

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS

THIAGO MACEDO DE JESUS

**ANÁLISE DA REDUÇÃO DE CUSTOS ATRÁVES DA PADRONIZAÇÃO DE
COMPONENTES PARA MOLDES DE INJEÇÃO PLÁSTICA**

CAXIAS DO SUL

2023

THIAGO MACEDO DE JESUS

**ANÁLISE DA REDUÇÃO DE CUSTOS ATRÁVES DA PADRONIZAÇÃO DE
COMPONENTES PARA MOLDES DE INJEÇÃO PLÁSTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador Prof. Dr. Eng. Marcos Alexandre Luciano

CAXIAS DO SUL

2023

THIAGO MACEDO DE JESUS

**ANÁLISE DA REDUÇÃO DE CUSTOS ATRÁVES DA PADRONIZAÇÃO DE
COMPONENTES PARA MOLDES DE INJEÇÃO PLÁSTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador Prof. Dr. Eng. Marcos Alexandre Luciano

Aprovado em 11/29/2023

Banca Examinadora

Prof. Dr. Eng. Marcos Alexandre Luciano
Universidade de Caxias do Sul - UCS

Prof. Dr. Eng. Ivandro Cecconello
Universidade de Caxias do Sul - UCS

Prof. Dr. Eng. Sandro Rogério dos Santos
Universidade de Caxias do Sul - UCS

RESUMO

Com o mercado de moldes atual bastante acirrado, onde tem-se a necessidade de construir moldes com prazos e custos cada vez menores, a busca por reduções de custo torna-se cada vez mais presente. A padronização dos componentes utilizados em moldes apresenta-se como uma alternativa, onde pode-se obter redução de tempo de produção, um melhor controle de qualidade, e também a redução do tempo gasto para gerenciamento dos processos de fabricação. Com base nisso, a proposta deste trabalho baseou-se em analisar moldes produzidos em uma indústria do ramo, observando as oportunidades de melhoria, a variedade de tamanhos de molde e quais os componentes mais utilizados. O método proposto buscou padronizar alguns componentes, a fim de avaliar custo, tempo da fabricação e qualidade do produto final. Os resultados mostraram que a padronização de componentes é aplicável a moldes de injeção e traz menor custo para fabricação, além de um *lead time* menor. Além disso, os resultados demonstram que a escolha por comprar colunas e chapas de fechamento prontas diretamente do fornecedor é o modelo mais atrativo quando comparado ao método de produção interna.

Palavras-chave: Padronização, molde de injeção, componente.

ABSTRACT

With today's highly competitive mold market, where there is a need to build molds with ever shorter lead times and lower costs, the search for cost reductions is becoming increasingly important. Standardizing the components used in moulds is an alternative that can reduce production time, improve quality control and also reduce the time spent managing manufacturing processes. Based on this, the purpose of this work was to analyze the molds produced in an industry, observing opportunities for improvement, the variety of mold sizes and which components are most commonly used. The proposed method sought to standardize certain components in order to assess cost, manufacturing time and final product quality. The results showed that component standardization is applicable to injection moulds and leads to lower manufacturing costs and a shorter lead time. In addition, the results show that choosing to buy ready-made columns and closure plates directly from the supplier is the most attractive model when compared to the in-house production method.

Keywords: Standardization, injection mold, component.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bucha padrão e suas dimensões	15
Figura 2 – Molde de injeção e seus componentes	16
Figura 3 – Movimento de uma gaveta	17
Figura 4 – Posicionamento do molde na injetora	19
Figura 5 – Chapas de fechamento de um molde de injeção	19
Figura 6 – Colunas e buchas de um molde	20
Figura 7 – Colunas padrão de catálogo	21
Figura 8 – Conjunto de gaveta.....	22
Figura 9 – Comparativo da rugosidade <i>versus</i> processos de usinagem.....	23
Figura 10 – Tolerâncias para eixos.....	24
Figura 11 – Chapas de fechamento	26
Figura 12 – Porta-molde e seus componentes	27
Figura 13 – Chapas de fechamento de diferentes dimensões e geometrias.....	29
Figura 14 – Processos de fabricação de colunas, buchas e chapas de fechamento não padronizadas	30
Figura 15 – Custo total de 3 colunas de tamanhos diferentes	31
Figura 16 – Custo total de 3 modelos de chapas de fechamento.....	32
Figura 17 – Fluxograma do método de trabalho.....	33
Figura 18 – Chapas de fechamento utilizadas	35
Figura 19 – Chapas utilizadas de 2020 a 2022.	36
Figura 20 – Chapas de fechamento atuais (20a) e modelos novos (20b)	37
Figura 21 – Comparativo das chapas de fechamento	37
Figura 22 – Momento da montagem, onde as colunas guiam as duas partes do molde	38
Figura 23 – Padrão para colunas.....	39
Figura 24 – Modelo de bucha do catálogo do fabricante	40
Figura 25 – Coluna utilizada para lote piloto	40
Figura 26 – Chapas de fechamento para lote piloto	41
Figura 27 – Orçamentos para fabricação de coluna pelo método interno	42
Figura 28 – Orçamentos para fabricação da chapa menor pelo método interno	43
Figura 29 - Orçamentos para fabricação da chapa maior pelo método interno.....	43
Figura 30 – Resumo de custo para lote piloto	44
Figura 31 - Resumo do <i>lead time</i> para lote piloto	44
Figura 32 – Estimativa de consumo anual.....	46
Figura 33 – Valor unitário comparando método interno e externo para fabricação em escala	46

Figura 34 – Estimativa de economia anual.....47

LISTA DE SIGLAS

AISI	<i>American Iron and Steel Institute</i> (Instituto Americano de Ferro e Aço)
HRC	<i>Rockwell C hardness</i> (dureza Rockwell C)
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i> (Sociedade de Engenheiros Automotivos)
CNC	Comando Numérico Computadorizado
μm	Micrometro
Ra	Rugosidade Aritmética Principal
UCS	Universidade de Caxias do Sul
PCP	Planejamento e controle de produção
DU	Dias úteis
mm	Milímetros
cm	Centímetros
PIS	Programa de Integração Social
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços

LISTA DE SÍMBOLOS

μ

Mi

μm

Micrometro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	JUSTIFICATIVA	11
1.2	OBJETIVO GERAL	12
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	PADRONIZAÇÃO	14
2.2	MOLDES DE INJEÇÃO PLÁSTICA	16
2.2.1	Macho e cavidade.....	16
2.2.2	Partes móveis.....	17
2.2.3	Componentes de moldes	18
2.3	USINAGEM	22
2.3.1	Fresamento	22
2.3.2	Torneamento	23
2.3.3	Retífica	24
2.4	PROPRIEDADES E APLICAÇÕES DE MATERIAIS UTILIZADOS EM COMPONENTES DE MOLDES	25
2.4.1	Aço AISI H13.....	25
2.4.2	Aço SAE 8620.....	26
2.4.3	Aço ABNT 1045.....	27
2.5	TRATAMENTOS TÉRMICOS E SUPERFICIAS	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1	UTILIZAÇÃO DE COMPONENTES EM MOLDES DE INJEÇÃO.....	29
3.2	MÉTODO DE TRABALHO	32
4	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	35
4.1	ESCOLHA DOS TAMANHOS PADRÃO	35
4.2	ESCOLHA DOS COMPONENTES PARA LOTE PILOTO	40
4.3	PROCESSOS DE FABRICAÇÃO	41
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

As peças plásticas são amplamente utilizadas em diversas áreas, como na indústria automotiva, na construção civil, na fabricação de produtos eletrônicos, na produção de embalagens e outros setores. Além disso, a evolução das tecnologias de produção de plásticos tem permitido a criação de peças cada vez mais complexas e precisas, o que amplia ainda mais o seu campo de aplicação. Tem-se diversos métodos para obtenção de peças plásticas, entre eles o de moldagem por injeção.

Esse processo consiste na injeção de material plástico fundido em um molde, que tem a forma desejada da peça a ser produzida. O material é então resfriado e solidificado dentro do molde, formando a peça final. Em relação ao molde, segundo Sacchelli (2007), o molde de injeção, no processo de desenvolvimento de componentes injetados, é um sistema complexo e de custo elevado, e de grande importância para a obtenção de componentes de qualidade.

Além do custo elevado, outro fator que deve ser levado em conta são os prazos de entrega cada vez menores. Por isso, algumas empresas adotam medidas alternativas para continuarem competitivas no mercado. Algumas dessas medidas são: processos de usinagem avançados, utilização de aços beneficiados, integração entre setores e padronização de componentes.

Segundo Malloy (2008), a padronização é um fator crítico para o sucesso da produção de moldes de alta qualidade em larga escala, pois permite a reutilização eficiente de componentes comuns e reduz a variação dimensional, simplificando a fabricação e a manutenção dos moldes.

1.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ, 2020), em 2010 existiam cerca de 7.500 ferramentarias no país, em 2019, esse número havia aumentado para aproximadamente 10.000 empresas (ABIMAQ, 2020). Esses dados indicam um crescimento de cerca de 33% no número de ferramentarias em nove anos.

Dentre as cidades brasileiras fabricantes de moldes, Caxias do Sul se destaca como polo de ferramentarias, focadas principalmente no setor automotivo.

Os moldes variam seu peso de dezenas de quilos até algumas dezenas de toneladas, como moldes de painéis e para-choques, e ainda, cada molde pode ter mais de 400 componentes, o que demanda diversos processos de usinagem para sua fabricação e um setor de PCP (planejamento e controle de produção) bem estruturado para planejar e controlar todos esses componentes.

Além disso, cada componente tem variações em suas dimensões, de acordo com a dimensão do molde, como é o caso de pinos extratores que podem variar de 1 a 20 mm de diâmetro e colunas e buchas que variam de 16 a 60 mm de diâmetro. Também, pode-se observar variações em componentes usados na interface com a injetora, como os anéis de centro, responsáveis pelo posicionamento do molde na máquina de moldagem. Estes por sua vez tem variações de acordo com os tamanhos especificados em cada máquina, podendo variar de 90 a 250mm de diâmetro, normalmente.

Atualmente uma das deficiências na construção de moldes é o gasto de tempo e recursos para a fabricação de componentes que são necessários, porém não agregam tanto valor ao molde. Muitas empresas ainda utilizam a cultura de que todo molde é especial, ou seja, cada molde possui componentes únicos, sem padronização. Essa cultura vai em contramão ao conceito de focar na fabricação dos itens técnicos como cavidades e gavetas, e padronizar os componentes que não agregam valor.

Observando isso, valida-se ser importante realizar uma análise a fim de definir quais componentes podem ser padronizados, além de definir se eles serão comprados diretamente de algum fornecedor, se é viável fabricar internamente em larga escala e manter em estoque ou até mesmo terceirizar a fabricação.

1.2 OBJETIVO GERAL

Padronizar alguns componentes de moldes de injeção plástica, avaliando os ganhos que podem ser obtidos.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Definir os indicadores para a padronização como custo, tempo de produção, retrabalho dos componentes e qualidade do produto final.

- b) Identificar os pontos críticos, as principais barreiras e desafios para a implementação de componentes padrões;
- c) Desenvolver componentes padronizados e estabelecer seus métodos de fabricação;
- d) Realizar um estudo de caso prático para avaliar a efetividade da padronização de componentes de moldes de injeção plástica em uma empresa do setor;
- e) Analisar os resultados obtidos com a implementação da padronização de componentes de moldes de injeção plástica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura em relação ao tema abordado no trabalho, incluindo definições de padronização, conceitos de moldes de injeção, propriedades e aplicações de aços utilizados em componentes, tratamentos térmicos e usinagem. Essa revisão tem como objetivo auxiliar no entendimento dos assuntos tratados no trabalho.

2.1 PADRONIZAÇÃO

Segundo Baccin (2017) a padronização tem como objetivo definir especificações técnicas que auxiliem a maximização da compatibilidade, reprodutibilidade, segurança ou qualidade de um determinado processo, produto ou serviço.

Em um processo de produção, a diversidade de produtos e componentes aumenta a variedade e gera inúmeras perdas produtivas. A padronização, que pode ser realizada pela diminuição do número de componentes é um fator de simplificação do processo que possui impacto direto na redução de custos e aumento da produtividade (BACCIN, 2017).

Sobre moldes de injeção, Menges, Michaeli e Mohren (1999) afirma que eles são sempre feitos de acordo com as mesmas regras. Portanto, não é surpresa que sua abordagem de design seja sempre semelhante. Isso vale particularmente para os componentes básicos (MENGES; MICHAELI; MOHREN, 1999).

Menges, Michaeli e Mohren. (1999) também afirma que padrões de molde são peças cujas dimensões foram padronizadas de acordo com o projeto, podem ser classificados como padrões: a estrutura do molde, o sistema de câmara-quente, as guias e a centralização do molde. Menges, Michaeli e Mohren (1999) destacada que as principais vantagens do uso de padrões são:

- Para projeto assistido por computador, os padrões podem ser recuperados de um banco de dados, exibidos na tela e empregados no design. O usuário tem a opção de "jogar" com várias variantes para selecionar a solução que é a mais adequada;
- A incerteza em uma cotação é menor porque se pode calcular com custos fixos para os elementos individuais;
- O tempo de produção dos moldes pode ser reduzido em 25-45% pelo uso de padrões. Estudos extensivos mostraram que 55% do trabalho total é realizado

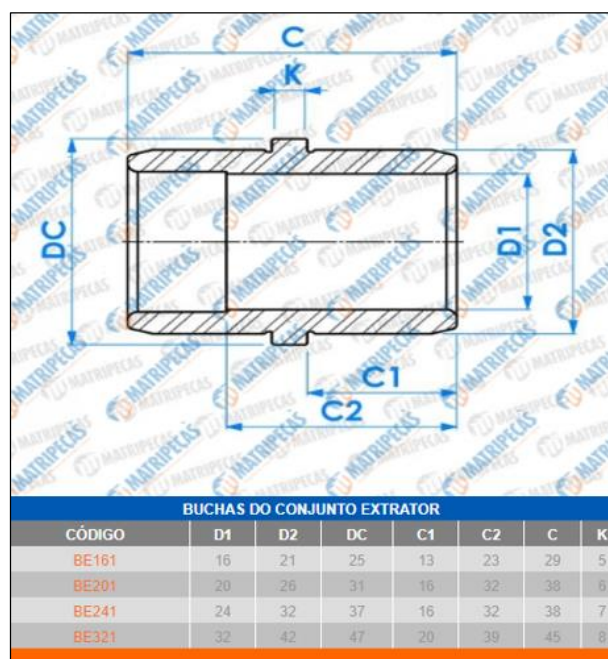
pelo próprio fabricante de moldes, 25% pelo fabricante de padrões e 20% podem adicionalmente ser delegados ao produtor de padrões;

- O fabricante de moldes pode ajustar suas máquinas aos requisitos especiais de fabricação de forma a trabalhar principalmente nas cavidades. Desta forma economiza em despesas de capital e pode operar de forma mais eficaz e com custos mais baixos;
- O fornecimento de reposição é simplificado porque os padrões são intercambiáveis. Não há necessidade de manter um estoque interno caro;
- Os moldes descartados podem ser desmontados e parte de seus componentes reaproveitados.

Dentro da padronização em moldes de injeção, pode-se destacar colunas, buchas e chapas de fechamento.

A padronização de colunas e buchas em moldes de injeção é um aspecto fundamental da fabricação de moldes. Elas são facilmente encontradas em catálogos de fabricantes especializados. Além disso, normas e regulamentações, como a ISO 9182 (2013), estabelecem os critérios para a padronização desses elementos, garantindo a qualidade e a conformidade com os padrões internacionais. A figura 1 mostra uma bucha padrão de catálogo, onde DC, D1 e D2 referem-se aos diâmetros e C, C1, C2 e K aos comprimentos.

Figura 1 – Bucha padrão e suas dimensões



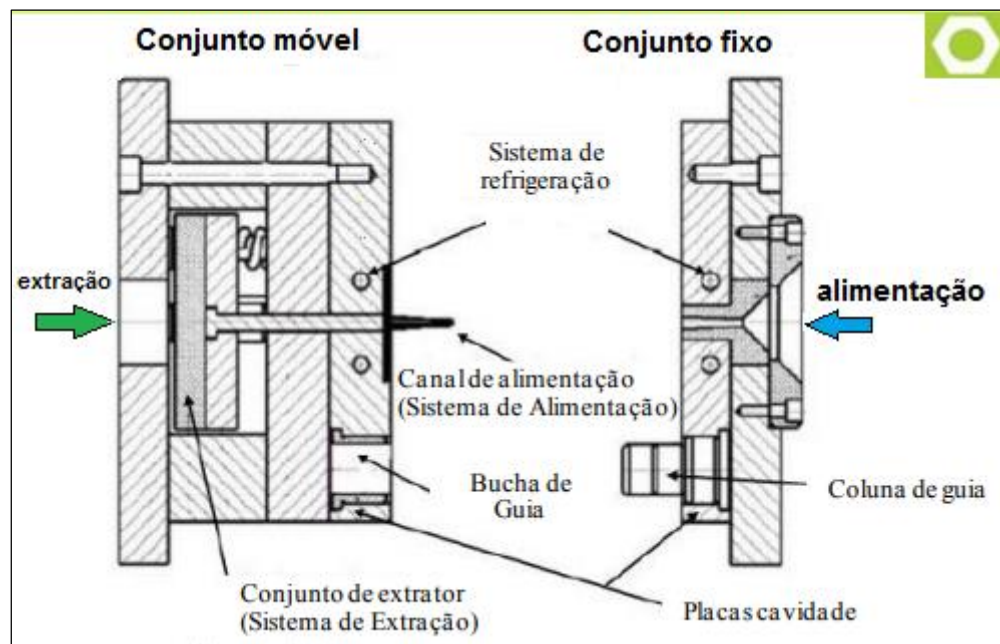
Já as chapas de fechamento, são itens que sofrem esforços de compressão durante o processo de injeção, com o tempo elas desgastam e precisam ser substituídas. A padronização desses itens é fundamental para facilitar a manutenção do molde.

2.2 MOLDES DE INJEÇÃO PLÁSTICA

Os moldes são ferramentas usadas para conformação de diferentes tipos de polímeros sendo responsáveis por dar formato as peças que serão moldadas. Os moldes precisam de componentes e um sistema completo para garantir seu trabalho preciso e adequado (ALMEIDA; SOUZA, 2015)

A figura 2 mostra um molde de injeção e seus principais componentes, como o porta-molde, colunas, buchas, macho e cavidade.

Figura 2 – Molde de injeção e seus componentes



Fonte: Moldes Injeção Plástico (2010)

Os moldes podem ser divididos em macho e cavidade, posições móveis, porta-molde e componentes.

2.2.1 Macho e cavidade

A função da cavidade de moldagem é dar forma, dimensões e acabamento ao produto desejado. Normalmente é composta por duas partes: a unidade fêmea, que dá o formato externo

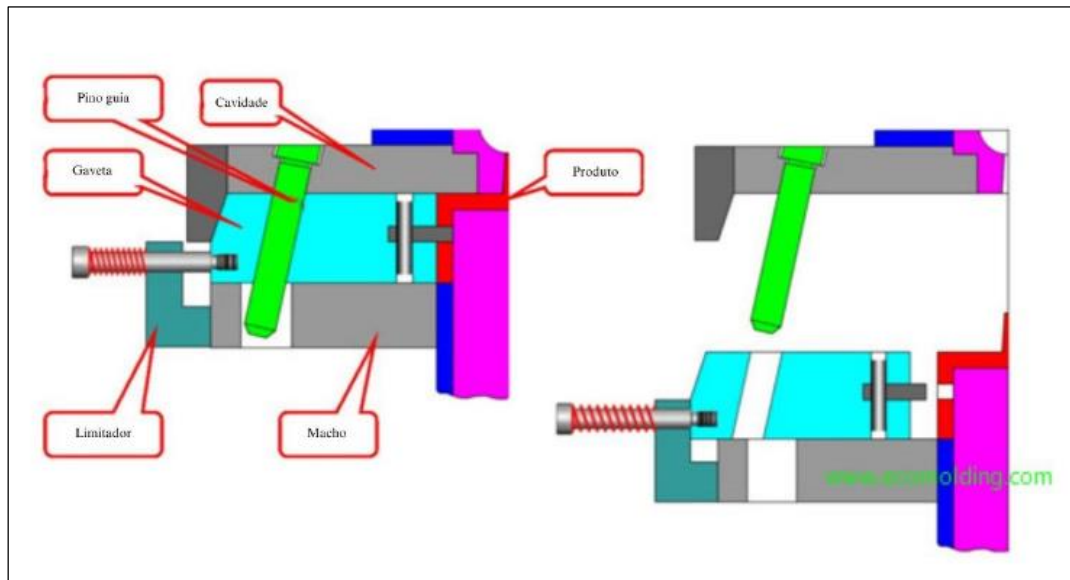
da peça injetada; e a unidade macho ou núcleo que dá o formato interno da peça injetada. Podem ser usinadas na própria placa ou obtidas por meio de postigos que são elementos que contém as cavidades e são constituídos de material de qualidade superior em relação aos que os envolvem, e apresentam a vantagem de poderem ser substituídos quando houver avaria (DIAS, 2008).

2.2.2 Partes móveis

Segundo Harada (2004) moldes com partes móveis são aqueles que, em suas cavidades ou em parte delas, apresentam elementos que se movem em uma segunda direção. Estes moldes são empregados quando algum detalhe do produto provoca uma retenção que impede sua extração. Este segundo movimento forma frequentemente um ângulo reto em relação à linha de abertura da máquina injetora.

A figura 3 ilustra o movimento de uma gaveta. No primeiro momento o molde está fechado e está sendo realizada a injeção. No segundo momento conforme o molde vai abrindo o pino inclinado vai movendo a gaveta horizontalmente, sobre seus guias.

Figura 3 – Movimento de uma gaveta



Fonte: Adaptado de Ecomolding (2023)

Segundo Fernandes (2018) os componentes móveis em um molde de injeção, como gavetas e articulados, exigem um projeto muito bem executado e um sistema de acionamento preciso para garantir a qualidade da peça moldada e a eficiência do processo de injeção.

Comumente os postigos móveis são construídos do mesmo aço do macho e passam pelo processo de tratamento superficial de nitretação, o que aumenta sua durabilidade e resistência ao desgaste por atrito.

2.2.3 Componentes de moldes

Pode-se considerar como componentes de moldes todos os periféricos que não envolvem geometria do produto, porém tem importância para auxiliar a montagem do molde, além de garantir o bom funcionamento da ferramenta.

De acordo com Duyn (2013) o desempenho geral do molde é tão bom quanto o desempenho dos seus componentes individuais. A qualidade do trabalho de usinagem e acabamento, a escolha dos materiais e a precisão dimensional são todos críticos para a longevidade do molde.

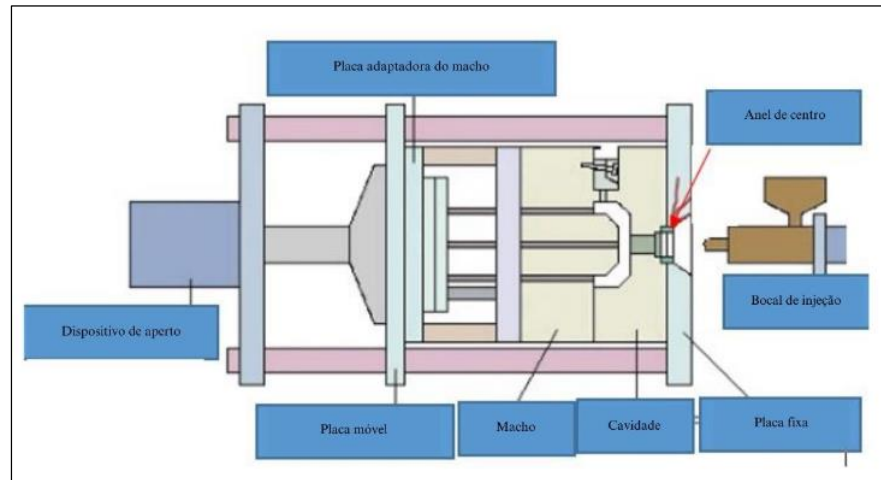
Neste trabalho se considera como sendo os principais componentes de molde os seguintes elementos: anéis de centro, chapas de fechamento, guias de deslizamento e colunas e buchas.

De acordo com Rosato, Rosato e Rosato (2000) os anéis de centro servem para alinhar o bocal do cilindro de injeção com a entrada da bucha de injeção e posicionar o molde com a placa da injetora.

Isso ajuda a garantir que o material de moldagem seja injetado com precisão nas cavidades, resultando em peças moldadas de alta qualidade. Comumente são fabricados em aço SAE 1045 e tem seu tamanho especificado de acordo com a injetora onde o molde será utilizado.

A figura 4 ilustra a localização do anel de centro na interface do molde com a injetora, ilustrando sua funcionalidade.

Figura 4 – Posicionamento do molde na injetora



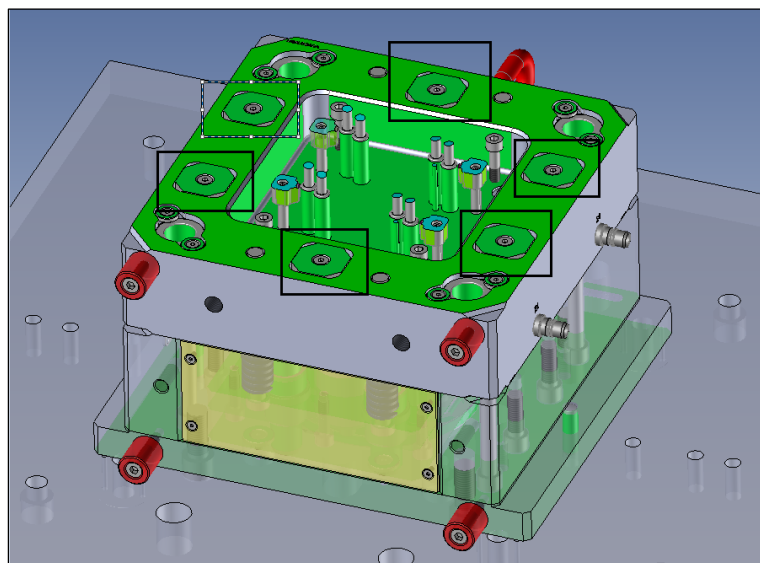
Fonte: Adaptado de Mechanicaleng blog (2023)

Sobre chapas de fechamento, Rosato, Rosato e Rosato (2000) define como chapas em aço endurecido distribuídos ao redor da área morta das faces do molde para ajudar na absorção da pressão de fechamento sem danificar as cavidades.

As chapas de fechamento, também conhecidas como chapas de choque, são componentes críticos em moldes de injeção e sua função principal é fornecer uma superfície plana e rígida para que o molde possa se fechar com precisão.

Essas chapas podem ter formatos quadrados, retangulares e até mesmo redondos, a figura 5 mostra um exemplo de chapas de fechamento.

Figura 5 – Chapas de fechamento de um molde de injeção



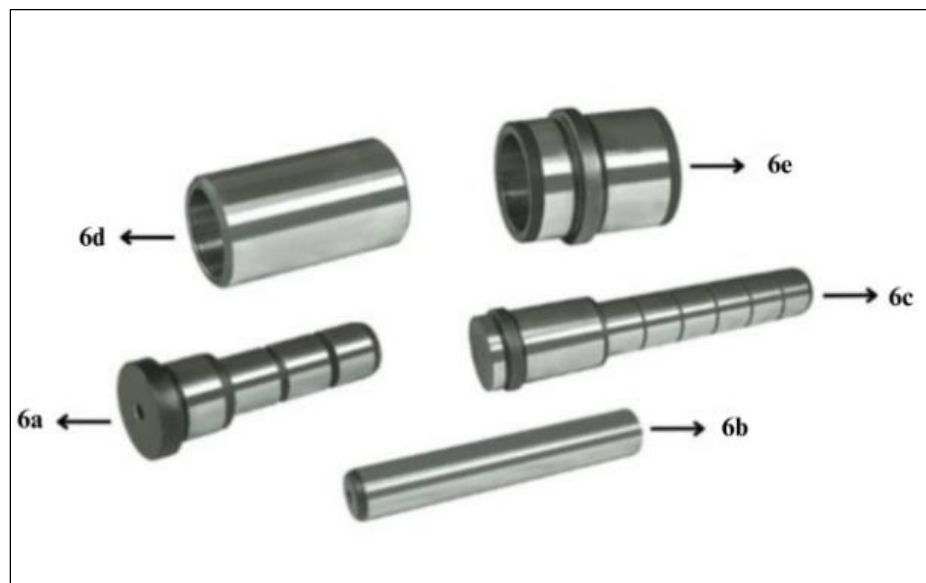
Fonte: O autor (2023)

Sobre colunas e buchas, Harada (2004) destaca que são componentes do molde confeccionados em aço cromo-níquel, endurecidos e retificados, tendo por função a localização das duas metades do molde.

Rosato, Rosato e Rosato (2000) define a função de colunas e buchas como sendo pinos metálicos localizados em uma metade do molde que entram em alojamentos correspondentes na outra metade, garantindo o alinhamento ao fechar as duas partes.

A figura 6 ilustra colunas (6a, 6b e 6c) e buchas (6d e 6e) utilizadas em moldes.

Figura 6 – Colunas e buchas de um molde



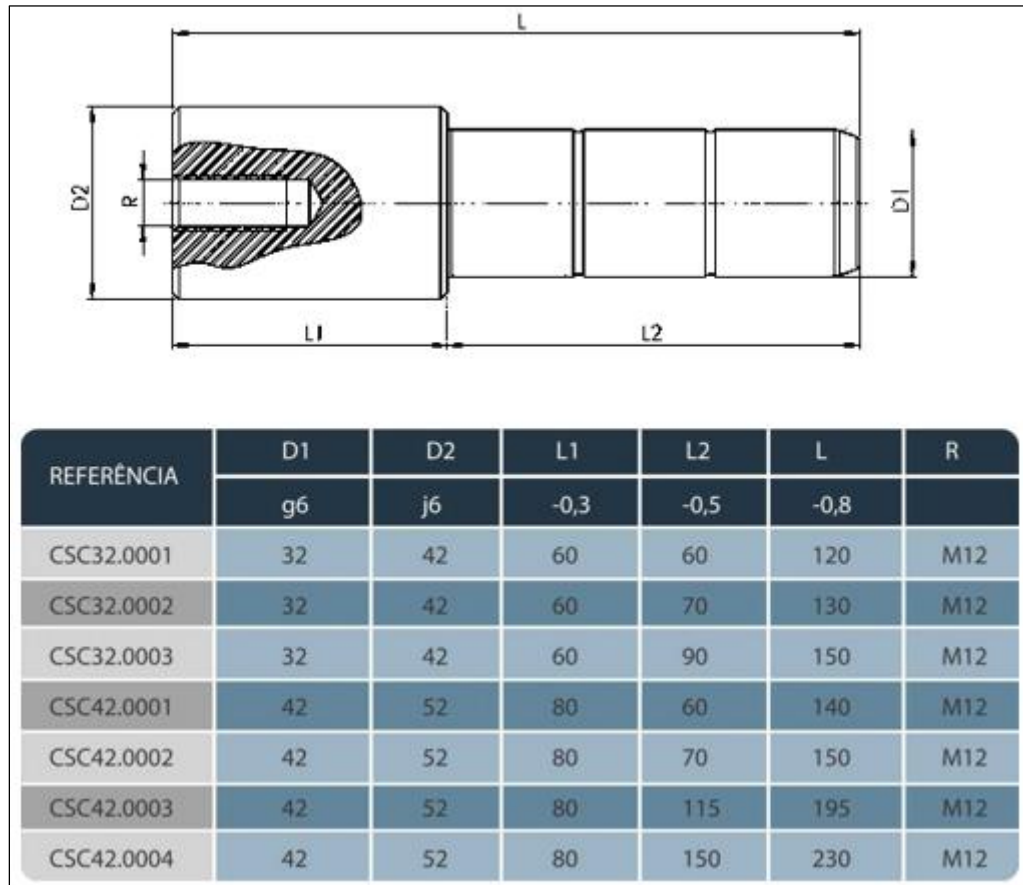
Fonte: Adaptado de Tecnoserv (2023)

Atualmente colunas e buchas são itens padrão, encontradas em catálogos de fabricantes, porém nem sempre atendem as medidas projetadas, principalmente em função do comprimento das colunas, que podem variar de acordo com a altura do molde.

Segundo Rosato (1997) os comprimentos de coluna para moldes de injeção são estabelecidos com base em uma análise do tamanho e peso do molde, bem como nas pressões de injeção e fechamento.

A figura 7 mostra um exemplo de catálogo de uma coluna. As dimensões D1 e D2 referem-se aos diâmetros do corpo e da cabeça, respectivamente, já as dimensões L, L1 e L2 referem-se aos comprimentos total, da cabeça e do corpo.

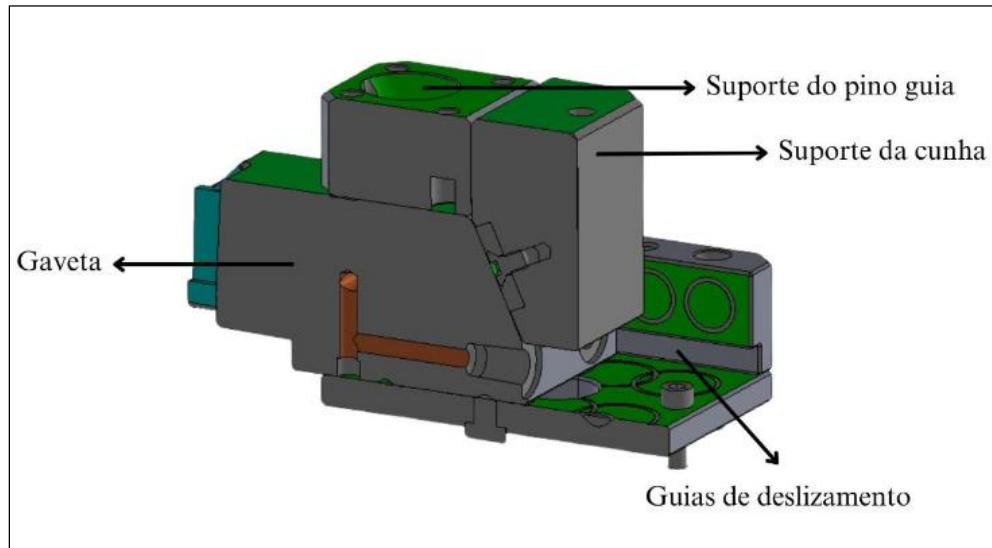
Figura 7 – Colunas padrão de catálogo



Fonte: Sulmax (2023)

Já sobre as guias de deslizamento, Malloy (2010) destaca que elas desempenham um papel crucial no funcionamento das gavetas do molde, fornecendo suporte e alinhamento durante o movimento. Elas garantem o alinhamento correto e suave, minimizando o desgaste e a fricção durante o processo de injeção. A figura 8 mostra as guias de deslizamento no conjunto de uma gaveta.

Figura 8 – Conjunto de gaveta



Fonte: O autor (2023)

2.3 USINAGEM

A usinagem é um processo fundamental na indústria, permitindo a produção de peças de precisão e complexidade, com elevada qualidade. Por meio de técnicas como o torneamento, fresamento e retífica, é possível transformar peças brutas em componentes com as dimensões e formas desejadas, empregando ferramentas de corte específicas para cada caso (HERRMANN JUNIOR, 2004). Para a construção de componentes de moldes utilizam-se centros de usinagem e tornos CNC e mecânico.

2.3.1 Fresamento

O fresamento é definido como um processo de usinagem em que a remoção de material é realizada por uma ferramenta de corte rotativa com múltiplos dentes, chamada fresa. Durante o fresamento, a peça é fixada em uma mesa e a fresa é movida em relação a ela, permitindo que os dentes da fresa cortem o material e produzam a forma desejada na peça (HERRMANN JUNIOR, 2004).

Na fabricação de componentes de moldes, o fresamento é utilizado para fabricar chapas de fechamento, travas de molde e guias de deslizamento, entre outros.

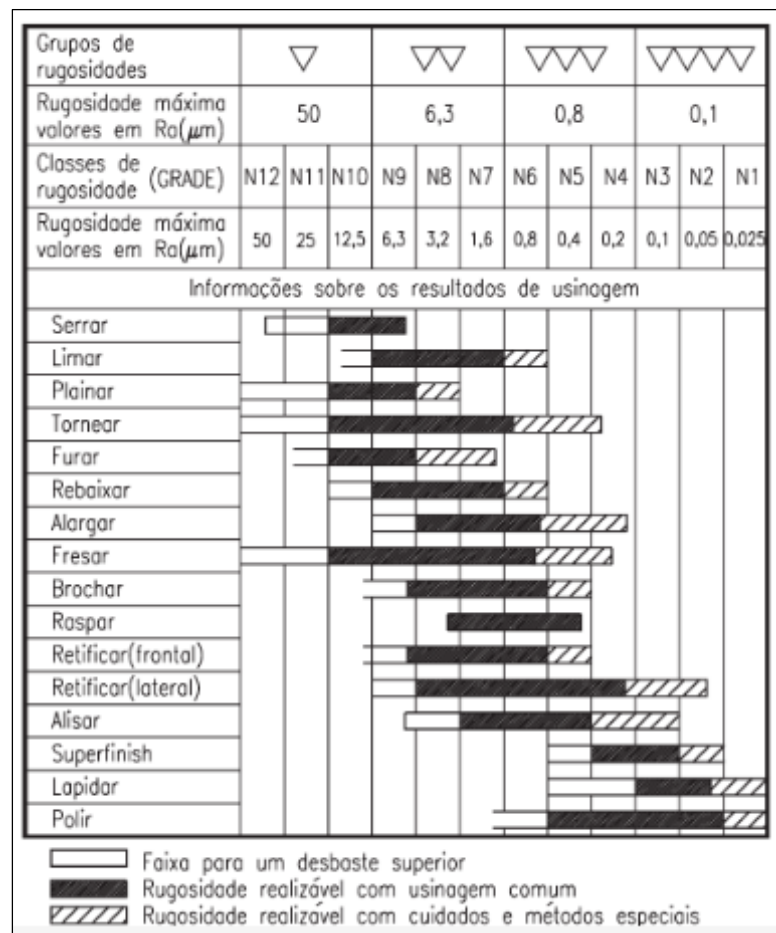
Sobre as guias de deslizamento, Malloy (2010) destaca que a precisão dimensional da guia é crítica, pois ela deve se encaixar exatamente com o molde para produzir a geometria

desejada. A rugosidade da superfície é importante, pois a fricção entre a corredeira e o molde pode causar desgaste e falha prematura. As guias devem ser usinadas com precisão e rugosidade adequada ao funcionamento do molde.

Por isso, para esses itens, o fresamento é utilizado somente para desbaste e o processo de retífica é utilizado para atingir os requisitos necessários.

A figura 9 mostra um comparativo entre a rugosidade atingida *versus* processos de usinagem. Pode-se notar a rugosidade menor, obtida pelo processo de retífica.

Figura 9 – Comparativo da rugosidade *versus* processos de usinagem



Fonte: Monferrato (2023)

2.3.2 Torneamento

O torneamento é um processo de usinagem amplamente utilizado na indústria para a produção de peças cilíndricas de alta precisão. Ele é realizado por meio de uma ferramenta de corte rotativa, que é deslocada longitudinalmente em relação à peça fixada em um mandril ou

placa, produzindo a forma desejada na superfície cilíndrica da peça (HERRMANN JUNIOR, 2004).

O torneamento pode ser realizado em diferentes tipos de máquinas-ferramenta, como tornos mecânicos e tornos CNC, dependendo da geometria da peça a ser obtida.

Colunas, buchas e pilares são alguns componentes de moldes fabricados através do processo de torneamento, sendo que colunas e buchas após o torneamento ainda passam pelo processo de retífica, pois necessitam de rugosidade $Ra = 0,2 \mu\text{m}$ e precisão dimensional com tolerância g6.

A figura 10 mostra as principais tolerâncias dimensionais para eixos com valores em μm .

Figura 10 – Tolerâncias para eixos

Dimensão nominal mm		Furo ^{af. inf.} af. sup.	EIXOS								
acima de	até	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6
30	40	0 +25	-25 -50	-9 -25	0 -16	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34

Fonte: USP (2023)

2.3.3 Retífica

Segundo Herrmann Junior (2004) retífica é um processo de usinagem por abrasão em que a remoção de material é realizada por meio de um rebolo abrasivo. Este processo é utilizado para produzir peças com alta precisão dimensional e rugosidade superficial controlada.

As principais máquinas-ferramenta utilizadas no processo de retífica são a retificadora plana e a retificadora cilíndrica, ambas utilizadas na fabricação de componentes de moldes.

Segundo Rosato (2000), a retificação plana é usada para corrigir a planicidade e a precisão dimensional em componentes do molde, como deslizos e guias.

Já a retífica cilíndrica é utilizada para garantir a precisão dimensional e rugosidade controlada de colunas e buchas.

2.4 PROPRIEDADES E APLICAÇÕES DE MATERIAIS UTILIZADOS EM COMPONENTES DE MOLDES

A escolha adequada do aço para os componentes dos moldes afeta diretamente a durabilidade, qualidade e custo deste.

A seleção adequada do aço é uma parte crucial do processo de fabricação de moldes de injeção plástica, uma vez que o desempenho do molde é influenciado diretamente pela qualidade do aço utilizado. A escolha do aço adequado para cada componente do molde pode melhorar a vida útil do molde e reduzir os custos de manutenção e de tempo de inatividade da máquina (CUI, 2017).

Abaixo são apresentados os principais aços considerados neste trabalho.

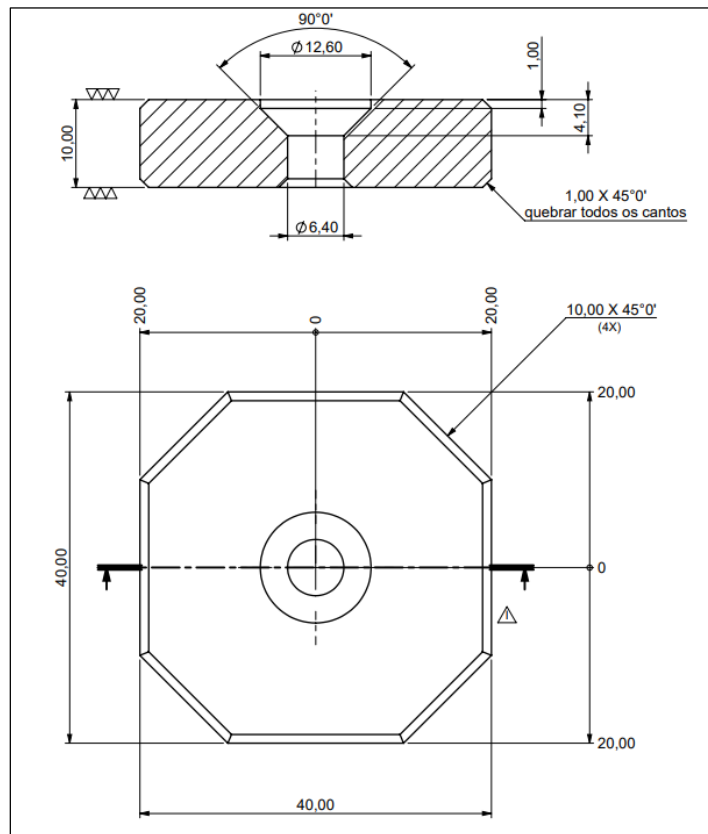
2.4.1 Aço AISI H13

O aço AISI H13 é um aço ferramenta de alta liga que contém cromo, molibdênio, vanádio e tungstênio em sua composição.

De acordo com um estudo realizado por Zhang *et al.* (2019), o aço H13 tem uma dureza elevada que permite que ele suporte cargas elevadas e resista à deformação permanente. Além disso, o aço H13 possui boa usinabilidade, o que o torna uma opção atraente para a fabricação de acessórios de moldes de injeção plástica com formas complexas e detalhes finos.

Segundo Kukreja *et al.* (2020) o aço H13 é frequentemente tratado termicamente para obter uma combinação de alta resistência ao desgaste, tenacidade e resistência ao impacto. O tratamento térmico pode ser realizado por meio de têmpera e revenimento para atingir as propriedades desejadas. O H13 tratado termicamente, com dureza em torno de 50 HRC, é comumente utilizado em chapas de fechamento de moldes, conforme ilustra a figura 11.

Figura 11 – Chapas de fechamento



Fonte: O autor (2023)

2.4.2 Aço SAE 8620

O aço SAE 8620 é um aço liga com baixo teor de carbono. É uma escolha popular para a produção de componentes de moldes, como colunas e buchas, devido à sua alta resistência e tenacidade. Essas propriedades são essenciais para suportar a pressão e o desgaste que ocorrem durante o processo de moldagem.

A liga SAE 8620 tem diversas aplicações com elementos de máquina e peças da indústria automotiva como por exemplo na fabricação de engrenagens, pinos, buchas e peças onde há exigência de dureza superficial obtida pelo processo de cementação ou carbonitreção. (COSTA, 2016)

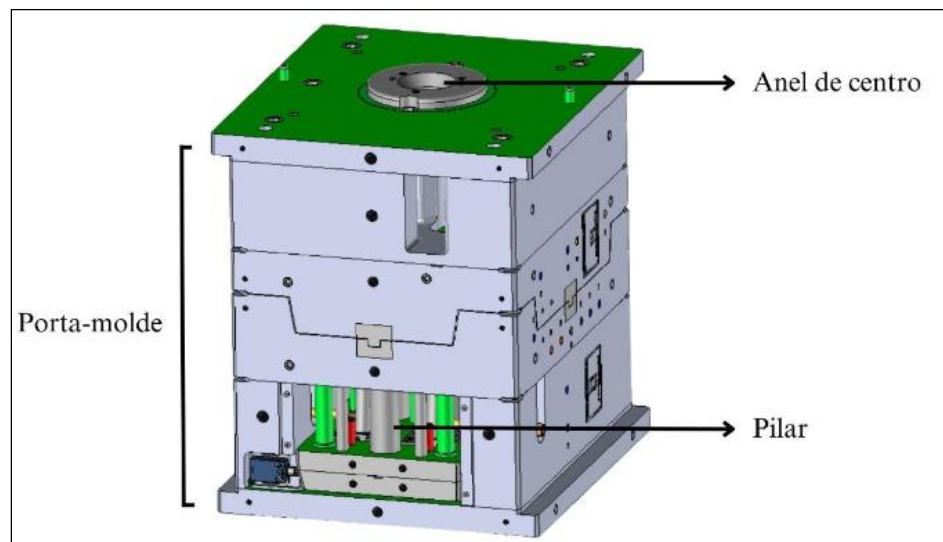
A figura 6, página 25, apresenta colunas e buchas produzidas em aço 8620.

2.4.3 Aço ABNT 1045

O aço ABNT 1045 é um aço com médio teor do carbono e média resistência mecânica. É utilizado em larga escala da indústria devido ao seu custo-benefício.

O aço SAE 1045 possui sua aplicação muito ampla, encontrado em eixos de ventilador, bombas, fabricação de peças e como ferramentas de corte em processos de fabricação (AZEVEDO, 2002). Em componentes de moldes é utilizado em anéis de centro, pilares e até mesmo em porta-moldes. A figura 12 ilustra esses componentes.

Figura 12 – Porta-molde e seus componentes



Fonte: O autor (2023)

2.5 TRATAMENTOS TÉRMICOS E SUPERFICIAS

Segundo Carvalho *et al.* (2004) a melhor definição para tratamentos térmicos é que estes são processos realizados em peças de metais e ligas, através da ação do calor, com o objetivo de modificar suas estruturas e propriedades. Essas propriedades podem ser para maior ductilidade, conformabilidade, usinabilidade, dureza e até mesmo o alívio das tensões provocadas pela conformação e aumento de dureza.

Entre os tratamentos térmicos, pode-se destacar a têmpera, o revenimento e a cementação.

Já sobre os tratamentos superficiais, destaca-se a nitretação, utilizada para melhorar as propriedades superficiais do material.

Sobre o processo de têmpera, pode-se destacar que o processo de têmpera é usado para aumentar a dureza e a resistência do material, tornando-o mais resistente ao desgaste e à deformação. Já o processo de revenimento é usado para reduzir a fragilidade do material após a têmpera, melhorando a tenacidade e a resistência à fadiga. A combinação desses processos é comum em aplicações que exigem alta resistência e tenacidade, como no caso de ferramentas de corte e de conformação de metais (CALLISTER JR.; RETHWISCH, 2017).

Saraiva (2016) destaca que na injeção de plásticos são aplicadas altas pressões, que podem variar entre os 300 e 1400 MPa, com elevadas forças de fechamento. Os materiais do molde devem ser tenazes e resistentes às tensões de compressão e flexão existentes, assim como à fadiga.

Para suportar esses esforços, as chapas de fechamento passam pelos processos de têmpera e revenimento, aumentando sua resistência mecânica e protegendo as regiões de fechamento do molde.

Em relação ao processo de cementação, ela é um tratamento termoquímico no qual o carbono é introduzido na superfície do material, criando uma camada de alta concentração de carbono. Esse processo é utilizado para aumentar a dureza da superfície e, conseqüentemente, a resistência ao desgaste, mas também pode tornar a superfície mais frágil devido à alta concentração de carbono. O processo de cementação é comum em aplicações que exigem alta resistência ao desgaste, como engrenagens, rolamentos e peças de máquinas (CALLISTER JR.; RETHWISCH, 2017).

Segundo Rosato, Rosato e Rosato (2000) os moldes de alta produção geralmente são projetados para produzir mais de 1.000.000 de peças, às vezes com pouca ou nenhuma manutenção intermediária, para atender aos requisitos de produção em massa.

Para atender a esse requisito, as colunas e buchas do molde passam pelo processo de cementação, aumentando sua resistência ao desgaste.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

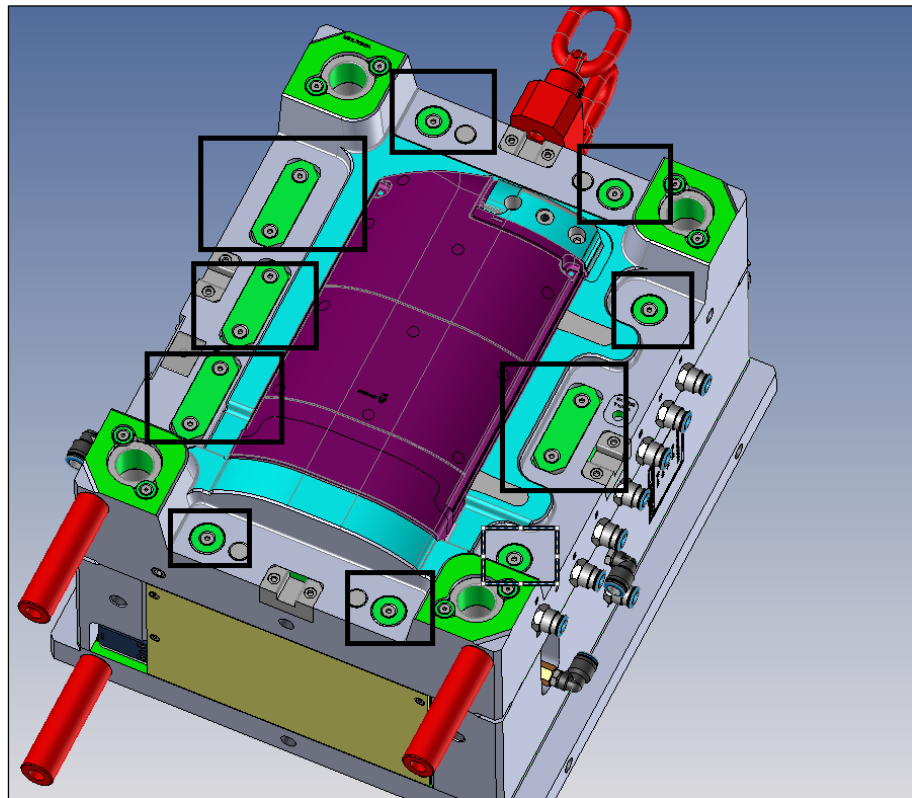
Este capítulo apresenta a condição atual para utilização de componentes em moldes de injeção plástica, direcionado a colunas, buchas e chapas de fechamento, com o propósito de aprofundar e justificar os motivos que incentivaram a elaboração deste trabalho.

Além disso, é apresentado um método para utilização de componentes padronizados, a fim de avaliar o impacto causado no resultado final.

3.1 UTILIZAÇÃO DE COMPONENTES EM MOLDES DE INJEÇÃO

Atualmente, o dimensionamento de colunas, buchas e chapas de fechamento é realizado sem seguir um padrão pré-definido. Para colunas e buchas, a escolha realizada pelos projetistas é de acordo com sua *expertise*, levando em consideração a proporcionalidade entre o molde e a funcionalidade. Já para as chapas de fechamento, é levado em consideração o espaço disponível para alocá-las. A figura 13 mostra um exemplo de molde com chapas de fechamento de diferentes dimensões e formatos.

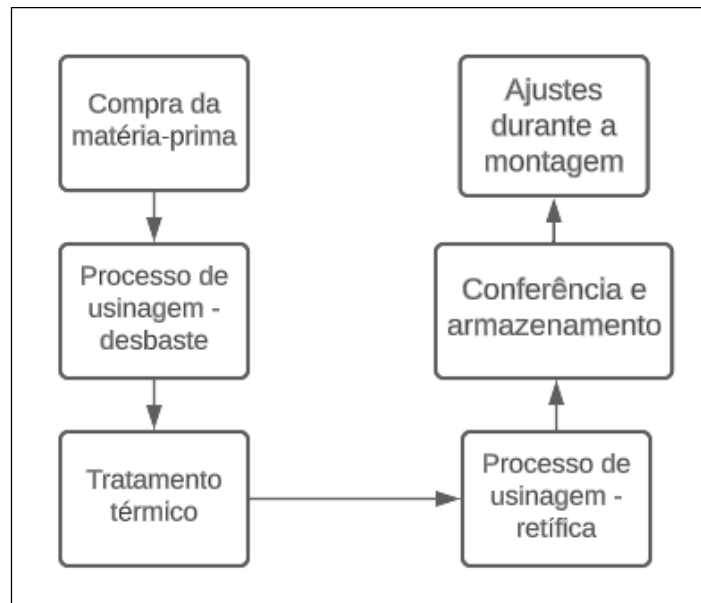
Figura 13 – Chapas de fechamento de diferentes dimensões e geometrias



Fonte: O autor (2023)

Neste formato, a produção dos componentes envolve muitos processos e, conseqüentemente, demanda alto grau de trabalho do setor de PPCP para planejar e controlar todos esses processos. A figura 14 mostra as etapas para fabricação tanto de colunas e buchas, quanto de chapas de fechamento.

Figura 14 – Processos de fabricação de colunas, buchas e chapas de fechamento não padronizadas



Fonte: O autor (2023).

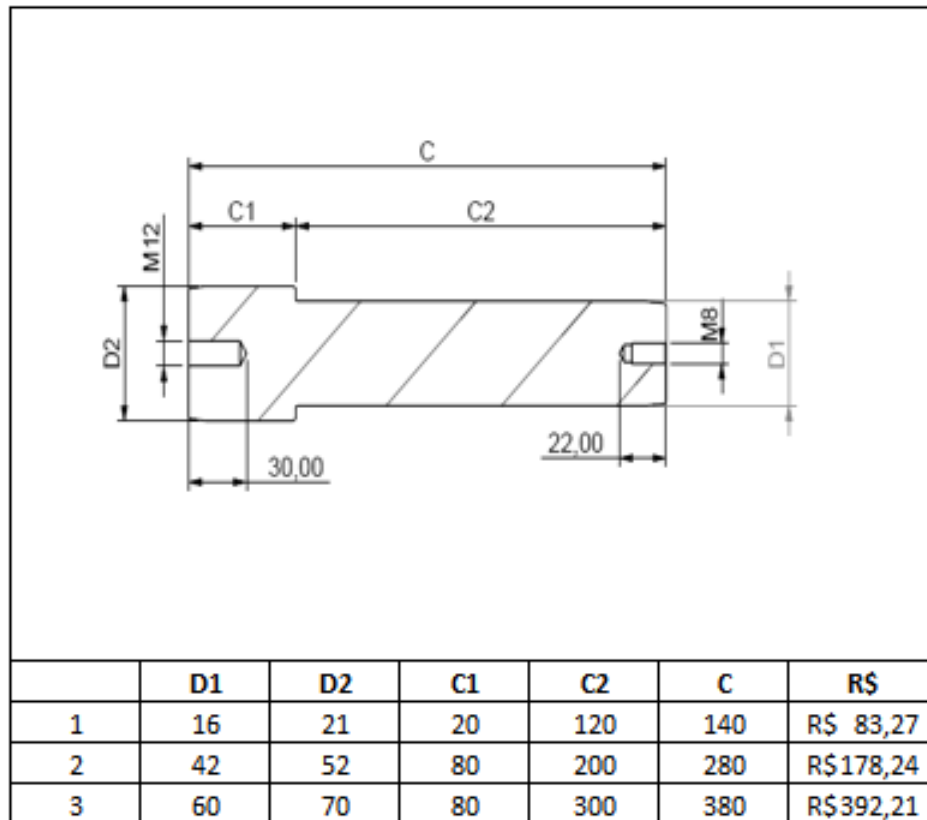
No geral, todos os componentes utilizados em um molde de injeção representam, em média, 12% do custo total do molde. Colunas, buchas e chapas de fechamento são responsáveis por 31% deste custo. Além disso, deve-se levar em conta os custos administrativos envolvidos, visto que muitos dos processos são realizados em empresas terceirizadas, o que requer notas fiscais e transporte.

A utilização de colunas e buchas não padronizadas faz com que se tenha ilimitados tamanhos, dificultando a compra da matéria-prima e até mesmo o custeio dos itens no momento do orçamento do molde.

No momento da análise dos custos nota-se que colunas menores têm custo mais baixo de matéria-prima e menos horas gastas no processo de torneamento e retífica. Além disso o custo para tratamento térmico também é menor, visto que ele depende do peso da peça. Nota-se que o custo aumenta gradativamente conforme aumenta-se as dimensões da coluna.

Como modelo de referência, a figura 15 mostra o custo total de 3 tamanhos de colunas, considerando todos os processos descritos na figura 14.

Figura 15 – Custo total de 3 colunas de tamanhos diferentes



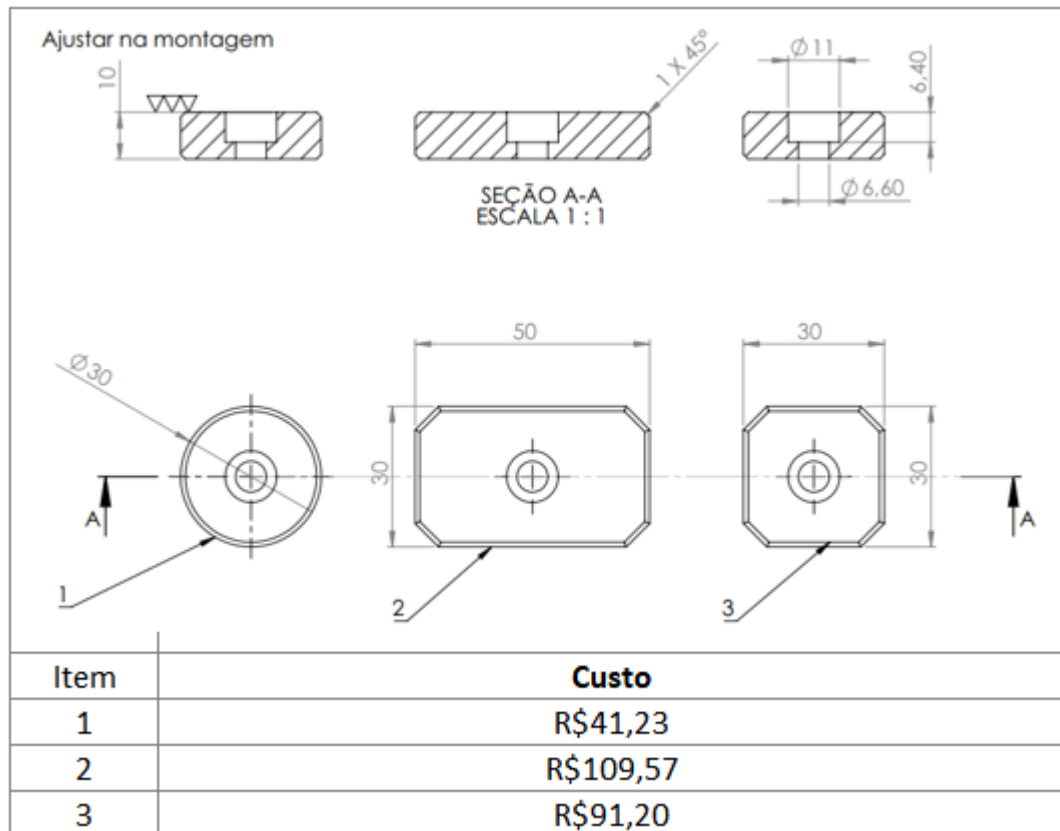
Fonte: O autor (2023).

Já a utilização de chapas de fechamento não padronizadas dificulta a sua reposição, quando necessária, além de tornar o processo oneroso pois pode movimentar diversos setores, para, algumas vezes, fabricar 2 unidades, por exemplo.

O custo de chapas de fechamento tem relação direta com suas dimensões, pois quanto menores as dimensões, menores os custos com matéria-prima e tratamento-térmico. O custo dos processos de fresamento e retífica em chapas quadradas e retangulares não variam tanto, visto que não há tanta diferença no tempo de usinagem para fabricação de lotes pequenos, de 12 a 16 peças. Já em relação a chapas redondas, nota-se um custo de torneamento menor, visto o baixo tempo de usinagem necessário para fabricação.

Também para estabelecer um modelo de referência, a figura 16 mostra o custo total para alguns tamanhos de chapas de fechamento, seguindo os processos descritos na figura 14.

Figura 16 – Custo total de 3 modelos de chapas de fechamento



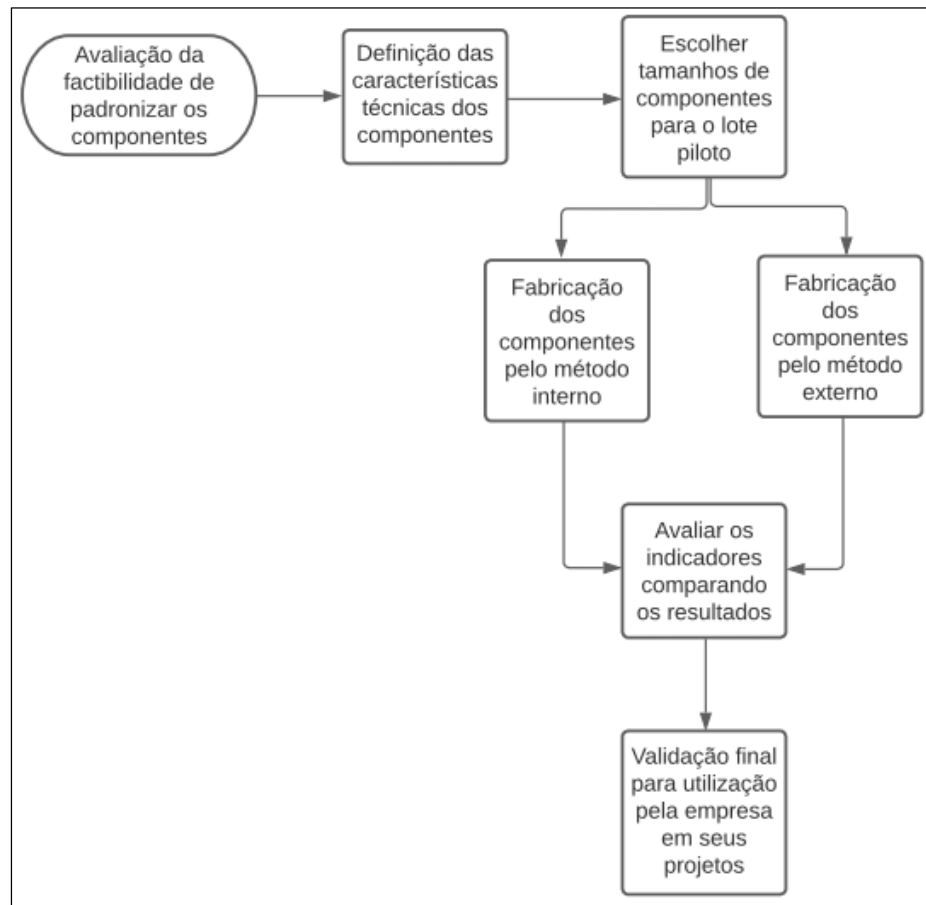
Fonte: O autor (2023)

3.2 MÉTODO DE TRABALHO

Em um primeiro momento o método de trabalho se baseou em avaliar junto ao setor de projetos da empresa a factibilidade em padronizar colunas, buchas e chapas de fechamento. O objetivo foi o de definir as medidas para estes componentes, analisar quais eram as condições de uso e se haviam condições de aplica-los em todos os tamanhos de molde. Além disso, avaliar quais eram as principais barreiras para sua utilização.

A figura 17 apresenta um fluxograma macro de todas as etapas do desenvolvimento.

Figura 17 – Fluxograma do método de trabalho



Fonte: O autor (2023)

Após as definições iniciais, foram escolhidos 1 tamanho de coluna e 2 tamanhos de chapas de fechamento para fabricação piloto. A fabricação foi feita em dois métodos distintos:

1. Método interno: compra de material, usinagem, tratamento térmico e retífica;
2. Método externo: compra dos componentes prontos diretamente do fornecedor.

O método interno de fabricação da coluna foi dividido em:

1. Compra de material: foi utilizado aço SAE 8620, redondo, comprado em barra trefilada;
2. Usinagem de torneamento: processo de desbaste antes do tratamento térmico, deixando sobremetal nas cotas que deviam ser retificadas;
3. Tratamento térmico: processo de cementação, com camada de 1,0 mm, objetivando obter dureza entre 56/58 HRC;
4. Retífica: processo de acabamento final, a fim de obter dimensões dentro das tolerâncias estabelecidas.

As chapas de fechamento, fabricadas pelo método interno, tiveram as seguintes etapas:

1. Compra de material: foi utilizado aço AISI H13, comprado serrado;
2. Usinagem de fresamento: processo de desbaste antes do tratamento térmico, deixando sobremetal nas cotas que seriam retificadas;
3. Tratamento térmico: processo de têmpera e revenimento, com objetivo de obter dureza entre 50/52 HRC;
4. Retífica: processo de acabamento final, a fim de obter dimensões dentro das tolerâncias estabelecidas.

Por fim, os métodos interno e externo foram comparados entre si e comparados também ao método atual, sem padrão definido. Foram avaliados os seguintes indicadores:

- Custo de produção;
- *Lead time*, desde a liberação do projeto até início da montagem final;
- Retrabalho dos componentes durante a fase de montagem e ajustes;
- Qualidade do produto final, atendimento de cotas críticas e montabilidade.

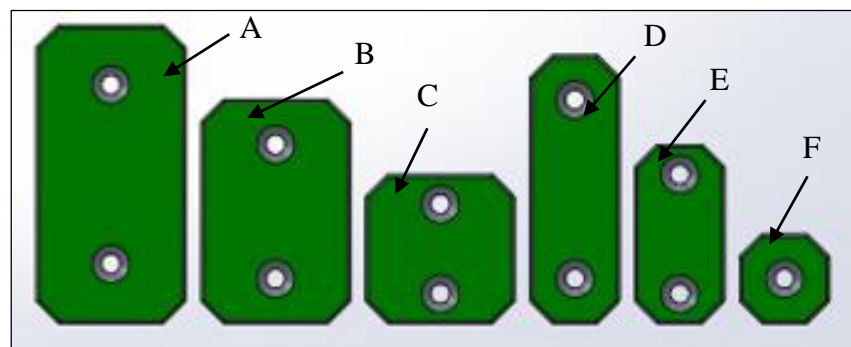
4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento indicado na metodologia e os resultados obtidos. Inicialmente foi realizada uma análise crítica junto ao setor de projetos buscado o histórico de moldes de diversos tamanhos. A partir disso foram definidos os tamanhos para os componentes padrões e suas características técnicas. Após a definição, alguns itens foram escolhidos para o lote piloto. Por fim, eles foram fabricados por dois métodos e os resultados obtidos foram comparados e discutidos.

4.1 ESCOLHA DOS TAMANHOS PADRÃO

Analisando o histórico observou-se que em 91% dos moldes já eram utilizadas chapas de fechamento com tamanho padrão. Eram utilizados 6 tamanhos padrões, conforme ilustra a figura 18.

Figura 18 – Chapas de fechamento utilizadas



Fonte: O autor (2023)

Todas tinham espessura de 10 mm e dimensões de:

- a) 100 x 50 mm;
- b) 75 x 50 mm
- c) 50 x 50 mm
- d) 90 x 30 mm
- e) 60 x 30 mm
- f) 30 x 30 mm;

A sua produção era feita conforme demanda, seguindo os processos ilustrados na figura 14.

Observando os 6 tamanhos notou-se que para o objetivo funcional das chapas que é suportar a força de fechamento do molde, protegendo as áreas de fechamento, não havia necessidade de haver tantas opções.

Por exemplo, a utilização do modelo A oferece uma área para suporte da força de 50 cm², em contrapartida, utilizando duas chapas do modelo D, uma ao lado da outra, obtém-se 54 cm² e para isso necessita-se apenas 10 mm a mais de espaço no porta-molde, na área onde as chapas são alojadas. Isso vale para outras comparações, como de C para D, onde a diferença de área superficial é de apenas 3 cm².

Além disso, foi realizado um levantamento em relação a quantidade utilizada nos anos de 2020, 2021 e 2022, onde obteve-se um total de 1782 chapas. A figura 19 exhibe o uso de cada modelo neste período.

Figura 19 – Chapas utilizadas de 2020 a 2022.

Modelos	Tamanho (mm)	Peças utilizadas	% de utilização
A	100 x 50	524	29%
B	75 x 50	476	27%
C	50 x 50	210	12%
D	90 x 30	122	7%
E	60 x 30	352	20%
F	30 x 30	98	5%

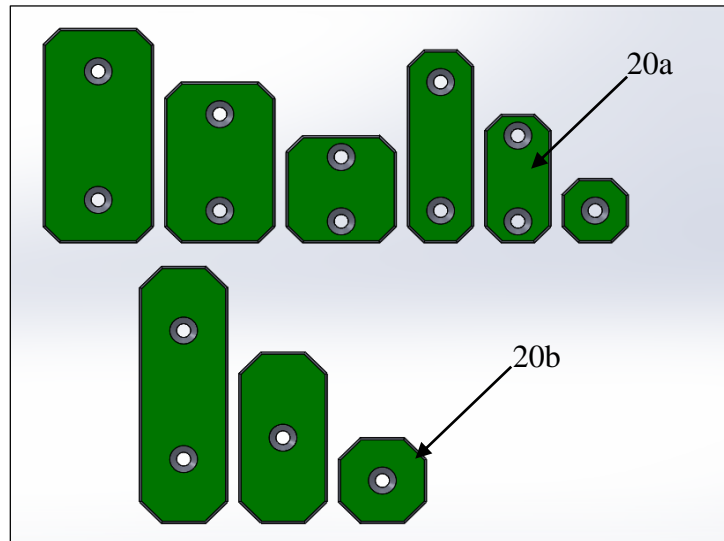
Fonte: O autor (2023).

Nota-se que alguns modelos foram até 5 vezes mais utilizados que outros, o que também serviu de embasamento para a redução na quantidade de opções de chapas.

Outro ponto também levantado foi o da utilização de chapas redondas no lugar das atuais, porém por critérios estéticos do molde, essa opção foi descartada pela gestão.

Levando em conta todas essas análises, definiu-se a criação de 3 tamanhos padrões, capazes de atender todos tamanhos de molde. A figura 20 mostra um comparativo entre os tamanhos utilizados e os novos modelos definidos.

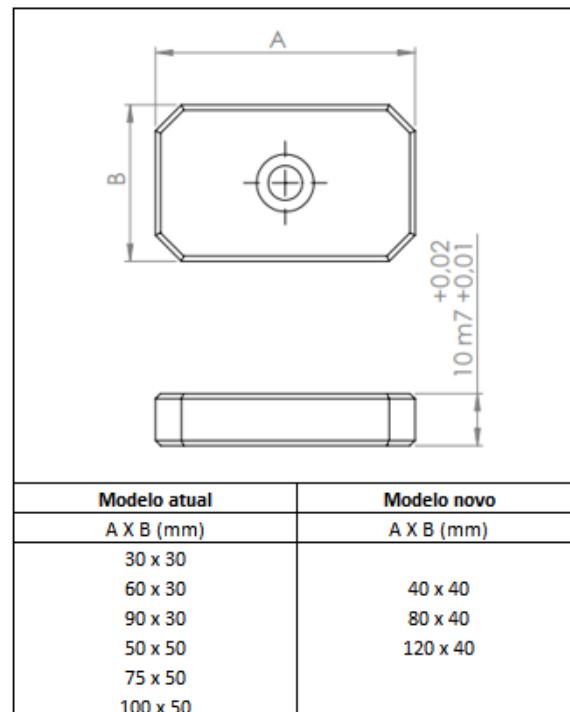
Figura 20 – Chapas de fechamento atuais (20a) e modelos novos (20b)



Fonte: O autor (2023)

A espessura de 10 mm foi mantida, pois possibilita a compra da matéria-prima com ½” (12,7 mm). Já as demais dimensões alteraram conforme exibe o comparativo da figura 21.

Figura 21 – Comparativo das chapas de fechamento



Fonte: O autor (2023)

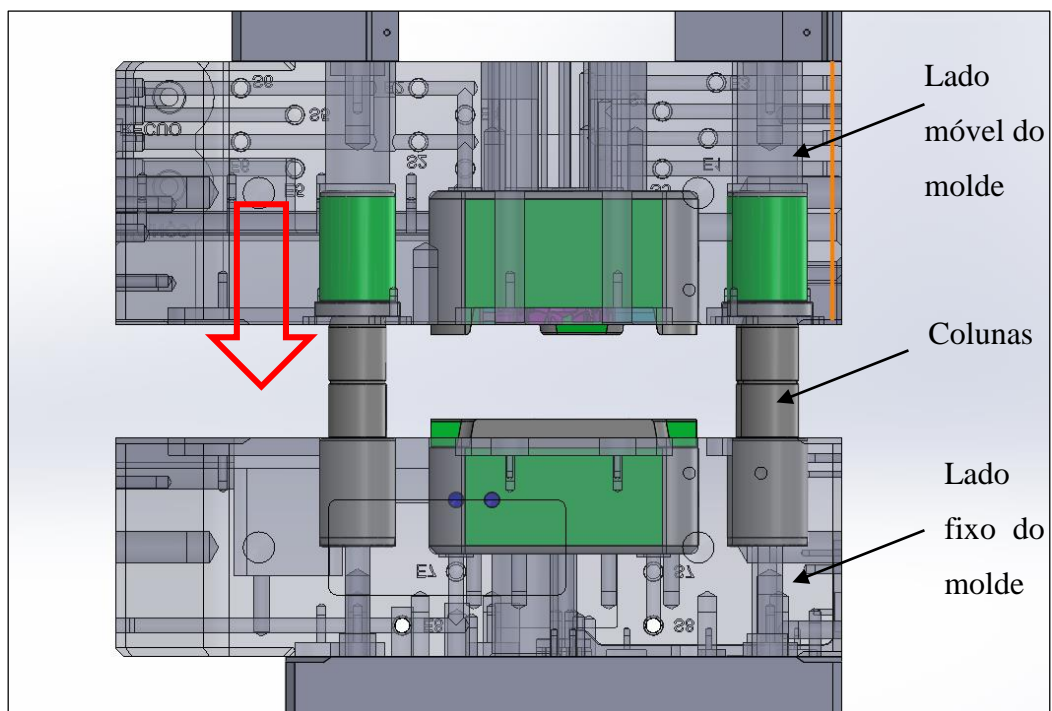
Em relação a colunas e buchas a análise do histórico de moldes comprovou que nenhum tipo de padrão era utilizado. Os componentes eram projetados conforme necessidade e tamanho

do molde. A fabricação era conforme demanda e também seguia os processos mostrados na figura 14.

Com isso, o primeiro ponto a ser entendido foi o porquê colunas e buchas padrões não eram utilizadas, visto que no mercado haviam diversos fornecedores especializados nestes tipos de componentes.

Observou-se que a maior dificuldade era em relação ao comprimento das colunas, pois elas dependiam diretamente da geometria do produto. Como as colunas são responsáveis pelo primeiro guiamento entre os dois lados do molde, necessariamente, elas precisam ser mais compridas que o produto ou qualquer periférico, de forma que deslizem pelas buchas antes de qualquer outro atrito entre os dois lados do molde. A figura 22 ilustra isto.

Figura 22 – Momento da montagem, onde as colunas guiam as duas partes do molde



Fonte: O autor (2023).

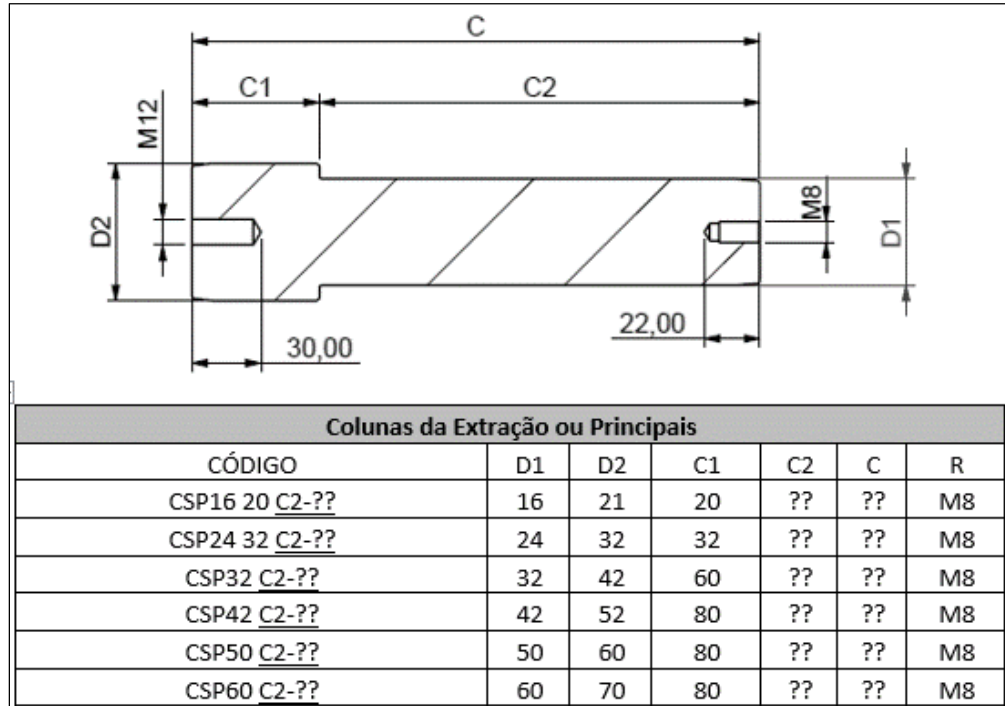
Portanto, o comprimento iria variar de molde para molde e por essa dificuldade, colunas padrões vendidas por empresas especializadas não iriam atender à demanda requerida, já que elas possuem comprimentos pré-estabelecidos, além de serem limitadas, normalmente próximos a 200 mm, impossibilitando o uso em moldes que necessitam de maior comprimento.

A solução encontrada foi criar um novo padrão, com dimensões iguais às encontradas em catálogos, exceto os comprimentos (C2 e C), estes seriam especificados de acordo com o

molde. Dessa forma, haveria possibilidade de fabricação tanto pelo método externo quanto pelo interno.

A figura 23 mostra os padrões criados.

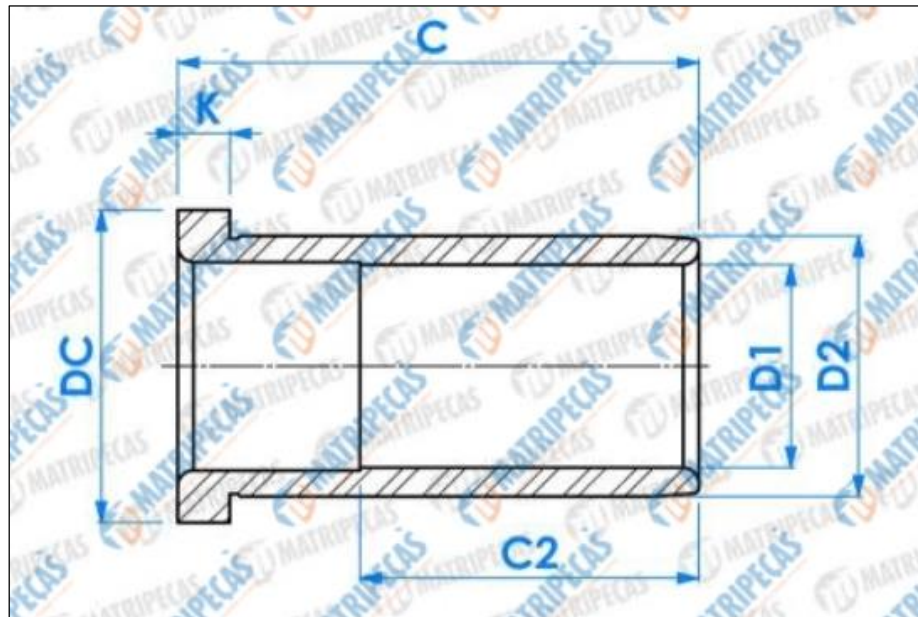
Figura 23 – Padrão para colunas



Fonte: O autor (2023)

Para as buchas, definiu-se seguir o padrão de catálogo do fornecedor Matripeças, que por sua vez iria atender todas as necessidades. A figura 24 mostra o modelo de bucha mais utilizado, onde o diâmetro interno varia de 16 a 42 mm e o comprimento total de 20 a 140 mm.

Figura 24 – Modelo de bucha do catálogo do fabricante



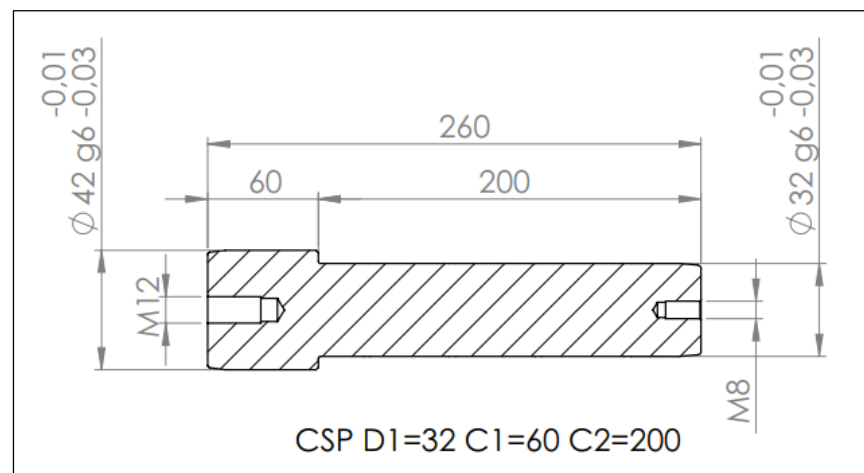
Fonte: Matripeças (2023).

4.2 ESCOLHA DOS COMPONENTES PARA LOTE PILOTO

A premissa para escolha dos componentes para fabricação do lote piloto foi que estes seriam utilizados em moldes em produção, não havendo desperdício de recursos. Para isso foram escolhidos um tamanho de coluna e dois tamanhos de chapas de fechamento.

As dimensões da coluna escolhida estão representadas na figura 25.

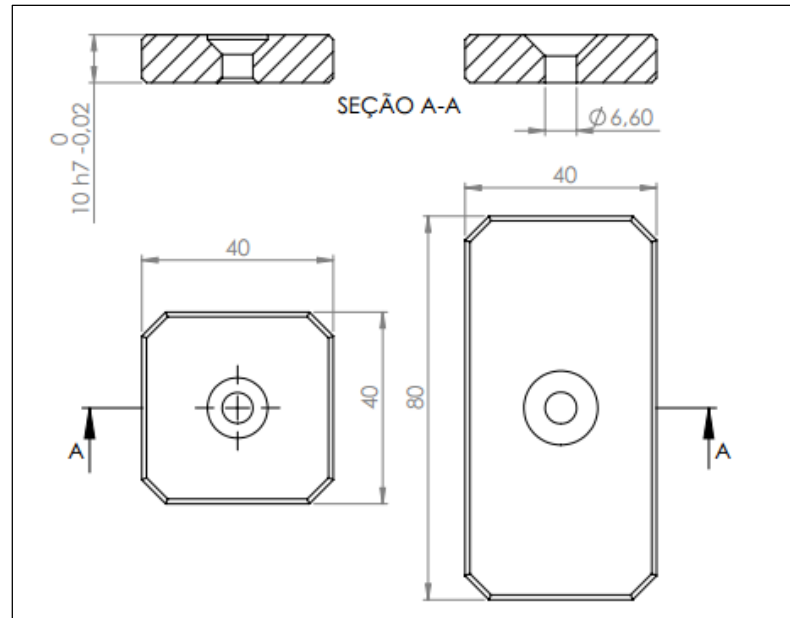
Figura 25 – Coluna utilizada para lote piloto



Fonte: O autor (2023).

Para as chapas de fechamento, foram escolhidos tamanhos conforme figura 26.

Figura 26 – Chapas de fechamento para lote piloto



Fonte: O autor (2023).

4.3 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

A fabricação das colunas foi realizada utilizando os dois métodos descritos no capítulo 3. Para o método externo, foram realizados 3 orçamentos com fornecedores, a fim de avaliar o melhor valor encontrado no mercado. Os valores orçados foram:

- Fornecedor A: R\$258,39;
- Fornecedor B: R\$219,48;
- Fornecedor C: R\$191,00.

O *lead time* de todos os fornecedores foi o mesmo, 8 dias úteis. Dessa forma, o fornecedor C foi escolhido para fabricação do lote piloto.

Para a fabricação pelo método interno, todas as etapas foram terceirizadas, devido a empresa não possuir recursos internos. Com isso, todos processos foram cotados com dois fornecedores, a fim de obter o melhor valor de mercado. A figura 27 mostra os valores orçados, o custo discriminado e os fornecedores escolhidos.

Figura 27 – Orçamentos para fabricação de coluna pelo método interno

Matéria-prima	Fornecedor	Preço por kg	Peso (kg)	Total
	MP1	R\$ 14,77	3,52	R\$ 51,99
	MP2	R\$ 14,21		R\$ 50,02
Torneamento	Fornecedor	Valor por hora	Horas	Total
	TO1	R\$ 80,00	1	R\$ 80,00
	TO2	R\$ 75,00	1,7	R\$127,50
Tratamento térmico	Fornecedor	Preço por kg	Peso (kg)	Total
	TT1	R\$ 10,23	2,7	R\$ 27,62
	TT2	R\$ 11,48		R\$ 31,00
Retífica	Fornecedor	Valor por hora	Horas	Total
	RE1	R\$ 50,00	1	R\$ 50,00
	RE2	R\$ 45,00	1	R\$ 45,00
Fornecedores escolhidos				
Processo	Fornecedor	Valor		
Matéria-prima	MP2	R\$	50,02	
Torneamento	TO1	R\$	80,00	
Tratamento térmico	TT1	R\$	27,62	
Retífica	RE2	R\$	45,00	
		Total	R\$	202,64

Fonte: O autor (2023).

Com base nisso, o custo para compra da coluna pronta foi de R\$191,00 com *lead time* de 8 dias úteis e para a fabricação pelo método interno foi de R\$202,64 com *lead time* de 12 dias úteis.

A fabricação dos modelos de chapas de fechamento também utilizou os métodos internos e externos de fabricação. Foi encontrado apenas um fornecedor disposto a fornecer o componente pronto, conforme estabelece o método externo. Os valores foram R\$94,30 para a chapa menor e R\$160,50 para a maior, ambos com *lead time* de 10 dias úteis.

Na fabricação pelo método interno, além da compra da matéria-prima, o tratamento térmico foi terceirizado, para isso, foram realizados orçamentos com dois fornecedores para cada etapa da fabricação. Os demais processos foram feitos internamente na empresa.

A figura 28 mostra os orçamentos discriminados de material e tratamento térmico e os fornecedores escolhidos para estes processos. Além disso, também mostra os valores gastos internamente para os processos de usinagem, tudo isso válido para a chapa menor, com dimensões de 40 x 40 x 10 mm.

Figura 28 – Orçamentos para fabricação da chapa menor pelo método interno

Chapa menor 40x40x10 mm				
Matéria-prima	Fornecedor	Preço por kg	Peso (kg)	Total
	MP1	R\$ 35,55	0,45	R\$ 16,00
	MP2	R\$ 37,14		R\$ 16,71
Fresamento (interno)		Valor por hora	Horas	Total
		R\$ 94,18	0,7	R\$ 65,93
Tratamento térmico	Fornecedor	Preço por kg	Peso (kg)	Total
	TT1	R\$ 14,23	0,4	R\$ 5,69
	TT2	R\$ 13,42		R\$ 5,37
Retífica (interna)		Valor por hora	Horas	Total
		R\$ 94,18	0,25	R\$ 23,55
Fornecedores escolhidos				
Processo	Fornecedor	Valor		
Matéria-prima	MP1	R\$		16,00
Fresamento (interno)	-	R\$		65,93
Tratamento térmico	TT2	R\$		5,37
Retífica (interna)	-	R\$		23,55
		Total	R\$	110,85

Fonte: O autor (2023).

Já a figura 29 exibe os orçamentos discriminados e os fornecedores escolhidos para a chapa maior, com dimensões de 80x40x10 mm.

Figura 29 - Orçamentos para fabricação da chapa maior pelo método interno

Chapa maior 80x40x10 mm				
Matéria-prima	Fornecedor	Preço por kg	Peso (kg)	Total
	MP1	R\$ 35,55	0,6	R\$ 21,33
	MP2	R\$ 37,14		R\$ 22,28
Fresamento (interno)		Valor por hora	Horas	Total
		R\$ 94,18	1,1	R\$ 103,60
Tratamento térmico	Fornecedor	Preço por kg	Peso (kg)	Total
	TT1	R\$ 14,23	0,55	R\$ 7,83
	TT2	R\$ 13,42		R\$ 7,38
Retífica (interna)		Valor por hora	Horas	Total
		R\$ 94,18	0,25	R\$ 23,55
Fornecedores escolhidos				
Processo	Fornecedor	Valor		
Matéria-prima	MP1	R\$		21,33
Fresamento (interno)	-	R\$		103,60
Tratamento térmico	TT2	R\$		7,38
Retífica (interna)	-	R\$		23,55
		Total	R\$	155,86

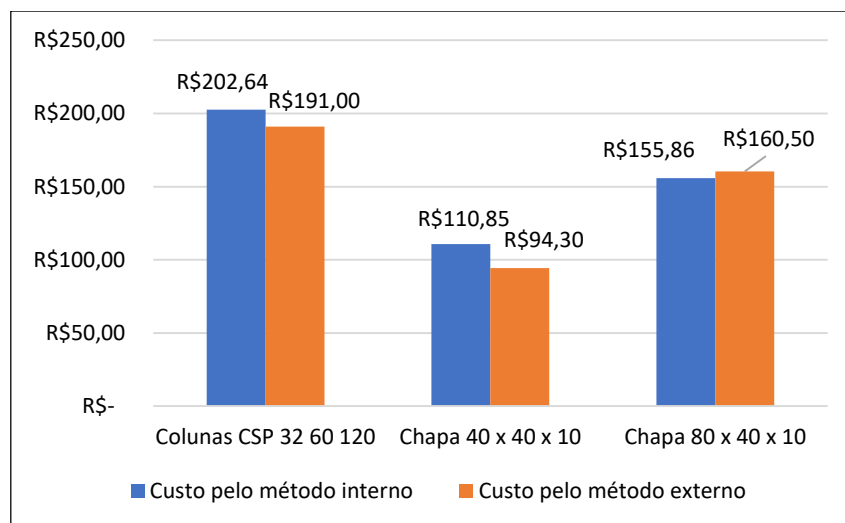
Fonte: O autor (2023).

Com isso, os melhores valores para fabricação pelo método interno foram de R\$110,85 para a chapa menor e R\$155,86 para a chapa maior, ambas com *lead time* de 11 dias úteis.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

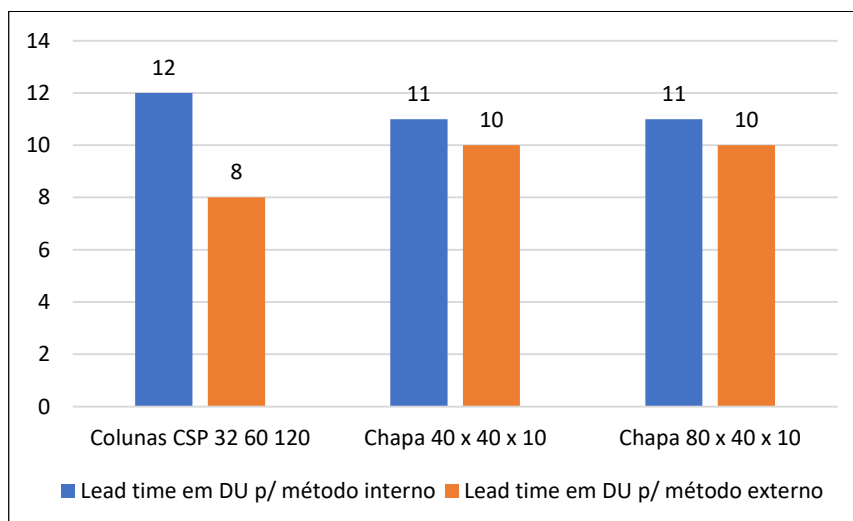
A fim de facilitar a compreensão dos resultados, as figuras 30 e 31 apresentam um resumo de valores e *lead time*, respectivamente, considerando os métodos interno e externo, tanto para a colunas quanto para as chapas de fechamento.

Figura 30 – Resumo de custo para lote piloto



Fonte: O autor (2023)

Figura 31 - Resumo do *lead time* para lote piloto



Fonte: O autor (2023)

Notou-se que para todos os casos o lead time foi menor no método externo, já em questão de custo, apenas a chapa maior teve um custo menor pelo método interno, entretanto o custeio não levou em consideração custos fiscais e de transporte, já que o método interno demanda diversos processos terceirizados.

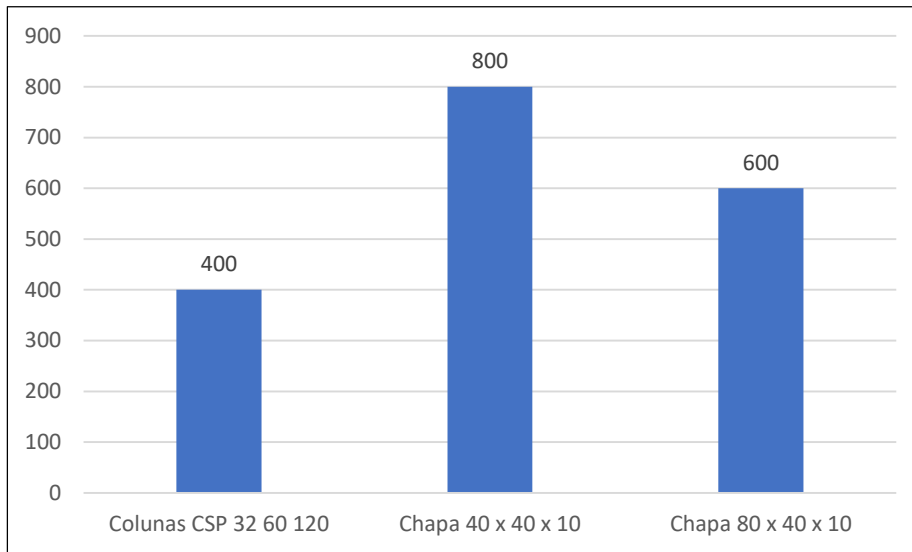
Além disso, no método interno, observou-se alto volume de trabalho para os setores de PCP e qualidade, pois foi necessário o planejamento e acompanhamento de todas as etapas, além de medições e validações da área de qualidade. Notou-se que pelo método externo, o gerenciamento dos processos e a garantia de qualidade ficou por conta do fornecedor, onde ele forneceu, na entrega das peças, certificados de matéria-prima, tratamento térmico e controle de qualidade.

Contudo, um ponto chave discutido, para as chapas de fechamento, foi que a sua produção poderia ser realizada internamente, se levado em consideração que em torno de 65% do custo interno, foram custos fixos, que independem da produção. Dessa forma, no momento em que os recursos de produção estão ociosos, eles podem ser utilizados produzindo chapas padrão, auxiliando na diluição dos custos. Para as colunas, esta análise foi descartada, pois a empresa não possui recursos internos para a fabricação destes itens.

Além disso, foram considerados também os benefícios fiscais envolvidos em ambos os métodos. Notou-se que no método externo, com a compra do componente pronto, a empresa se credita de 9,5% de PIS/COFINS e 12% de ICMS. Já pelo método interno, a empresa pode se creditar dos mesmos impostos, porém isto é válido apenas para compra de matéria-prima e industrialização terceirizada, ou seja, não é válido para processos realizados internamente. O custo menor pelo método externo e os benefícios fiscais corroboram para que este método seja mais atrativo que o método interno.

Após a conclusão do lote piloto, observou-se a necessidade de estimar o custo destes itens levando em consideração uma produção com volume maior, objetivando avaliar os ganhos dentro de um ano, com a produção de 100 moldes. A figura 32 exhibe a estimativa de quantidade a ser utilizada no período.

Figura 32 – Estimativa de consumo anual

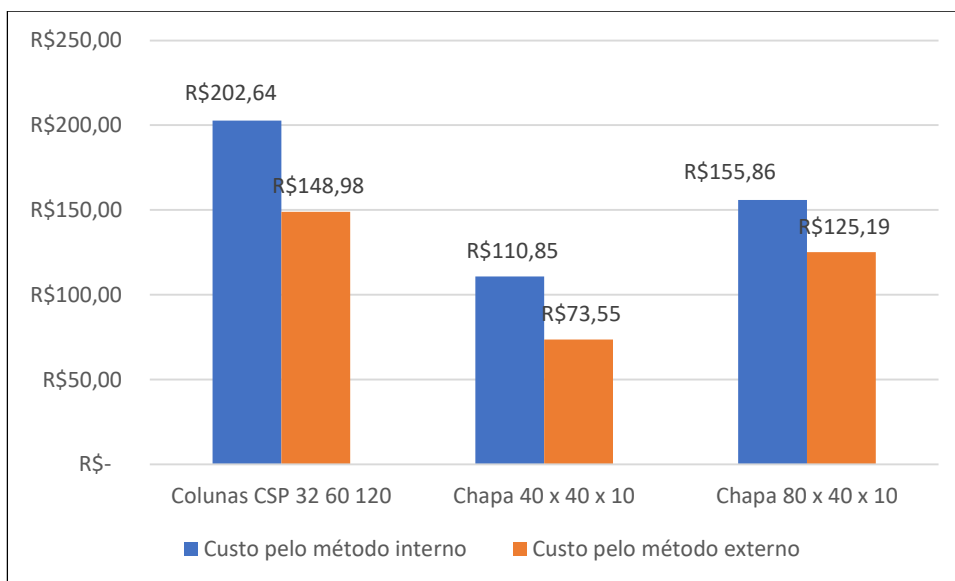


Fonte: O autor (2023).

Com base nestas quantidades, foram realizados novos orçamentos, a fim de reduzir o custo unitário de cada item, visto que a sua produção será seriada, com uso de dispositivos de usinagem e com drástica redução em tempos de *setup*.

A figura 33 mostra um comparativo entre os valores interno e externos, considerando produção seriada. O valor é referente a uma unidade de cada componente.

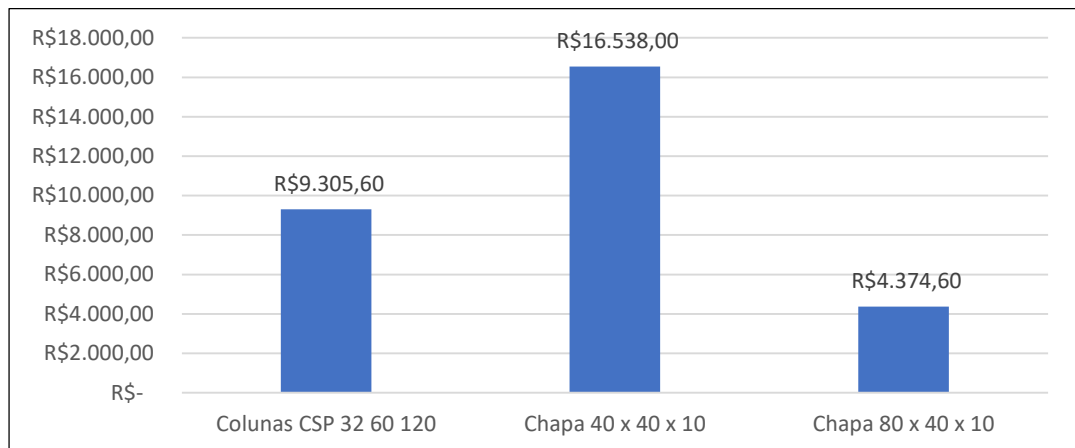
Figura 33 – Valor unitário comparando método interno e externo para fabricação em escala



Fonte: O autor (2023).

Percebeu-se que o método externo tem um custo ainda mais baixo em relação ao interno. Fazendo uma avaliação da diferença dos valores unitário e levando em consideração a estimativa anual de utilização, foi possível obter a economia anual para estes 3 itens. A figura 34 exibe isso.

Figura 34 – Estimativa de economia anual



Fonte: O autor (2023).

Observou-se uma estimativa de economia anual de R\$30.218,20 utilizando o método externo para obtenção destes 3 itens.

5 CONCLUSÃO

Este estudo teve por objetivo padronizar colunas, buchas e chapas de fechamento para moldes de injeção plástica e avaliar os ganhos a serem obtidos. Foram avaliados diversos aspectos relacionados ao tema, como lead time, qualidade final do produto e custos.

Foram desenvolvidos e fabricados lotes piloto, onde estes serviram de embasamento para a avaliação dos resultados. Além disso, o lote piloto pôde ser utilizado em moldes fabricados na empresa, reduzindo assim qualquer forma de desperdício.

Foi possível desenvolver métodos de fabricação tanto para método interno quanto para o externo, deixando ambos os processos registrados e bem definidos, possibilitando o seu uso a qualquer momento em que a empresa desejar.

Validou-se a efetividade em desenvolver padrões para componentes, atendendo ao que era esperado, reduzindo o lead time em relação à forma atual. Além disso, os critérios de qualidade desejados como montabilidade e precisão dimensional foram alcançados.

Durante o processo identificaram-se barreiras no processo, como a análise de ociosidade de máquinas na empresa versus a compra de componentes prontos do fornecedor, ou seja, ter recursos disponíveis na empresa e mesmo assim comprar os componentes prontos do fornecedor. Conclui-se que como os custos fixos são de 65%, no momento que os recursos produtivos estão ociosos é vantajoso realizar a fabricação dos itens internamente.

Na produção do lote piloto, concluiu-se que a produção no método externo obteve um custo 5% menor que o método interno, além de obter uma redução média de 3 dias úteis no prazo final. Entretanto, realizando uma estimativa de 100 moldes por ano e considerando produção em escala, pôde-se chegar a uma redução de 14% para a fabricação das colunas e chapas de fechamento.

Portanto, concluiu-se que o trabalho desenvolvido contribuiu de forma significativa para o objetivo proposto, atendendo a todas as expectativas.

A padronização de componentes e desenvolvimento de fornecedores está em análise na empresa, com o objetivo de ser formalmente implementado nos próximos desenvolvimentos de moldes para injeção plástica. Durante a análise serão discutidas as barreiras encontradas e avaliado com o prosseguindo do trabalho ou não.

Levando em consideração o trabalho realizado e os resultados encontrados, sugere-se a realização de trabalhos futuros prosseguindo com a padronização para moldes de injeção plástica, ampliando a gama de componentes padronizados. Outro tema que poderá ser abordado é a análise dos tipos de aço utilizados e suas funcionalidades.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS (ABIMAQ). **Panorama 2020 - Indústria Brasileira de Máquinas e Equipamentos**. São Paulo, 2020. Disponível em: https://abimaq.org.br/pdfs/panoramas/panorama_2020.pdf. Acesso em: 12 mar. 2023

AZEVEDO, A. G. L. de. **Avaliação da técnica da dupla camada da recuperação de peças de aço ABNT 1045**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

BACCIN, B.M. **Padronização de um método para implantação de um programa de padronização de componentes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Vale dos Sinos. São Leopoldo, 2017.

CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro. LTC, 2017.

CARVALHO, A. R. T. et al. Estudo da influência da agitação e da severidade de têmpera do meio de resfriamento na determinação de velocidades críticas de têmpera. In: **Proceedings of the 10th brazilian congress of thermal sciences and engineering**, 10., 2004, Rio de Janeiro. Proceeding. Rio de Janeiro: ABCM, 2004.

COSTA, A. F. **Análise Comparativa de Ferramentas Revestidas por PVD e CVD no Torneamento do Aço ABNT 8620**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, São Paulo, 2016.

CUI, Y., *et al.* Analysis of Die Steel Selection for Large Plastic Injection Moulds. **Materials Science Forum**, 56-62, 2017.

DIAS, K. P. **Proposta de modelo para a gestão do conhecimento no projeto de moldes de injeção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

DINIZ, A.E.; MARCONDES, F.C.; COPPINI, N.L. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. São Paulo. Editora Artliber, 2014.

- DUYN, J. H. **Injection molding handbook**. 3rd ed. Editora McGraw-Hill, 2013.
- FERNANDES, J. L. **Projeto de moldes de injeção plástica**. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2018.
- HARADA, J. **Moldes para Injeção de Termoplásticos – Projetos e Princípios Básicos**. São Paulo: Artiber, 2004.
- HERRMANN JUNIOR, P. S. P. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. São Paulo. Editora Prentice Hall, 2004.
- INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION ISO 9182-2 **Tools for pressing – Guide Pillars**. Part 2: Type A, straight pillars. Genève – 2012.
- KUKREJA, L. M., et al. Enhancing the Tool Life of AISI H13 Steel Using Surface Modification Techniques. **Materials Today: Proceedings**, 23, 1103-1108, 2020.
- MALLOY, R. A. **Mold Design and Construction Fundamentals**. 1st ed. Norwich, NY: William Andrew, 2008.
- MALLOY, R. A. **Plastic part design for injection molding: An introduction**. 2nd ed. 2010. Massachusetts, EUA.
- MEI, P. R. **Aços e Ligas para Ferramentas**. São Paulo: Artiber, 2009.
- MENGES, G.; MICHAELI, W.; MOHREN, P. **How to make injection molds**. 3rd ed. Aquisgrana, Alemanha. 1999.
- REES, H. **Mold engineering**. Hanser/Gardner, 2002.
- ROSATO, D. V.; ROSATO, D. V.; ROSATO M. G. **Injection molding handbook**. 3rd ed. Massachusetts, EUA. 2020.
- ROSATO, D.V.; ROSATO, M.G. **Plastics processing data handbook**. 2nd ed. Massachusetts, EUA. 1997.
- SACCHELLI, C. M. **Sistematização do processo de desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SARAIVA, P.A.C. **Projeto de um molde de injeção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Concessão e Desenvolvimento do Produto) - Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria. Leiria, Portugal. 2016.

ZHANG, S., *et al.* Effect of Shot Peening on Fatigue Behavior of AISI H13 Tool Steel for Mold Manufacturing. **Journal of Materials Engineering and Performance**, 28(1), 109-117. 2019.