabilidade do projeto antes do avanço para a construção da ferramenta.

A fase de construção da ferramenta tem início após a aprovação das validações virtuais, realizadas por meio de ferramentas computacionais. Com essas aprovações, o produto é considerado apto para fabricação, e as ferramentarias iniciam a produção do molde de injeção conforme os parâmetros estabelecidos no projeto.

Na fase de validação, o primeiro marco ocorre com a obtenção das primeiras peças produzidas ainda na ferramentaria. Essas peças passam por avaliações nas áreas de qualidade, manufatura e engenharia, sendo analisados aspectos como possíveis erros de projeto, falhas de montagem, conformidade dimensional e desempenho funcional. A partir do levantamento das não conformidades, são realizadas as correções necessárias no molde e no produto. Após essas adequações, o molde é liberado para aplicação de textura e para a realização do *home tryout*, quando a injeção plástica é realizada no fornecedor.

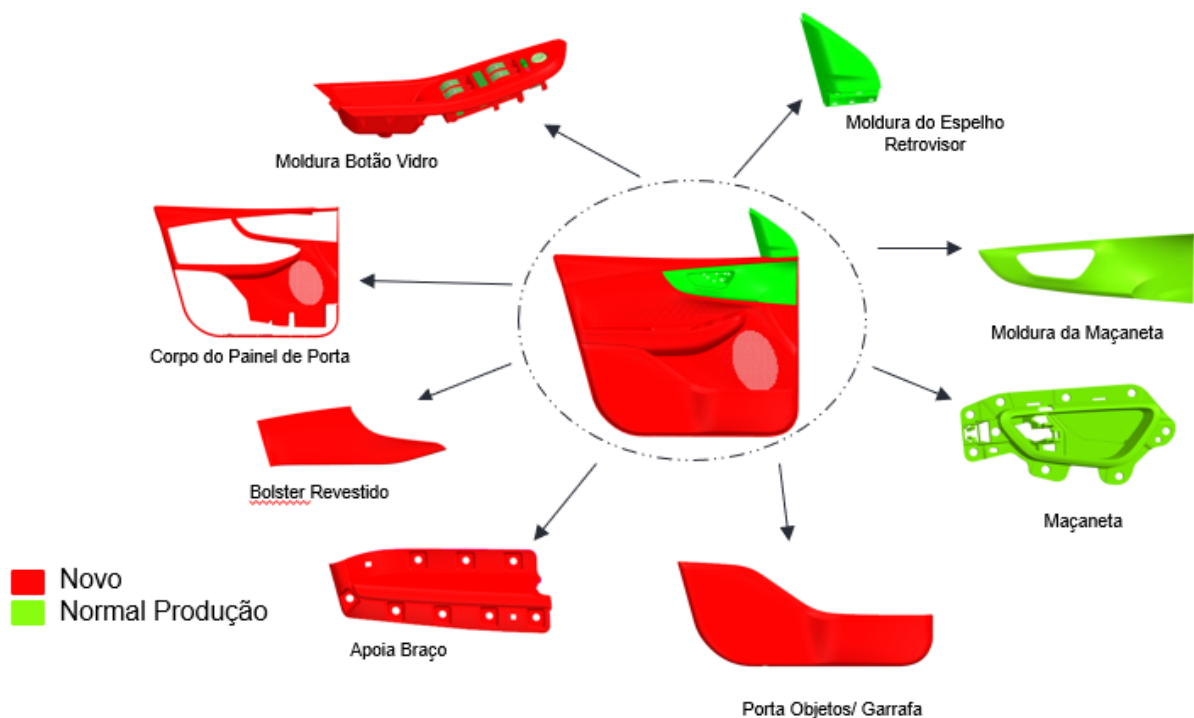
O segundo milestone dessa fase consiste na reavaliação das peças, por meio do processo de

autoqualificação conduzido pelo fornecedor. Nesse estágio, as peças devem atender integralmente aos requisitos de todos os setores envolvidos. Com a aprovação final, o produto é considerado apto para o início da produção, encerrando o ciclo de desenvolvimento.

## 4.2 Escopo

O escopo deste desenvolvimento, definido na primeira fase do projeto, consistiu no desenvolvimento de um novo painel de porta automotivo. A alteração do componente foi motivada por solicitações de clientes, com o objetivo de aprimorar o acabamento interno e, conseqüentemente, elevar a percepção de qualidade do modelo. Para atender a essa demanda, foi projetado um painel com ampliação da área revestida em tecido. O conjunto do painel de porta foi subdividido em nove componentes, dos quais cinco foram desenvolvidos especificamente para este projeto e quatro já se encontravam em produção, conforme apresentado na Figura 26:

Figura 26 – Divisão de peças para o novo produto.



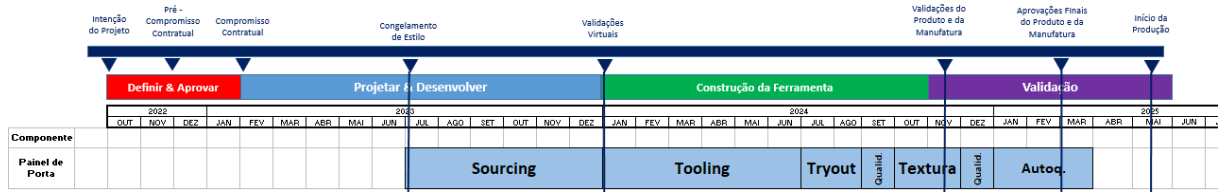
Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

Nesse produto, o *bolster* do painel passou a ser revestidos com tecido, enquanto no modelo anterior esse componente era produzido em material plástico. Para viabilizar essa alteração, foi necessária a validação de novos materiais pela área de engenharia de materiais, a qual realizou ensaios laboratoriais para verificar o atendimento aos requisitos técnicos e de qualidade. Dentre a variedade de tecidos disponíveis, a equipe de design selecionou quatro opções de revestimento, que foram distribuídas entre as diferentes versões do modelo.



processo de avaliação pelo setor de qualidade exigiu aproximadamente dois meses, o qual, devido ao elevado volume de demandas, apresentou atraso na conclusão das análises.

Figura 28 – Cronograma executado para o Desenvolvimento do Painel de Porta.



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

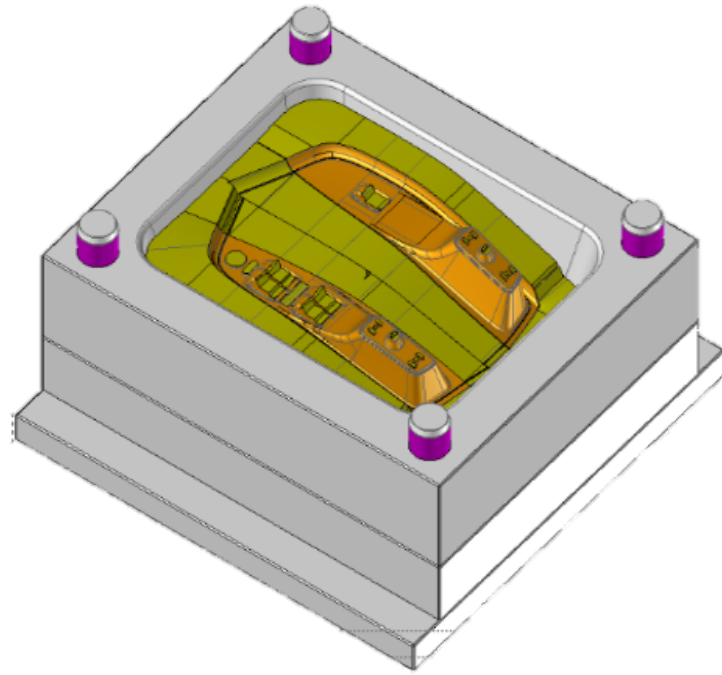
#### 4.4 Aspectos da Injeção

Os componentes analisados neste estudo de caso foram desenvolvidos por meio do processo de injeção termoplástica, utilizando como matéria-prima o polipropileno (PP), material amplamente empregado na indústria automotiva em função de sua boa processabilidade, baixo peso específico e custo competitivo.

Para viabilizar a fabricação de novas peças do painel de porta e do comando do vidro, foi necessária a construção de cinco novos moldes de injeção, todos projetados com duas cavidades, correspondentes aos lados direito e esquerdo do veículo. Essa configuração permitiu a otimização do processo produtivo no fornecedor, diminuindo o número de ferramentas (moldes) e garantindo maior eficiência na produção em série.

Em todos os componentes, foram utilizados máquinas injetoras horizontais, em função das características geométricas das peças, e da disponibilidade de equipamentos no fornecedor. A Figura 29 apresenta um exemplo de molde de injeção do comando do vidro, projetado com duas cavidades, correspondentes aos lados direito e esquerdo do veículo:

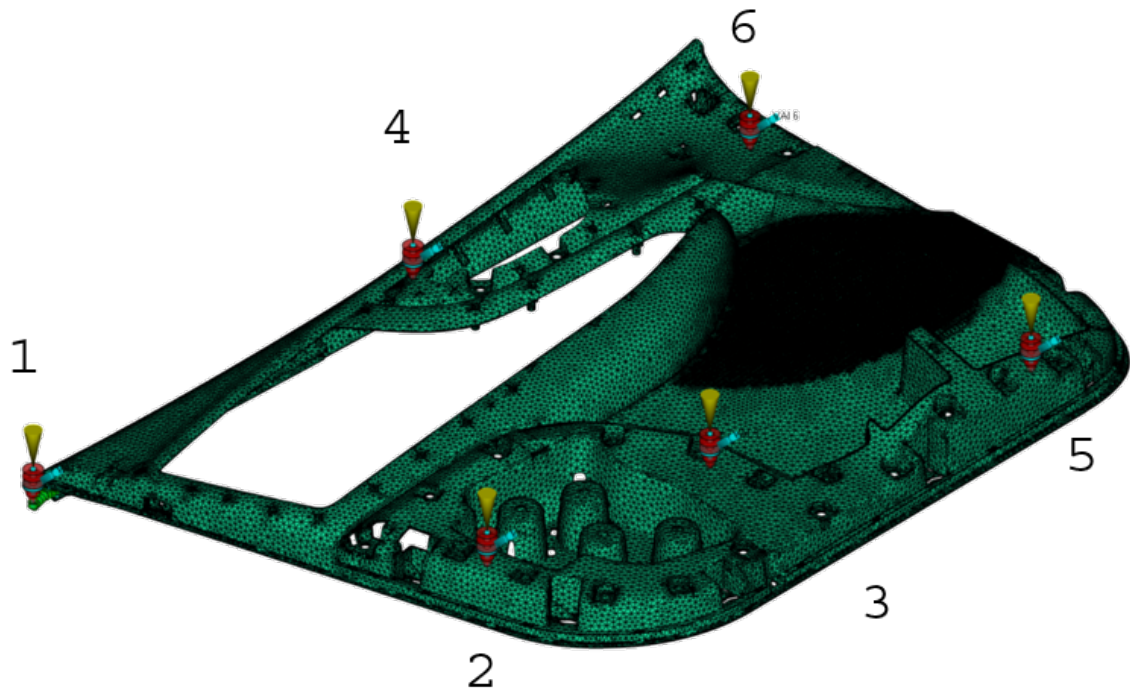
Figura 29 – Placa do molde de injeção da moldura do comando do vidro.



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

Cada componente recebeu uma quantidade específica de bicos de injeção, definida de acordo com suas características geométricas, dimensões e requisitos de qualidade. No caso do corpo do painel de porta, foram previstos seis bicos de geometria cônica, distribuídos em pontos estratégicos do molde, de modo a garantir fluidez adequada do polímero, preenchimento homogêneo da cadência e redução de defeitos como linhas de solda, marcas de fluxo e empenamentos. A Figura 30 exemplifica a distribuição dos seis bicos de injeção no corpo do painel de porta:

Figura 30 – Distribuição dos bicos de injeção no corpo do painel de porta.



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

O corpo do painel apresenta dimensões aproximadas de  $144 \times 638 \times 868$  mm. Foi estimado um tempo total de ciclo de injeção de aproximadamente 45 segundos. As análises indicaram que a pressão máxima de injeção no interior da cavidade deve atingir cerca de 517,9 bar, valor alcançado aos 6 segundos após o início da injeção. Em seguida, é aplicada uma fase de recalque, com pressão estimada em 156 bar, mantida por aproximadamente 8 segundos, com a finalidade de compensar a contração do material durante o resfriamento e garantir a estabilidade dimensional da peça.

Além disso, e com base nas análises de injeção e nas características geométricas do componente, a área projetada da cavidade foi determinada em  $3.887,77 \text{ cm}^2$ . A partir desse valor e das condições de pressão envolvidas no processo, foi definida uma força mínima de fechamento de 1.295 bar, necessária para evitar a abertura do molde durante as fases de fechamento. Todas essas definições foram feitas com base em análises técnicas e simulações computacionais.

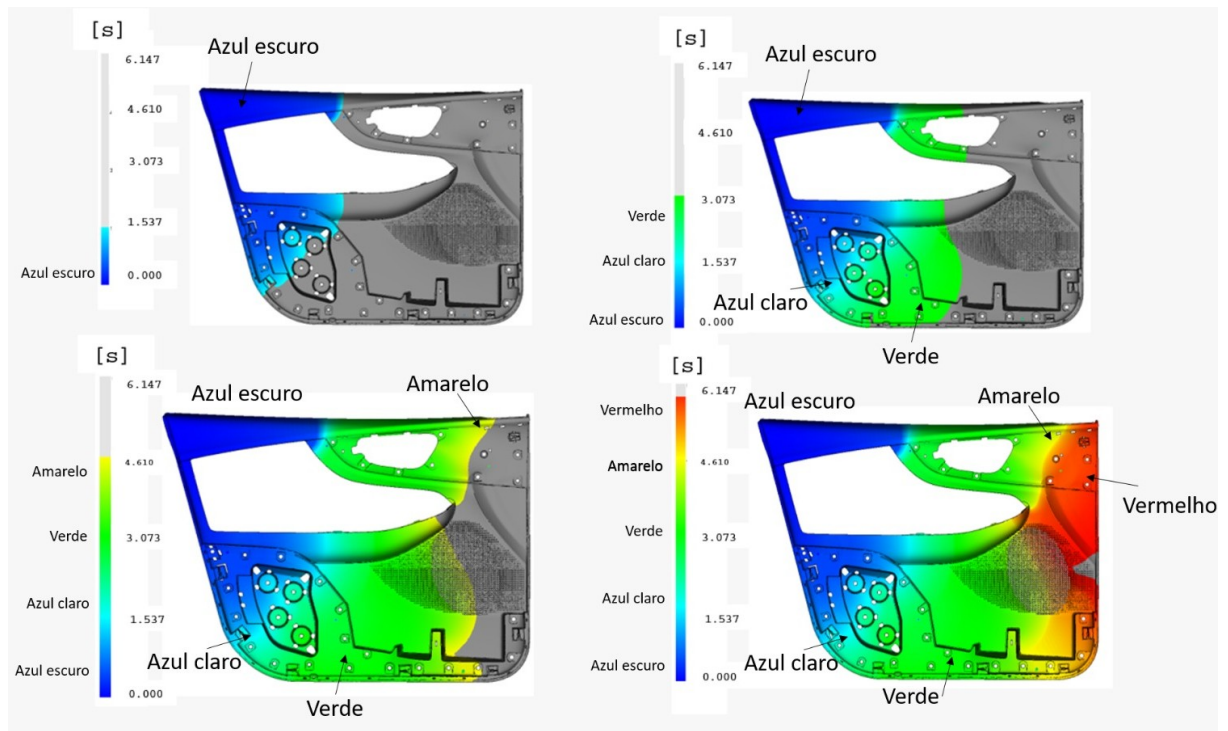
#### 4.5 Análises de Fluxo no Software *Moldflow*

Ao final da fase de projeto e desenvolvimento, são realizadas algumas validações virtuais em todos os componentes, como avaliação da interface entre componentes do painel de porta com componentes de normal produção, a factibilidade de montagem do componente, como também a extração da peça no molde. Após todas as aprovações, é autorizado a fabricação do molde de

injeção.

A Figura 31 apresenta os resultados da simulação de fluxo de injeção do corpo do painel de porta, obtidos por meio do software *Moldflow*. As imagens representam diferentes instantes do preenchimento da cavidade, sendo a evolução do escoamento do polímero indicado pela escala de cores em função do tempo, expressa em segundos.

Figura 31 – Fluxo de injeção do corpo do painel de porta em relação ao tempo (s).



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

O preenchimento da cavidade do corpo do painel de porta foi definido a partir de um sequenciamento valvulado dos bicos de injeção, conforme apresentado no esquema funcional. Esse controle ajuda direcionando o fluxo do polímero de maneira progressiva e balanceada, evitando frentes de fluxo e a probabilidade de defeitos de moldagem.

De acordo com o sequenciamento estabelecido, o bico 1 inicia o processo no instante 0,00s, permanecendo aberto até 6,00s, sendo responsável pela formação inicial da frente de fluxo. Em seguida, o bico 2 é acionado em 0,81s. Os bicos 3 e 4 entram em operação a 2,40s, promovendo o avanço do fluxo para regiões centrais da peça.

Na sequência, o bico 5 é ativado em 4,57s e o bico 6, acionado em 5,29s, complementa o preenchimento das regiões remanescentes. Todos os bicos permanecem abertos até 6,00s, garantindo a uniformidade do enchimento antes da transição para a fase de recalque. A Tabela 1 exemplifica o funcionamento dos bicos de injeção:

Tabela 1 – Esquema de funcionamento dos bicos de injeção

ESQUEMA FUNCIONAL DO SEQUENCIAMENTO		
BICO	VALVULADO	TEMPO (s)
1	ABRE	0,00
	FECHA	6,00
2	ABRE	0,81
	FECHA	6,00
3	ABRE	2,40
	FECHA	6,00
4	ABRE	2,40
	FECHA	6,00
5	ABRE	4,57
	FECHA	6,00
6	ABRE	5,29
	FECHA	6,00

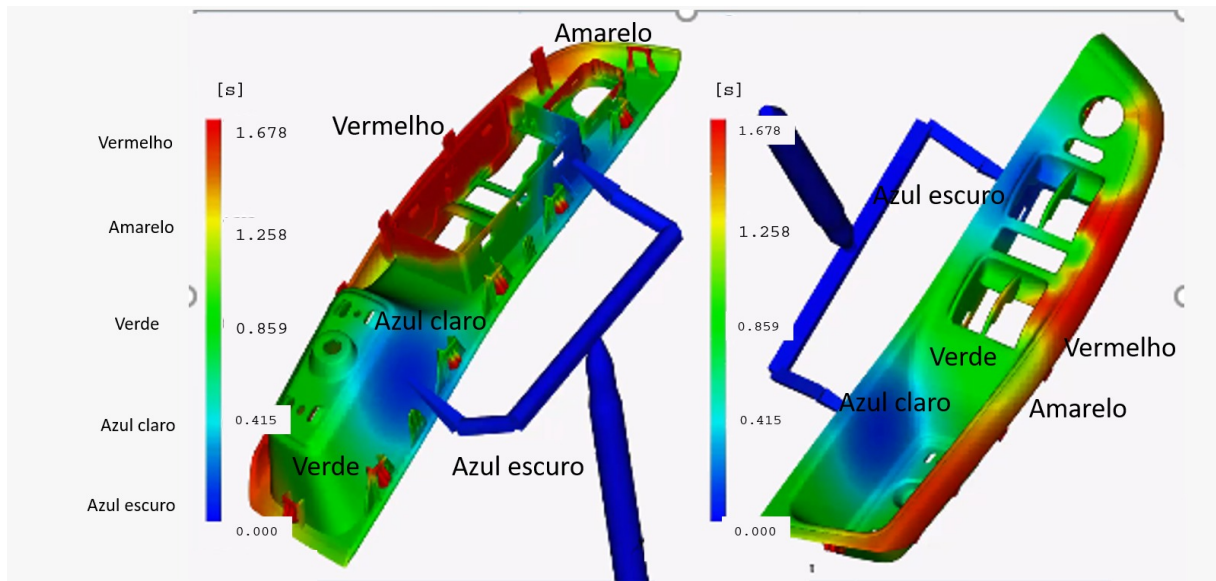
Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

O relatório final de simulação indicou a existência de regiões com potencial risco de defeitos, tais como marcas de rechupe e a possibilidade de formação de linhas de fluxo, destacadas pela linha em amarelo na quarta imagem da Figura 31. Essas diferenças estão associadas, principalmente, à diferença de temperatura ao longo da frente do fluxo do polímero durante o preenchimento da cavidade.

Apesar da identificação dessas regiões críticas, o componente foi aprovado do ponto de vista técnico, uma vez que tais riscos podem ser mitigados por meio do ajuste dos intervalos de processo, especialmente pela variação controlada da pressão e da temperatura de injeção e recalque durante a produção.

O comando vidro possui dois canais de injeção e o comportamento do fluxo do material durante o preenchimento do molde está representado na Figura 32. As regiões em azul correspondem ao início do preenchimento, enquanto as áreas em verde, amarelo e vermelho representam as zonas preenchidas em 0,8s, 1,2s e 1,6s, respectivamente.

Figura 32 – Fluxo de Injeção do Comando de Vidro em relação ao Tempo (s).



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

O final de simulação indicou que o preenchimento da cavidade ocorre de forma satisfatória e balanceada, garantindo o preenchimento completo do componente. No entanto, foram identificadas possíveis regiões suscetíveis à formação de linhas de emenda e ao aprisionamento de ar, decorrentes principalmente da geometria da peça.

Apesar dessas observações, o componente foi aprovado. Ressaltou-se, entretanto, a necessidade de implementar saídas de gás no molde, a fim de evitar o aprisionamento de ar durante o preenchimento, contribuindo para a melhoria da qualidade final e para a estabilidade do processo produtivo.

## 4.6 Qualidade

Os requisitos de qualidade do projeto foram estabelecidos com base em normas internas da empresa, em que cada componente e material possui critérios de desempenho específicos para serem atendidos. Essas normas abrangem diferentes aspectos do produto, garantindo não apenas sua funcionalidade, mas também a percepção de qualidade pelo cliente final.

Dentre os principais requisitos considerados, destacam-se as normas ergonômicas, que avaliam a interação do usuário com o componente. Durante a fase de projeto e desenvolvimento, são realizadas análises utilizando *softwares*, para validar que a ergonomia seja garantida. Além disso, as normas estabelecem requisitos de desempenho relacionados ao comportamento mecânico dos componentes, os quais avaliam a resistência, a durabilidade e o desempenho estrutural dos materiais ao longo de sua vida útil.

No caso do painel de porta, para os revestimentos têxteis e espumas, foram elaborados



Essa etapa de validação é dividida em duas fases distintas. A primeira etapa ocorreu com peças produzidas ainda na fase de ferramentaria, o que possibilitou a identificação preliminar de defeitos e a realização de ajustes no molde. Essa fase mostrou-se fundamental para a correção antecipada de falhas, reduzindo impactos nas etapas subsequentes do desenvolvimento. A segunda etapa foi realizada com peças produzidas pelo fornecedor definitivo, em condições reais de produção seriada, permitindo avaliar o comportamento do componente em um cenário representativo da aplicação final.

Além dos defeitos estéticos, foram identificadas duas anomalias de acoplamento, sendo uma delas relacionada à interface entre o comando do vidro e o corpo do painel. Esse tipo de não conformidade pode comprometer tanto a funcionalidade quanto a percepção de qualidade do produto final, exigindo análise conjunta entre projeto e processo produtivo.

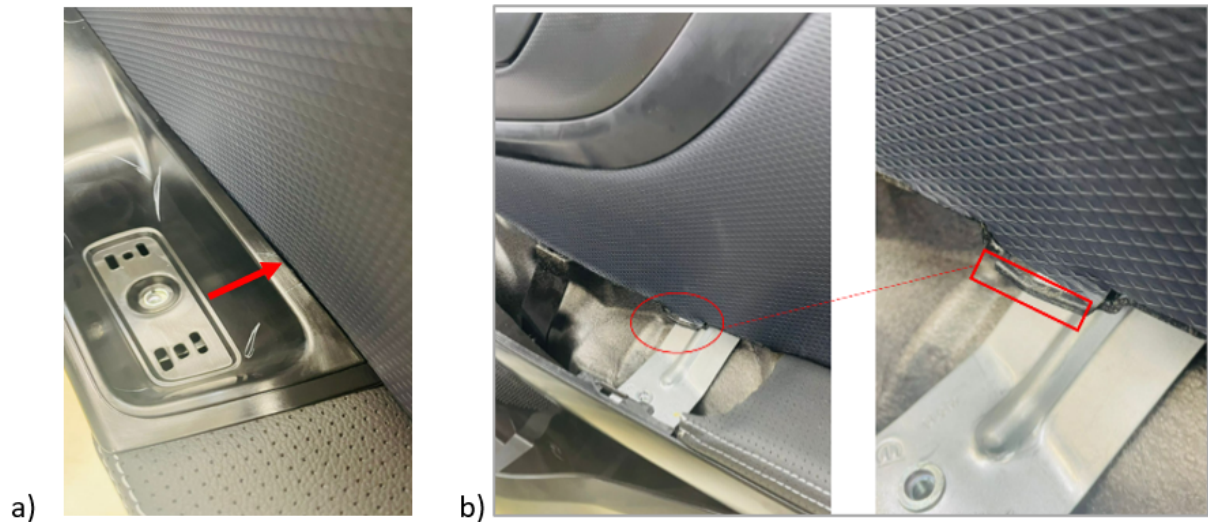
Também foram registradas outras três anomalias relacionadas à ausência de relatório dimensional no momento da apresentação das peças e à ocorrência de componentes fora das especificações dimensionais, evidenciando falhas no controle e na validação metrológica. Adicionalmente, foram identificados dois defeitos associados a erros de projeto, os quais demandaram revisão técnica das definições iniciais do componente.

Todas as anomalias foram avaliadas e tiveram seus respectivos responsáveis definidos. De modo geral, 27 anomalias ficaram sob a responsabilidade do fornecedor, que deveria atuar diretamente no molde ou nos parâmetros de qualidade do processo.

#### **4.7.1 Anomalia 1**

Dentre as anomalias identificadas, constatou-se a presença de uma folga entre o comando do vidro e o corpo do painel de porta, condição não prevista em projeto. Para a investigação da causa, foi realizada a desmontagem do componente, na qual se observou que a sede de ancoragem se encontrava deformada. A Figura 33 apresenta a anomalia encontrada:

Figura 33 – a) Folga entre comando vidro e painel de porta. b) deformação na sede de ancoragem.



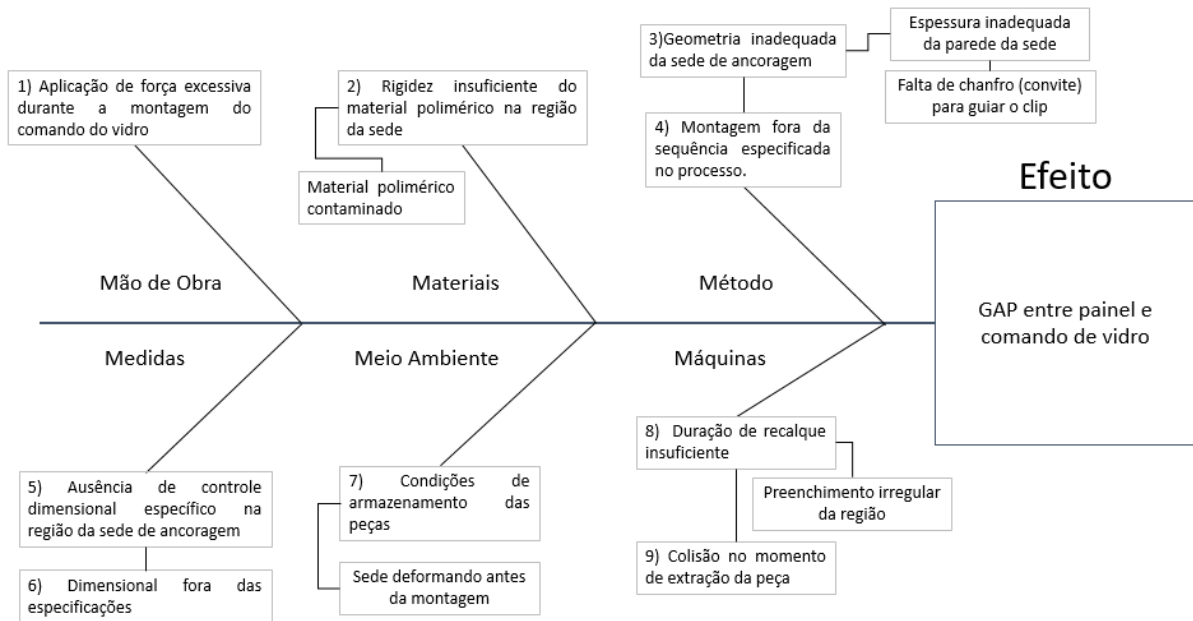
Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

Para a análise da causa raiz, foi realizado um *brainstorming* envolvendo as áreas de qualidade, engenharia e fornecedor. A partir dessa análise conjunta, foram levantadas as seguintes hipóteses para a ocorrência da anomalia:

- 1) Dimensional do clip e da sede fora das especificações;
- 2) Ausência de controle dimensional específico para a região de acoplamento;
- 3) Posicionamento inadequado do ponto de fixação ou do clip;
- 4) Rigidez insuficiente do polímero utilizado;
- 5) Tempo de recalque insuficiente durante o processo de injeção;
- 6) Ocorrência de colisão no momento da extração da peça do molde;
- 7) Aplicação de força excessiva durante a montagem do comando do vidro;
- 8) Deformação da sede durante o transporte do componente;
- 9) Condições inadequadas de armazenamento das peças.

A partir dessas hipóteses, foi elaborado o diagrama de causa e efeito, no qual os pontos levantados foram organizados e agrupados de acordo com sua natureza. o diagrama pode se observado pela Figura 34:

Figura 34 – Diagrama de causa e efeito relacionada à folga entre comando vidro e painel



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

A partir dessa análise, foi possível constatar que:

1) O operador responsável pela montagem possuía experiência adequada e realizava a operação corretamente, sem a aplicação de força excessiva durante a montagem do componente;

2) A região da sede apresentava espessura subdimensionada e não possuía chanfro para guiar o clip, dificultando o correto acoplamento;

3) A sequência de montagem adotada não interferia na ocorrência da anomalia observada;

4) A dimensão das peças encontrava-se conforme as especificações indicadas em projeto;

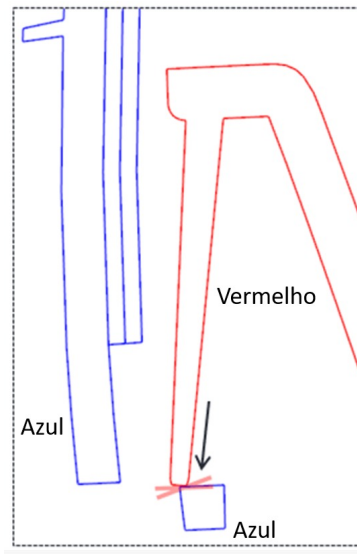
5) As condições de armazenamento e transporte não provocavam deformações na sede. Uma vez que as peças eram acondicionadas individualmente em bolsas que protegiam toda a superfície;

6) O tempo de recalque utilizado no processo de injeção era suficiente para atender às necessidades do produto;

7) Não foram identificadas colisões durante a extração da peça do molde. Portanto, foi proposto aumentar a espessura da sede e criar um chanfro para melhorar a clipagem da peça.

Diante dos resultados obtidos, concluiu-se que a principal causa da anomalia estava relacionada ao projeto da região da sede. A Figura 35 demonstra o defeito encontrado pela engenharia ao realizar a verificação do projeto. O painel de porta de porta está representado pela cor azul, enquanto a moldura do comando vidro está em vermelho:

Figura 35 – Corte do desenho entre o painel de porta e a moldura



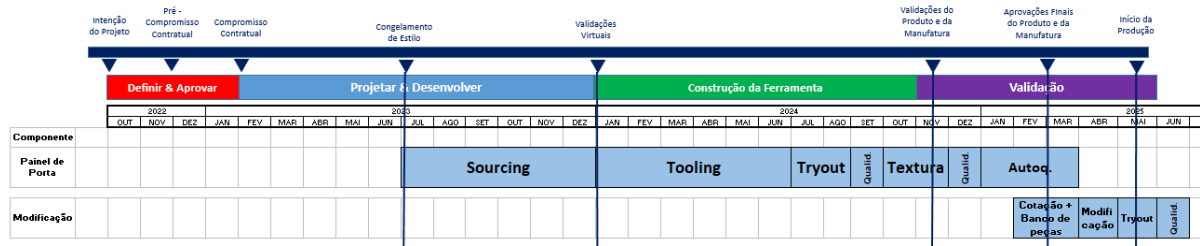
Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

Na imagem é possível observar que a o clip do comando vidro colide coma a aleta, causando a deformação no momento da montagem. Assim, foi proposta a alteração do desenho do componente, com o aumento da espessura da sede e a inclusão de um chanfro, com o objetivo de facilitar a clipagem e garantir o correto acoplamento entre o comando do vidro e o painel de porta.

A modificação do componente próximo ao início da produção seriada resultou em um custo adicional aproximado de R\$ 90.000,00, equivalente a 2,3% do total gasto nas ferramentarias. Esse valor contemplou a criação de um banco de peças para garantir a continuidade do fornecimento, o que demandou a utilização de horas adicionais de trabalho dos colaboradores envolvidos e o consumo extra de matéria-prima. Além disso, o custo incluiu as despesas com transporte do molde até a ferramentaria e seu posterior retorno à sede do fornecedor, bem como as intervenções necessárias para a modificação das cavidades do molde e a realização de um novo *tryout* do componente.

A Figura 36 apresenta o novo cronograma estabelecido em função da necessidade de modificação do molde decorrente da anomalia encontrada entre o comando do vidro e o painel de porta.

Figura 36 – Cronograma da modificação em relação ao cronograma do projeto



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

Após a textura do corpo do painel de porta, o componente foi avaliado e aprovado em relação a essa atividade específica. Entretanto, o componente não obteve aprovação em todas as validações previstas, em razão da anomalia que ainda não havia sido corrigida.

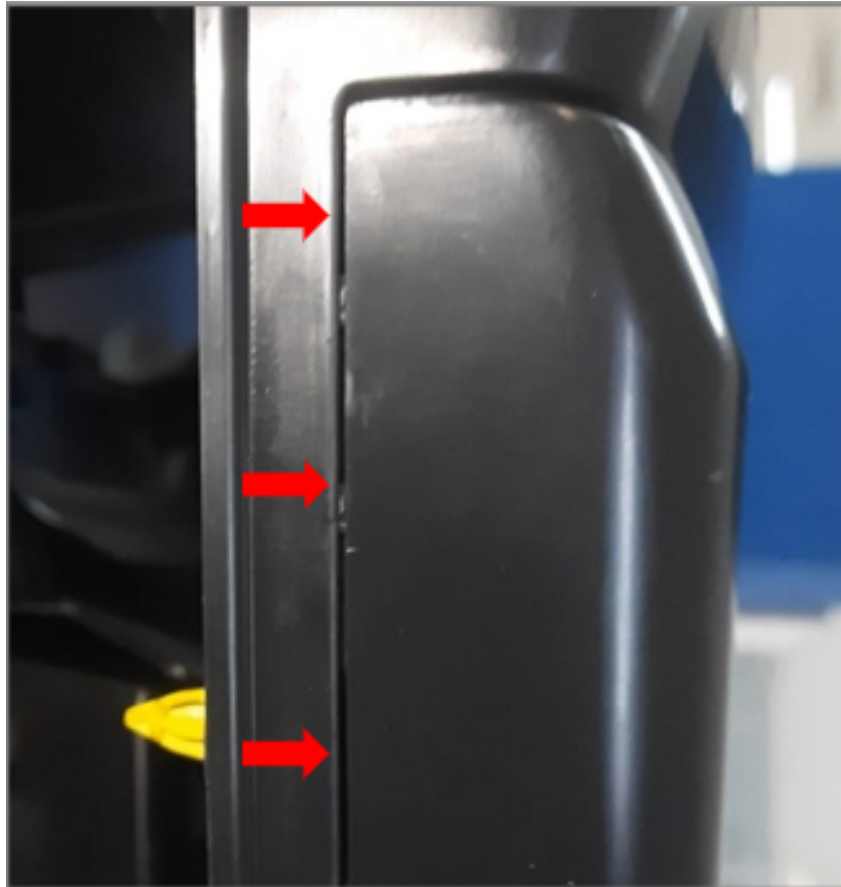
Apesar dessa condição, o início da produção seriada não foi adiado, e as atividades em relação a esse defeito ocorreram em paralelo ao andamento do projeto. Após a cotação do fornecedor e a construção do banco de peças (processo que se estendeu por aproximadamente dois meses), o molde foi liberado para modificação. Após um mês, houve o processo de tryout e inspeção e aprovação pela qualidade da empresa.

Como medida paliativa adotada até a implementação da modificação definitiva, foi aplicada uma espuma na região posterior da sede. Durante a montagem do painel na porta do veículo, essa solução promovia um leve deslocamento da região no sentido interno do automóvel, possibilitando o correto encaixe do comando do vidro. Essa ação permitiu a manutenção da produção sem impacto funcional, até que a solução definitiva fosse implementada.

#### 4.7.2 Anomalia 2

Durante a avaliação das peças, constatou-se a presença de um gap entre o corpo do painel de porta e o porta-garrafas, condição não prevista em projeto, pois as peças deveriam estar em contato. A Figura 37 apresenta a folga encontrada durante a inspeção da peça:

Figura 37 – Folga entre o corpo do painel de porta e o porta garrafa



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

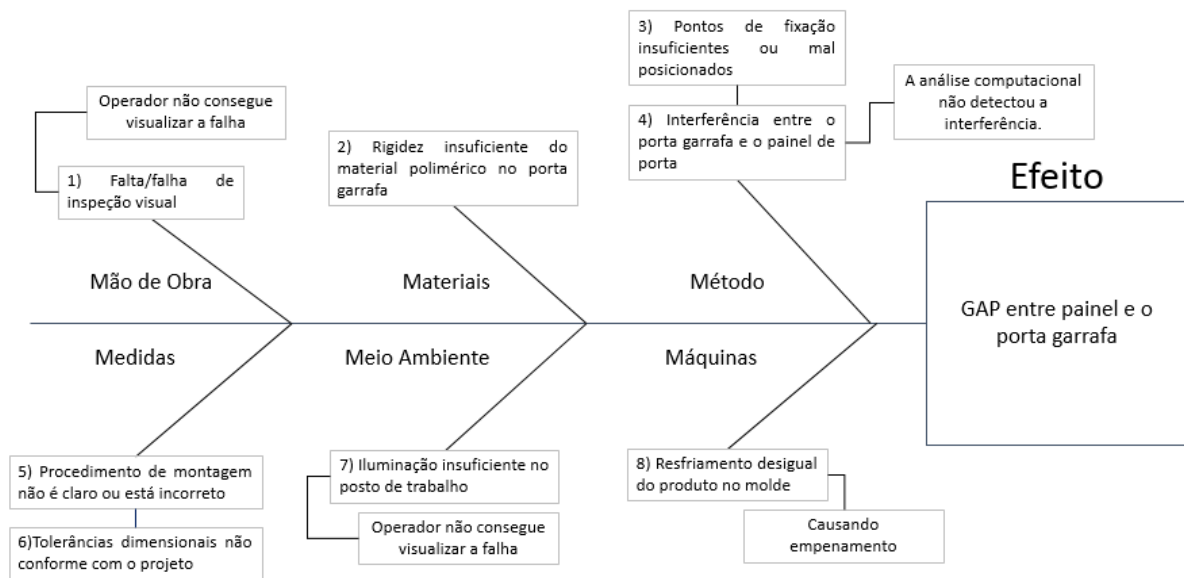
Diante da não conformidade, foi realizada uma reunião envolvendo os setores responsáveis, com o objetivo de levantar as possíveis causas associadas à ocorrência do defeito.

- 1) Pontos de fixação insuficientes ou posicionados de forma inadequada;
- 2) Interferência geométrica entre o porta-garrafas e o painel de porta;
- 3) Tolerâncias dimensionais em desacordo com as especificações de projeto;
- 4) Procedimento de montagem pouco claro ou incorreto;
- 5) Iluminação insuficiente no posto de trabalho;
- 6) Encaixe inadequado entre as peças;
- 7) Montagem realizada fora da sequência correta de encaixe;
- 8) Rigidez insuficiente do polímero utilizado;
- 9) Resfriamento desigual do produto durante o processo de injeção no molde;
- 10) Ausência ou falha no processo de inspeção visual.

A partir das ideias levantadas, foi elaborado o diagrama de causa e efeito, apresentado

pela Figura 38:

Figura 38 – Diagrama de causa e efeito relacionada à folga entre painel e o porta garrafa.



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

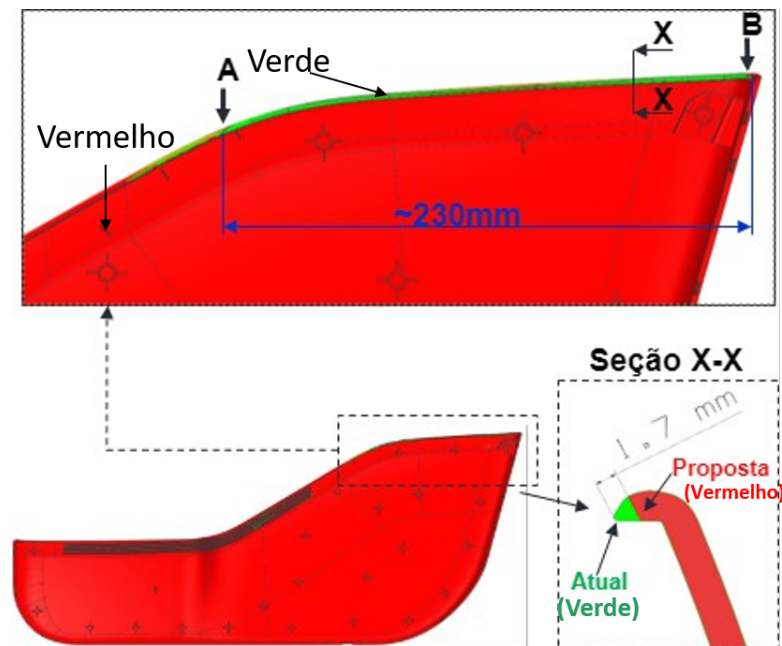
Após a realização das análises técnicas, foi possível constatar que:

1. Os pontos de fixação estavam adequados às necessidades dos componentes, não sendo identificadas falhas relacionadas à sua quantidade ou posicionamento;
2. Foi identificada interferência geométrica entre o porta-garrafas e o painel de porta, a qual não foi detectada durante as etapas de validação virtual do projeto;
3. Os componentes encontravam-se dentro das tolerâncias dimensionais previstas em projeto;
4. O procedimento de montagem adotado estava adequado, respeitando a sequência correta de encaixe das peças;
5. O posto de trabalho apresentava condições adequadas de iluminação, não influenciando na ocorrência da anomalia;
6. A montagem foi realizada na sequência correta, não sendo identificadas falhas operacionais durante essa etapa;
7. O material utilizado estava em conformidade com as especificações definidas em projeto;
8. As condições de resfriamento do componente no molde mostraram-se adequadas, não contribuindo para a ocorrência do defeito;
9. O operador identificou a presença do defeito durante o processo, entretanto a anomalia estava associada à condição da peça, e não à execução da montagem.

Com base nesses resultados, concluiu-se que a causa raiz do *gap* observado estava relacionada à interferência geométrica entre o porta-garrafas e o painel de porta. Como ação corretiva, foi proposta a remoção de 1,7 mm de material do componente. Após a realização das modificações no molde, um novo tryout foi conduzido, e a peça foi aprovada pelo setor da qualidade.

A Figura 39 apresenta em vermelho o porta garrafa e indica a seção da modificação. Em verde está indicado a quantidade de material a ser removido da peça.

Figura 39 – Proposta de modificação no porta garrafa



Fonte: Adaptado do material interno da empresa (2025).

Nesse caso, não houve impacto financeiro associado à modificação, uma vez que o molde ainda se encontrava na fase de ferramentaria. Além disso, a identificação precoce do defeito possibilitou uma atuação rápida e eficaz, evitando custos adicionais e impactos no cronograma do projeto.

## 4.8 Custos

No contexto deste estudo de caso, o gerenciamento de custos não foi realizado de forma direta pela autora, porém houve participação ativa no fluxo de informações e no alinhamento entre as áreas envolvidas, desempenhando o papel de interface entre o fornecedor, a engenharia de custos e a plataforma do veículo.

Na fase de definição e aprovação, os custos são levantados somente pela engenharia de custos, setor responsável por estimar, controlar e otimizar os custos ao longo do do projeto. No momento de projeto e desenvolvimento, é iniciado o processo de *sourcing*, no qual o escopo do

projeto é apresentado a diferentes fornecedores potenciais. A partir dessa etapa, é selecionado o fornecedor que apresenta a melhor relação custo-benefício, o qual passa a integrar o desenvolvimento do produto, contribuindo com novas tecnologias, soluções produtivas e conhecimentos técnicos.

Para este projeto, foi estimado um investimento total de aproximadamente R\$ 12.000.000,00. Deste montante, cerca de R\$ 5.000.000,00 foram destinados às ferramentarias responsáveis pela produção dos moldes do painel de porta, contemplando principalmente custos relacionados à mão de obra especializada e aos materiais empregados na construção dos moldes.

Os dispositivos referem-se aos demais itens necessários ao funcionamento adequado do molde, tais como buchas, pinos e componentes auxiliares. A textura do corpo do painel de porta e do porta-garrafas teve um custo estimado de aproximadamente R\$ 1.000.000,00, valor associado ao acabamento superficial exigido para atender aos requisitos estéticos do produto.

Para a montagem do painel de porta, foi necessária a aquisição de uma máquina de solda automatizada, equipada com robôs industriais, cujo investimento estimado foi de R\$ 3.500.000,00. Além disso, o transformador, responsável pela produção das peças, demandou investimentos adicionais para adequação de sua linha de produção, incluindo ajustes em layout, estoque e mão de obra.

A Tabela 3 apresenta de forma detalhada os custos estimados em comparação ao custo real para desenvolvimento do painel de porta. O valor gasto na anomalia 1 foi considerado nos custos relacionados à ferramentarias. De maneira geral, os custos ficaram abaixo do estimado:

Tabela 3 – Comparativo dos custos estimados x executados.

Item	Investimento Previsto	Fechamento Comercial	Percentual Executado sobre o Planejado
Ferramentarias	R\$ 5.309.762,40	R\$ 3.850.626,52	73%
Dispositivos	R\$ 2.500.000,00	R\$ 2.050.000,00	82%
Textura	R\$ 1.000.000,00	R\$ 767.571,43	77%
Máquina de Solda	R\$ 3.500.000,00	R\$ 1.634.686,00	47%
Transformador	R\$ 40.000,00	R\$ 38.570,08	96%
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 12.349.762,40</b>	<b>R\$ 8.341.454,03</b>	<b>68%</b>

Fonte: Elaboração do Autor (2025).

## 5 CONCLUSÃO

Sob a perspectiva do gerenciamento de projetos, é possível concluir que o escopo inicialmente definido foi atendido. O objetivo principal do projeto, que consistia na melhoria da qualidade percebida do produto por meio do aumento da região revestida do painel de porta, foi alcançado, resultando em um componente com melhor acabamento e maior aderência aos requisitos de aplicação automotiva.

Em relação ao cronograma, o projeto como um todo sofreu atrasos decorrentes de problemas no desenvolvimento de outros componentes do veículo. No entanto, considerando especificamente os componentes analisados neste trabalho, a entrega ocorreu de forma diferente do planejado inicialmente, uma vez que ajustes técnicos e correções de projeto foram necessários ao longo do desenvolvimento. Ainda assim, foi possível disponibilizar o componente para produção, adotando-se medidas de mitigação para evitar impactos mais severos no início da produção seriada.

No que se refere aos custos, o projeto manteve-se dentro do orçamento estimado. Embora o custo inicialmente previsto fosse da ordem de R\$ 12.000.000,00, o valor efetivamente gasto foi de aproximadamente R\$ 8.000.000,00, evidenciando uma gestão financeira eficiente, mesmo diante das alterações e correções realizadas durante o desenvolvimento.

Quanto à qualidade, foram identificados erros tanto de projeto quanto de processo ao longo do desenvolvimento. Apesar da realização de validações virtuais, dois defeitos não foram identificados nessa fase e somente se tornaram evidentes durante a validação física dos componentes. As não conformidades foram corrigidas ainda durante o desenvolvimento, antes da consolidação da produção seriada.

De forma geral, os resultados obtidos evidenciam a importância do fortalecimento das etapas de projeto e validação virtual, bem como da integração entre as áreas de engenharia, qualidade e manufatura. O estudo reforça que a identificação precoce de falhas é fundamental para a mitigação de riscos, redução de custos adicionais e cumprimento do cronograma, contribuindo para um gerenciamento de projetos mais robusto e eficiente no desenvolvimento de componentes automotivos.

## REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13230:2008 — Embalagens e acondicionamentos plásticos recicláveis — Identificação e simbologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. Disponível em: <https://www.scribd.com/document/739274844/ABNT-NBR-13230-2008-Embalagens-e-Acondicionamento-Plasticos-Reciclaveis>. Acesso em: 6 out. 2025.

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2025**. São Paulo: ANFAVEA, 2025. Disponível em: [https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2025/06/DIGITAL-ANUARIO-2025ALT.CAP\\_4\\_compressed.pdf](https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2025/06/DIGITAL-ANUARIO-2025ALT.CAP_4_compressed.pdf). Acesso em: 20 dez. 2025.

BROADTECH ENGINEERING. **Software de análise de fluxo de molde**. Disponível em: <https://broadtechengineering.com/mold-flow-análise-software/> Acesso em: 20 fev. 2026.

CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CANEVAROLO JUNIOR, Sebastião V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2006.

CARVALHO, Marly Monteiro de; RABECHINI Jr., Roque. **Fundamentos em gestão de projetos: construindo competências para gerenciar projetos**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2011.

FAESARELLA, Ivete S.; SACOMANO, José B.; CARPINETTI, Luiz CR **Gestão da Qualidade: conceitos e ferramentas**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

FENABRAVE – Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores. **Informativo Emplacamentos**, n. 276, São Paulo, jan. 2026. Disponível em: [https://www.fenabrave.org.br/portal/files/2025\\_12\\_02.pdf](https://www.fenabrave.org.br/portal/files/2025_12_02.pdf). Acesso em: 10 jan. 2026.

GARCIA, Mauro César Rabuski. **Fundamentos de projeto de ferramentas moldes de injeção para termoplásticos**. Apostila. IFSul, 2009. Disponível em: <http://static.sapucaia.ifsul.edu.br/professores/vmartins/Arquivo/Projeto%20de%20Ferramentas%20II/Apostila%202009.pdf>. >Acesso em: 6 out. 2025.

GROOVER, Mikell P. **Introdução aos processos de fabricação**. Tradução de Anna Carla Araujo. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

GUERRA, Pedro HL. **O ciclo de vida de um modelo de automóvel no mercado**. Educação Automotiva, 15 maio 2018. Disponível em: <https://educacaoautomotiva.com/2018/05/15/ciclo-de-vida-modelo-automovel/>Acesso em: 20 dez. 2025

HARADA, Julio. **Moldes para injeção de termoplásticos**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Artliber, 2004.

IBT Plásticos. **Processo de injeção**. s.d. Disponível em: <https://www.ibtplasticos.ind.br/processo-de-injecao>. Acesso em: 22 set. 2025.

INJETEC EQUIPAMENTOS. **Série Padrão – Injetoras novas: modelo ST-400**. Disponível em: <https://injetecjau.com.br/injetoras-novas/serie-padrao/>. Acesso em: 23 set. 2025.

KOTLER, Philip. **Princípios de marketing** tradução Sabrina Cairo; revisão técnica Dilson Gabriel dos Santos e Francisco Alvarez. – 15. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

MADEIPLAST. **Processo de injeção: problemas e soluções**. Disponível em: <https://madeiplast.com.br/blog/injecao-plastica/injetora-de-plastico/>. Acesso em: 21 set. 2025.

MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a Polímeros**. 2.ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

MANRICH, Silvio. **Processamento de termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes**. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2013.

MASCARENHAS, Wesley Novaes; AHRENS, Carlos Henrique; OGLIARI, André. **Defeitos de componentes de plástico moldados por injeção: análise de causas e soluções através de um sistema CAE**. In: COBEF – Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 2005. Disponível em: [https://abcm.org.br/anais/cobef/2005/COF\\_141001051.pdf](https://abcm.org.br/anais/cobef/2005/COF_141001051.pdf). Acesso em: 08 out. 2025.

NORD WEST. **Análise de fluxo (MoldFlow): o que é, para que serve e o que faz**. Blog Nord West, [s.d.]. Disponível em: <https://www.nordwest.ind.br/blog/analise-de-fluxo-moldflow-o-que-e-para-que-serve-e-o-que-faz/>. Acesso em: 05 out. 2025.

PEREIRA, Eveline. **Aula 6 – Qual: ferramentas da qualidade e controle estatístico do processo**. Sapucaia do Sul, RS: Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL), [s.d.]. Disponível em: <http://static.sapucaia.ifsul.edu.br/professores/eveline/GEST.%20QUAL%20-%20ENG/Aula%206%20-%20GQual%20-%20Ferramentas%20da%20qualidade%20e%20controle%20estat%20C3%ADstico%20do%20processo.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.

PIATTI, Tânia Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Maceió: EDUFAL, 2005. Disponível em: [https://usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-tematicos/plasticos\\_caracteristicas\\_usos\\_producao\\_e\\_impactos\\_ambientais.pdf](https://usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-tematicos/plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf). Acesso em: 20 jul. 2025.

PMI – Project Management Institute. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)** Quarta edição. Newtown Square, PA: Project Management Institute, Inc., 2008. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/if717/slides/PMBOK.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2025.

bibitemRAPID DIRECT. **Defeitos na moldagem por injeção: causas, tipos e prevenção – um guia completo**. 24 jan. 2022. Disponível em: <https://www.rapiddirect.com/pt/blog/injection-molding-defects/>. Acesso em: 05 out. 2025.

ROMI S.A. **Injetora para plásticos**. Santa Bárbara d'Oeste, SP: ROMI, [s.d.]. Disponível em: <https://www.romi.com/produtos/injetora-para-plasticos/>. Acesso em: 20 dez. 2025.

SANTOS, José Amaro dos. **Gestão de projetos**. Curitiba: Universidade Positivo, 2015.

SEBRAE. **Componentes de máquinas injetoras. Resposta Técnica, Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT)**, 2009. Disponível em: [https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/SBRT/pdfs/14453\\_35183.pdf](https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/SBRT/pdfs/14453_35183.pdf). Acesso em: 23 set. 2025.

SEBRAE. **Geração de ideias com brainstorming**. Brasília: SEBRAE, s.d. Disponível em: [https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Arquivos/ebook\\_serai\\_geracao-de-ideias-com-brainstorming.pdf](https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Arquivos/ebook_serai_geracao-de-ideias-com-brainstorming.pdf). Acesso em: 20 dez 2025.

SILVA, L. G. A. et al. **Propriedades e aplicações do polipropileno. Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/M7SMYkKWh9kmqPGd4D8mhLg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 ago. 2025.

TIETZ RODA, Daniel. **A Injetora de Plásticos**. Tudo Sobre Plásticos, 2011. Disponível em: <https://www.tudosobreplasticos.com/processo/injecao.asp>. Acesso em: 25 set. 2025.

TORRES, Jocelito. **Simulação computacional do processo de injeção em ambiente virtual**. Porto Alegre: SENAI-RS, 2007. Disponível em: <https://www.respostatecnica.org.br/busca/simulacao-computacional-do-processo-de-injecao-em-ambiente-virtual/244/dossie>. Acesso em: 18 set. 2025.

VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2003.