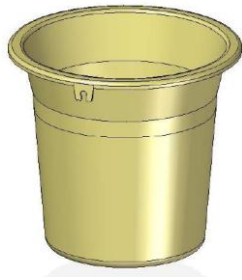


# Projetos de Moldes de Injeção para Polímeros

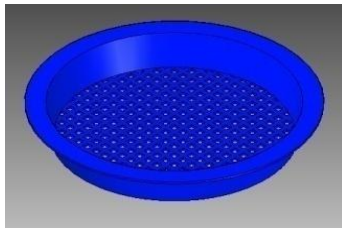
Disciplina: SEM0407 – Introdução ao Projeto e à Manufatura  
Professores: Jaime G. Duduch e Renato G. Jasinevicius



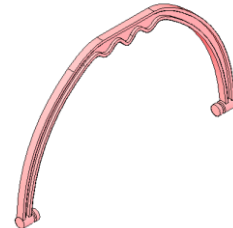
Balde (PMMA)



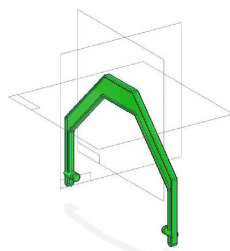
Balde (PC)



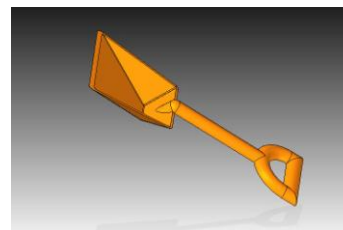
Peneira (POM)



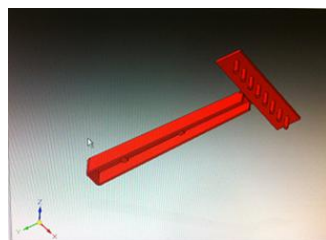
Alça (PEAD)



Alça (PP)



Pá (PS)



Rastelo (ABS)

# Aspectos Gerais do Trabalho

---

O objetivo do trabalho proposto, de maneira geral, foi o de fazer com que os alunos da disciplina SEM0407 – Introdução ao Projeto e à Manufatura tivessem um contato inicial com o processo de fabricação por injeção de peças com materiais poliméricos. Para isso, a sala foi dividida em grupos com cerca de quatro pessoas, e a cada grupo foi fornecido um produto, que deveria servir de modelo para o trabalho. Também, para cada grupo foi designado um polímero diferente, o qual deveria ser a matéria-prima de fabricação da peça determinada. As peças eram as seguintes: dois baldes, duas alças, uma peneira, uma pá e um rastelo, que faziam parte de conjuntos infantis. Neste trabalho, constam as informações acerca do projeto de todos os moldes, separadamente.

Para o trabalho, foi necessária a obtenção de diversos tipos de informações, desde as dimensões da peça e o material do qual se tratava o modelo, até os parâmetros necessários para definição das condições de processamento do material na injetora que deverá ser utilizada e a pesquisa do tipo de material apropriado para as partes do molde.

Os parâmetros necessários para definição das condições de processamento estão relacionados abaixo, e seus cálculos estão indicados nos respectivos projetos.

- Capacidade de plastificação para o material em questão;
- Capacidade de injeção para o material em questão;
- Quantidade de material por ciclo;
- Força de fechamento;
- Pressão exercida sobre o molde devido ao fechamento;
- Quantidade de água utilizada para resfriamento.

Ao final do trabalho, encontra-se uma tabela em anexo com os valores de todos os dados de projeto calculados no trabalho, para cada uma das peças citadas acima.

## O Processo de Injeção

---

O processo de moldagem por injeção é uma técnica de moldagem que consiste basicamente em forçar, através de uma rosca simples (monorosca), a entrada de material fundido para o interior da cavidade de um molde. Este processo é muito complexo em função do número de variáveis que afetam a qualidade da peça injetada. De modo a obter-se um processo de moldagem por injeção estável e peças com a qualidade desejada é necessário haver um equilíbrio entre os parâmetros de injeção como tempo de injeção, temperatura do molde e do material injetado, pressão de injeção e recalque, tempo de resfriamento, volume do material injetado, dentre outros. Atualmente as peças moldadas por injeção são usadas em larga escala pela indústria e estão presentes no interior de automóveis, nos gabinetes eletrônicos, nos equipamentos médicos etc.

Os equipamentos convencionais de moldagem por injeção são compostos basicamente por um funil de alimentação, um cilindro de plastificação, uma rosca sem fim (alojada dentro do cilindro) e um molde. As roscas possuem um anel de bloqueio que tem por finalidade permitir passagem do material fundido no momento da dosagem e impedir o retorno desse material quando ocorre a aplicação da pressão de injeção. O termoplástico, geralmente em forma de grãos, é alimentado através do funil e forçado a entrar no cilindro de plastificação. O cilindro é equipado com resistências elétricas que promovem a condução de calor, e combinadas com o atrito gerado pela rotação da rosca sem fim no interior do cilindro fundem o plástico, permitindo que ele seja injetado na cavidade do molde, conferindo forma final à peça.

A moldagem por injeção é um processo dinâmico e cíclico que pode ser dividido, simplificada, em seis etapas sucessivas: fechamento do molde, dosagem, preenchimento, recalque, resfriamento e extração.

**Fechamento do molde:** o ciclo de moldagem é iniciado pelo fechamento e travamento do molde, necessário para suportar a altíssima pressão no interior da cavidade no momento da injeção. Os equipamentos atuais de injeção variam este valor desde 30 toneladas até mais de 1000 toneladas;

**Dosagem:** consiste na plastificação e homogeneização do composto no cilindro de injeção, obtidas por meio do movimento de rotação da rosca e do aquecimento do cilindro por resistências elétricas. Os parâmetros importantes a serem levados em consideração para esta etapa são temperatura do cilindro, velocidade de rotação da rosca e contrapressão da rosca;

**Preenchimento:** injeção do polímero fundido para o interior da cavidade do molde por meio do movimento linear de da rosca e bloqueio do contrafluxo pela ação do anel de bloqueio. Quando a camada do plástico entra em contato com as superfícies frias da cavidade do molde, ela se esfria rapidamente, enquanto o núcleo central continua fundido. O material adicional que entra na cavidade flui ao longo da linha do canal enquanto as paredes da cavidade revestidas por termoplástico já estão solidificadas. Os principais parâmetros nesta etapa são pressão de injeção, velocidade de injeção e dimensionamento dos pontos de injeção da cavidade do molde;

**Recalque:** finalizando o preenchimento das cavidades com volume de fundido maior que volume real da cavidade, a pressão nas paredes da mesma é mantida constante até a solidificação da peça. Esta manutenção da pressão nas cavidades é conhecida como recalque, e se destina a compensar a contração da peça moldada durante seu resfriamento, evitando a ocorrência de defeitos de moldagem como os chamados “rechupes” e outras imperfeições, bem como perda de parâmetros dimensionais. O nível de pressão de recalque determina quanto material foi adicionado a mais do que o necessário para o completo preenchimento do molde. Uma regra básica define que a dosagem deve incluir um volume entre 5 a 10% maior que o necessário para o completo preenchimento da cavidade;

**Resfriamento:** finalizada a etapa de recalque a peça é mantida no molde fechado, para resfriamento e, conseqüentemente, para complementação da sua solidificação. Para moldes metálicos, o tempo necessário para que a peça seja extraída sem apresentar deformações significativas corresponde ao tempo de resfriamento. Neste caso, tempos de resfriamento longos são indesejáveis, pois diminui a produtividade do processo. Quando refere-se a injeção em moldes de estereolitografia, o tempo de resfriamento recebe uma conotação diferente. Como se trata de um processo utilizado para fabricação de pequenos lotes de peças, o fator produtividade é secundário. Assim, deve-se considerar fundamentalmente a influência desta variável na vida útil dos insertos SL, a fim de garantir que um maior número de peças possam ser injetadas;

**Extração:** encerrada a etapa de resfriamento o molde é aberto e a peça extraída por ação de extratores mecânicos, hidráulicos, elétricos, pneumáticos, que são definidos de acordo com a concepção do molde e a geometria da peça. Quando se trata de injeção em insertos SL, a força de extração pode ser significativa para a vida útil dos mesmos. Os efeitos combinados de temperatura e esforços de extração podem provocar a ruptura generalizada de insertos SL. As forças de extração que atuam nos insertos SL dependem basicamente dos parâmetros de processo, da geometria da peça e das propriedades dos materiais do inserto e do moldado.

# Projeto: Molde de Injeção de PMMA para Fabricação de um Balde

---

**Grupo: Ana Paula M. Nozaki, Bruna Callegari, Joaquim M. J. Netto, Tamiris de P. Anjoletto**

## Objetivos

Este trabalho visa ao projeto de um molde destinado à fabricação de um baldinho de praia de polimetilmetacrilato (ou PMMA) por injeção. Foram realizadas todas as etapas de um projeto, como dimensionamento do molde, desenho, cálculo dos parâmetros referentes à máquina, determinação de material a ser utilizado e orçamento, além de simulação auxiliada por computador.

## Procedimentos

O primeiro passo realizado consistiu na verificação das características de um modelo do produto. Com o auxílio de um paquímetro, foram aferidas todas as dimensões do balde fornecido. Com o auxílio de uma balança comum de bancada, foi verificada a sua massa. Para a determinação do volume médio, foi realizado um teste simples segundo o princípio de Arquimedes. Para que se pudesse ter uma idéia do material utilizado no modelo, foi empregada a técnica de espectroscopia no infravermelho (IV), realizada em um dos laboratórios do Departamento de Engenharia de Materiais.

A partir desses dados, iniciou-se o projeto do molde. O desenho dos componentes foi feito com o auxílio do computador, sendo utilizado o software Solid Edge ST3, da Siemens. Os componentes incluem, além da cavidade, as placas de fixação, pinos guias, anel de centragem, bucha de injeção e canais de resfriamento, além de insertos metálicos.

Definido o projeto do molde, passou-se ao seu processo de fabricação. Foram determinadas as operações de usinagem que deveriam ser utilizadas, sendo descritas segundo normas de desenho técnico mecânico. Também, foi descrito o ferramental de usinagem requerido para os processos.

Paralelamente, foram realizados cálculos teóricos dos parâmetros necessários para verificação das condições de processamento do material na injetora que deverá ser utilizada. Os parâmetros calculados foram capacidade de plastificação e capacidade de injeção para o material em questão (PMMA), quantidade de material por ciclo, força de fechamento, pressão exercida sobre o molde devido ao fechamento e quantidade de água utilizada para resfriamento.

O material do molde foi escolhido com base numa tabela orientativa, sendo levado em consideração também o orçamento levantado.

## Resultados e Discussão

Os preços dos blocos dos aços considerados, nas dimensões descritas nos processos de usinagem, foram de R\$2000,00 (ABNT 1020) e R\$2180,00 (ABNT 1045). Como a diferença de custo não é elevada, optou-se pela escolha do aço ABNT 1045, por apresentar melhores propriedades, em relação às características citadas anteriormente.

As dimensões do balde são mostradas no desenho da Figura 1. A massa do modelo era de aproximadamente 45 g e seu volume cerca de 50 mL. A partir da espectroscopia no infravermelho foi verificado que o modelo era em sua maior parte composto por polipropileno (PP).

Os desenhos do balde em 3D (Figura 2), do macho (Figura 3), da fêmea (Figura 4), do conjunto em corte (Figura 5) e vista explodida (Figura 6) estão anexadas ao fim deste trabalho. As dimensões do macho e da fêmea estão especificadas nos seus respectivos desenhos técnicos.

As descrições dos processos de usinagem são seguidas por croquis esquemáticos. O processo de usinagem do macho corresponde à Figura 7, da fêmea, à Figura 8 e do anel de centragem, à Figura 9. O ferramental de usinagem requerido é listado abaixo:

- Fresa de topo
  - Fresa de topo esférico
  - Macho para rosqueamento M8
  - Macho para rosqueamento M14
  - Macho para rosqueamento M15
  - Macho para rosqueamento M16
  - Pinças de fixação

Com relação aos cálculos, os dados necessários e os próprios cálculos estão descritos abaixo:

#### **Características da injetora**

Capacidade de plastificação (PS) - 19g/s

Força de fechamento - 80 ton = 784,8 kN

#### **Capacidade da máquina para PMMA**

	<b>PMMA</b>	<b>PS</b>
<b>Calor específico</b>	1466 J/Kg.K	1300 J/Kg.K
<b>Densidade</b>	1185 Kg/m <sup>3</sup>	1045 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Fator volumétrico</b>	1,9	2,025
<b>Temperatura de injeção</b>	200 – 250 °C	100 °C

Tabela 1: Propriedades físicas do PMMA e do PS.

#### **Capacidade de plastificação da injetora (ao processar PMMA):**

- Quantidade de material que a injetora tem capacidade de levar à temperatura de moldagem em uma hora, sendo expressa em g/s. É dado por:

$$C_p = C_{pp} \times (Q_p/Q)$$

onde

- $C_{pp}$ : é a capacidade de plastificação do material padrão (PS) em g/s
- $Q_p$ : é a quantidade de calor específico do poliestireno (J/Kg.K)
- $Q$ : é a quantidade de calor específico do material em consideração. (J/Kg.K)

$$C_p = 19 \times (1300/1466)$$

$$C_p = 16,85 \text{ g/s}$$

#### **Capacidade de injeção**

- Máxima quantidade de material que pode ser injetado de uma vez, expresso em gramas. É dado por:

$$C_i = C_p \times (d/d_p) \times (V_p/V)$$

onde

- $C_i$ : capacidade de injeção para um material qualquer (gramas)

- $C_p$ : capacidade de injeção para o material padrão (gramas)
- $d$ : densidade do material qualquer ( $\text{g/cm}^3$ )
- $d_p$ : densidade do material padrão ( $\text{g/cm}^3$ )
- $V_p$ : fator volumétrico do material padrão
- $V$ : fator volumétrico do material qualquer

$$C_i = 19 \times (1185/1045) \times (2,025/1,9)$$

$$C_i = 22,93 \text{ g}$$

Observando-se os valores de  $C_p$  e  $C_i$ , é possível verificar que o que irá limitar o processo é a capacidade de plastificação da injetora. Dessa forma, considerando que a eficiência da injetora é de 60%, a capacidade de plastificação efetivo é:

$$C_p = 0,6 \times 16,85$$

$$C_p = 10,11 \text{ g/s, o que equivale a } 36,4 \text{ Kg/h.}$$

### **Requisitos de produção**

Devido à inexperiência dos projetistas, foi considerado que o ciclo completo dura aproximadamente um minuto.

$$- 1 \text{ peça/ciclo} = 1 \text{ peça/min}$$

Com o auxílio do Solid Edge, foi obtido a aproximação do volume total (peça + canal de alimentação):

$$- \text{volume total} = 45362 \text{ mm}^3$$

e a partir da densidade teórica do PMMA, foi obtido uma aproximação da massa que seria utilizada para o preenchimento do molde:

$$- \text{massa total} = 54\text{g/ciclo}$$

o que corresponde a um consumo de

$$- \text{consumo} = 3,24 \text{ Kg/h}$$

Como foi calculada anteriormente, a capacidade de plastificação da injetora é de 36,4Kg/h, valor 1124% maior que o consumo, sendo, portanto, viável o uso dessa injetora.

### **Força de fechamento**

- Força necessária para garantir que as duas metades da ferramenta permaneçam fechadas no momento que o material plástico é injetado no interior da cavidade de modo que possa haver uma boa compactação do material e evitar a formação de rebarbas devido ao recuo do ferramental. É dado por

$$F = [A_m] \times [P_i]$$

onde

- $F$ : força de fechamento
- $A_m$ : área projetada das moldagens
- $P_i$ : pressão de injeção

Sendo que a área projetada das moldagens foi obtida com o auxílio do Solid Edge e a pressão de injeção é tabelado de acordo com a injetora escolhida.

$$F = 135 \times 510$$

$$F = 68850 \text{ kgf} = 675,42 \text{ KN}$$

Como a força de fechamento limite da máquina é de 784,8 KN, o valor calculado é plenamente suficiente para o serviço.

### **Tensão sobre o molde**

Considerando que a força de fechamento atue principalmente sobre o macho e a fêmea e que a área da interface de contato entre eles é a menor área de aplicação dessa força (sendo, portanto a região de maior tensão), a tensão dessa região foi calculada para se verificar se o material escolhido suportaria.

$$\sigma = F/A$$

- $\sigma$ : tensão (Pa)
- F: força de fechamento
- A: área de contato entre macho e fêmea

$$A = 250 \times 250 - (\pi \times 74,5^2 + 4 \times \pi \times 13^2)$$

$$A = 42,94 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\sigma = 675,42 / (42,94 \times 10^{-3})$$

$$\sigma = 15,73 \text{ MPa}$$

Considerando que a tensão de escoamento de um aço estrutural é em torno de 250MPa, não ocorrerá falha devido a força de fechamento.

### **Resfriamento dos moldes**

$$Q = m \times c \times (T_1 - T_2)$$

onde

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora (J/h)
- m: massa do material (Kg/h)
- c: calor específico do material(J/Kg.K)
- $(T_1 - T_2)$ : variação da temperatura (K)

$$Q = 3,24 \times 1466 \times (230 - 60)$$

$$Q = 807,5 \text{ KJ/h}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = Q / (K \times T)$$

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora
- K: constante que leva em conta a eficiência da transmissão de calor
- T: variação de temperatura

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 807,5 / (0,1 \times 60)$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 135 \text{ kg/h} = 135 \text{ L/h} = 2,25 \text{ L/ciclo (L/min)}$$

Foi considerado que a água entra a 20°C e sai a 80°C. A constante K é tabelada e a considerada aqui corresponde a canais de resfriamento que empregam tubos de cobre.

# Anexo de imagens

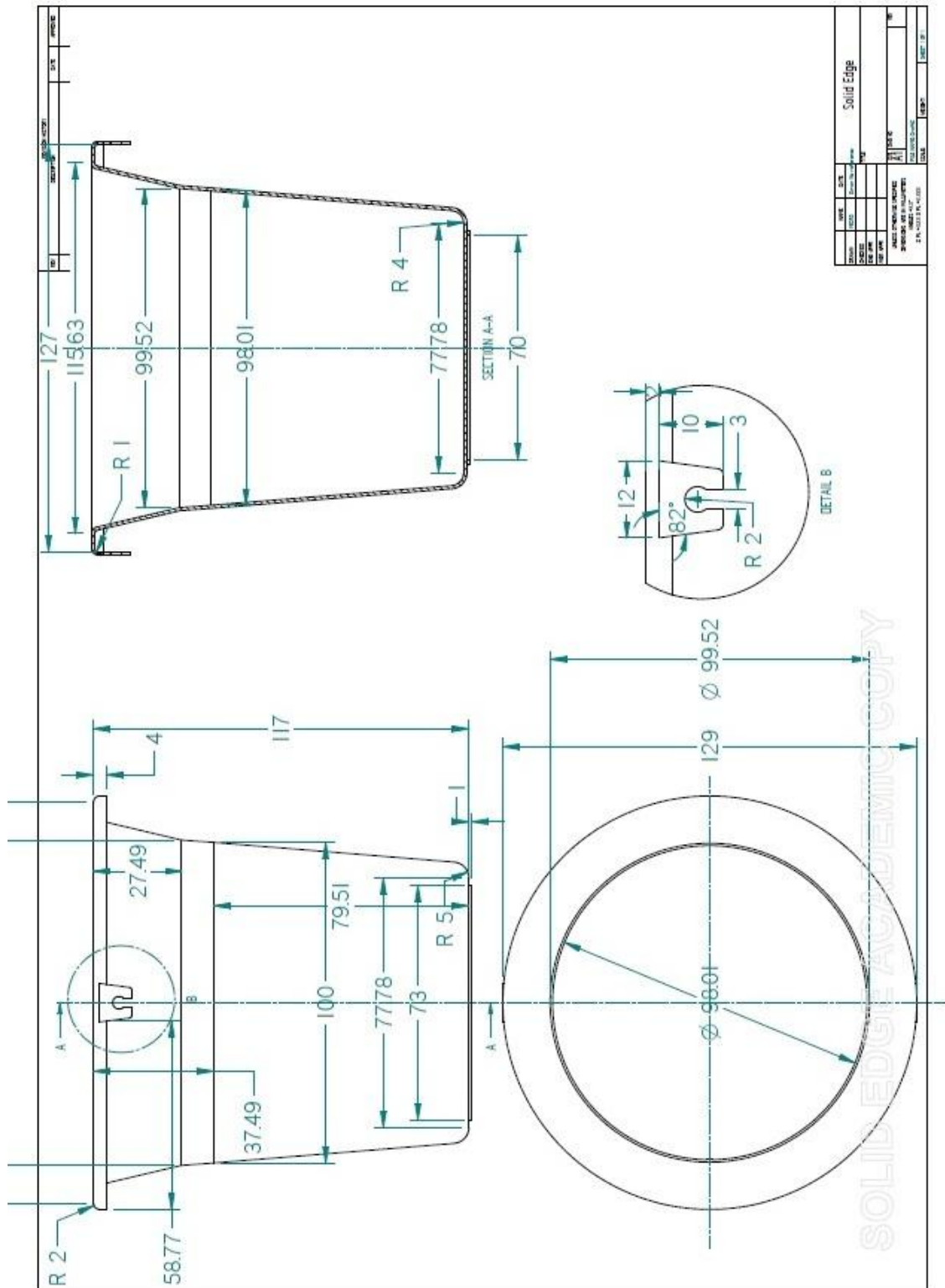


Figura 1: dimensões do balde.



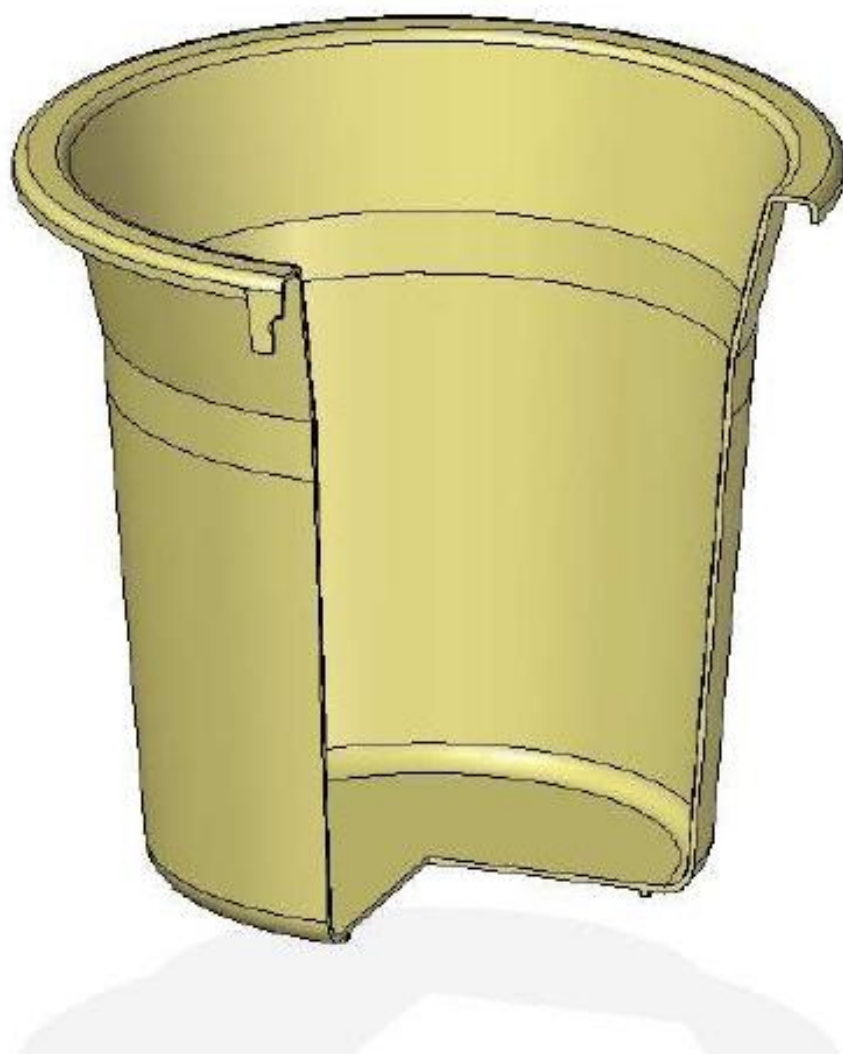


Figura 2: perspectiva 3D do balde em corte.





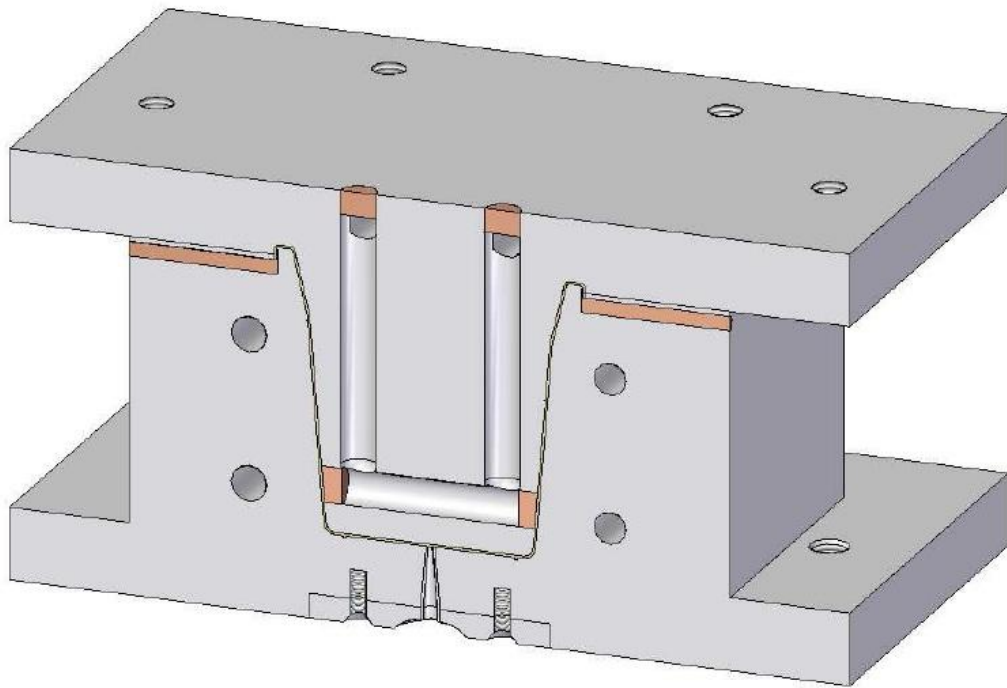


Figura 5: vista em corte do conjunto.

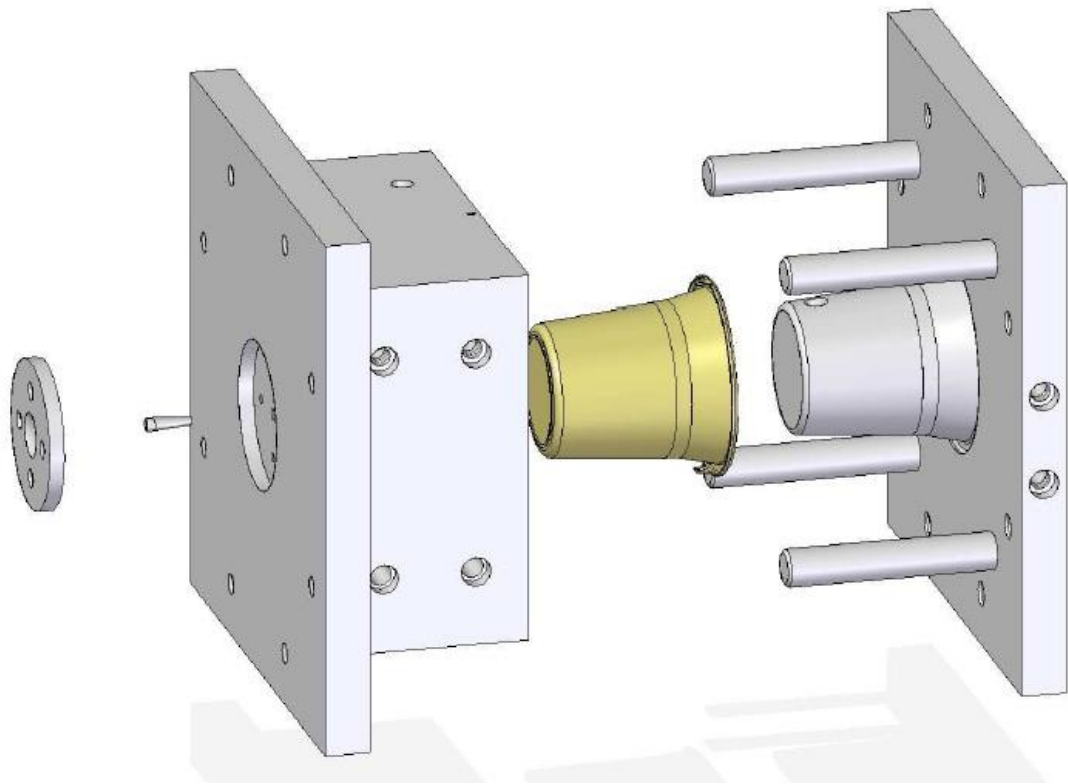
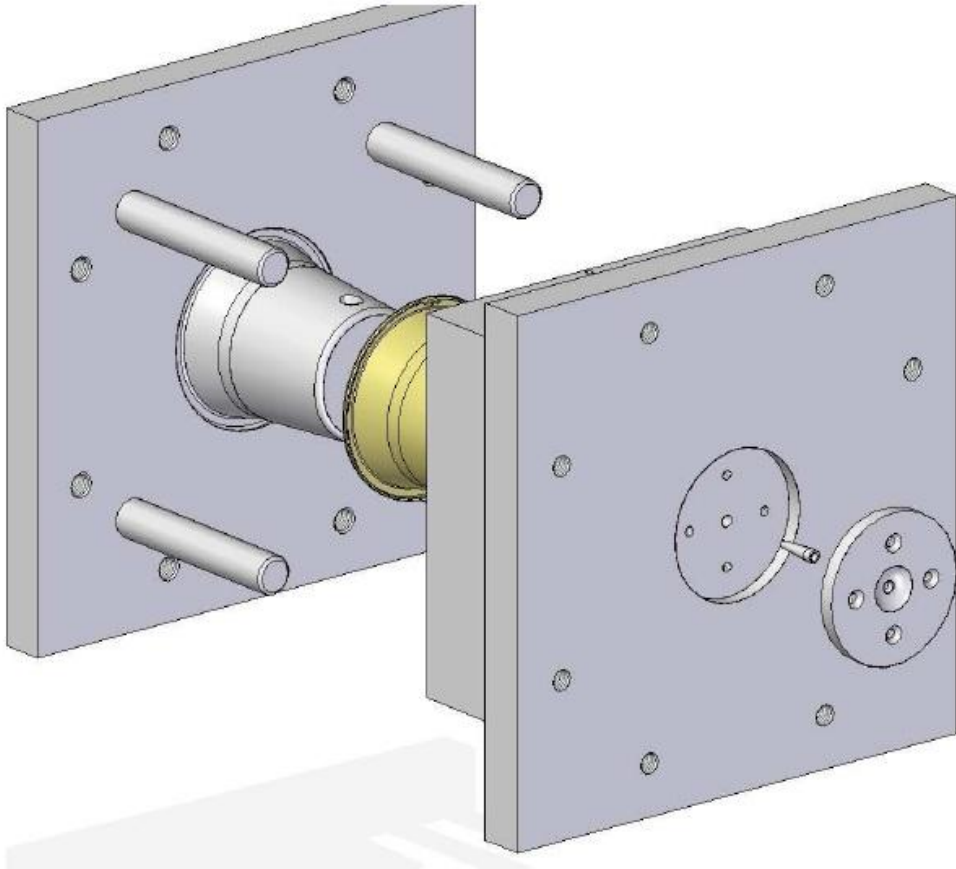
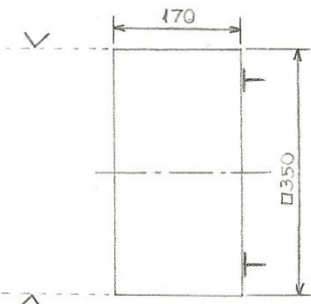
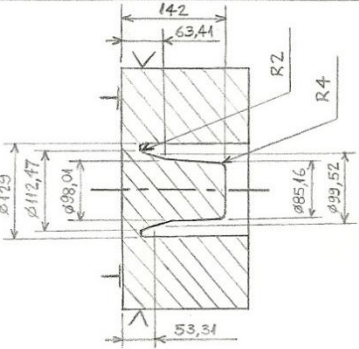
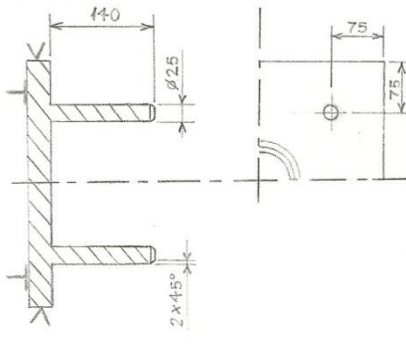
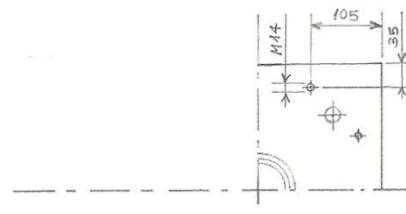
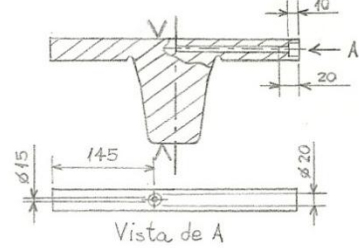


Figura 6: vistas do conjunto explodido.

OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO	MÁQUINA	
10	Alimentar com bloco de 350 mm x 350 mm x 180 mm, fixar com pinça e cortar com 170 mm.	Fresadora	
20	Realizar fresamento do perfil indicado na figura.	Fresadora Ferramenta: fresa de topo esférica	
30	Realizar fresamento de 4 eixos com $\varnothing 25 \times 140$ mm, com chanfros na extremidade de $2\text{mm} \times 45^\circ$ .	Fresadora Ferramenta: fresa de topo	
40	Fazer 8 furos passantes com $\varnothing 14$ mm e realizar rosca com rosca M14.	Fresadora	
50	Virar a peça em $90^\circ$ no sentido horário. Realizar rebaiço com $\varnothing 20 \times 10$ mm e, em seguida, um furo com $\varnothing 15$ mm até o centro da peça. Roscar extremidade do furo com M15 x 10 mm.	Fresadora	

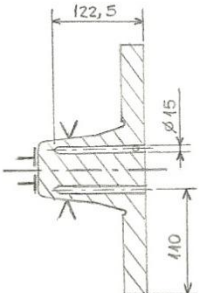
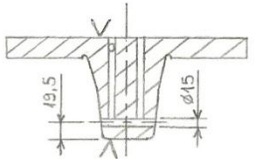

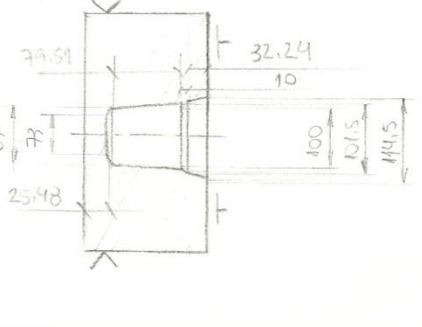
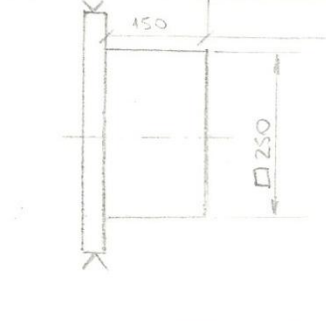
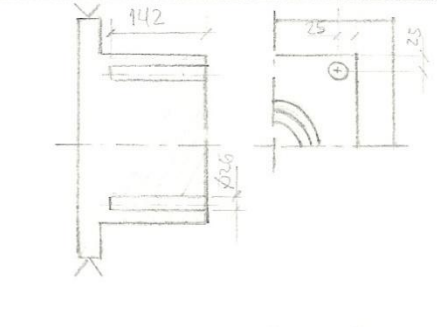
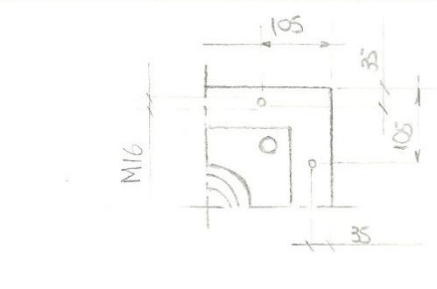
OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO	MÁQUINA	
60	Posicionar a peça como mostrado na figura. Realizar dois furos paralelos com $\varnothing 15 \times 122,5$ mm.	Fresadora	
70	Virar a peça em $90^\circ$ no sentido anti-horário. Realizar um furo passante com $\varnothing 15$ .	Fresadora	

Figura 7: processo de fabricação do macho.

Operação	Descrição	Máquina	
10	Alimentar máquina com bloco de 350 x 350 x 190 mm e fixar.	Fresadora	
20	Fresar cavidade a partir do perfil indicado. Fresamento de tipo cor-tresa de tipo esférico.	Fresadora	
30	Fresar extremidade com 250 x 250 x 150 mm fresamento de topo.	Fresadora.	
40	Fazer 4 furos com $\phi 26 \times 142$ mm nos locais indicados.	Fresadora	
50	Fazer 3 furos passantes com $\phi 16$ mm nos locais indicados. Rosquear os 8 furos com macho M16.	Fresadora	



Operação	Descrição	Máquina	
60	Virar peça e furar com $\phi 15 \times 200$ mm. Fazer rebaixo de $\phi 20 \times 10$ mm. Roscar furo com M15 x 10 mm.	Fresadora	
70	Virar peça $90^\circ$ no sentido anti-horário e furar com $\phi 15 \times 197$ mm.	Fresadora	
80	Virar peça e fazer rebaixo $\phi 100 \times 10$ mm. Furar no centro de acordo com o detalhe.	Fresadora	
90	Fazer 4 furos $\phi 8 \times 12$ mm de acordo com a figura. Roscar furos para M8.	Fresadora.	

Figura 8: processo de fabricação da fêmea.

Operação	Descrição	Máquina	
10	Alimentar torno com blanque de $\varnothing 100$ mm e cortar 10 mm	torno	
20	Fixar em uma fresadora	fresadora	
30	Furar com fresa de topo 5 furos de 8 mm de diâmetro, dispostos conforme a figura	fresadora	
40	Rosquear com macho M8 os quatro furos periféricos	fresadora	
50	Furar com fresa de topo esférico conforme a figura	fresadora	

Figura 9: processo de fabricação do anel de centragem.

# Projeto: Molde de Injeção de PC para Fabricação de um Balde

---

**Grupo: Matheus G. Santilli, Otávio Z. L. Ponce, Paulo C. Martins, Rafael A. Regattieri**

## Objetivos

Este trabalho visa projetar um molde destinado à fabricação de um baldinho de praia de policarbonato (ou PC) por injeção. Foram realizadas todas as etapas de um projeto, como dimensionamento do molde, desenho, cálculo dos parâmetros referentes à máquina, determinação de material a ser utilizado e orçamento, além de simulação auxiliada por computador.

## Procedimentos

O primeiro passo realizado foi a verificação das características de um modelo do produto. Com o auxílio de um paquímetro e uma balança, foram aferidas todas as dimensões e a massa do balde proposto. Para que se pudesse ter uma idéia do material utilizado no modelo, foi empregada uma técnica de espectroscopia no infravermelho (IV) realizada em um dos laboratórios do Departamento de Engenharia de Materiais.

A partir desses dados iniciou-se o projeto do molde. O desenho dos componentes foi feito com o auxílio do computador, sendo utilizado o software Solid Edge ST2, da Siemens. Os componentes incluem além da cavidade, as placas de fixação, espaço para bucha de injeção e canais de resfriamento.

Definido o projeto do molde, passou-se ao seu processo de fabricação. Foram determinadas as operações de usinagem e o ferramental de usinagem requerido.

Paralelamente, foram realizados cálculos teóricos dos parâmetros necessários para verificação das condições de processamento do material na injetora que deverá ser utilizada. Os parâmetros calculados foram capacidade de plastificação e capacidade de injeção para o material em questão (PC), quantidade de material por ciclo, força de fechamento, pressão exercida sobre o molde devido ao fechamento e quantidade de água utilizada para resfriamento.

## Resultados e Discussão

Foram cotados os preços dos blocos para fabricação do macho e da fêmea, com os aços ABNT 1020 e 1045. Para a fêmea (380x280x350 mm), os preços foram de R\$4350,00 para o aço ABNT 1020 e R\$4480,00 para o aço ABNT 1045. Para o macho (380x280x260 mm), os preços foram de R\$2750,00 para o aço ABNT 1020 e R\$2900,00 para o aço ABNT 1045.

Para a realização dos cálculos, os dados necessários e os próprios cálculos estão descritos abaixo:

### **Características da injetora**

Capacidade de plastificação (PS) - 19g/s

Força de fechamento - 80 ton = 784,8 kN

### Capacidade da máquina para PC

	<b>PC</b>	<b>PS</b>
<b>Calor específico</b>	1200 J/Kg.K	1300 J/Kg.K
<b>Densidade</b>	1,17 g/cm <sup>3</sup>	1,05 Kg/cm <sup>3</sup>
<b>Fator volumétrico</b>	1,75	2,025
<b>Temperatura de injeção</b>	150 – 130 °C	100 °C

Tabela 1: Propriedades físicas do PC e do PS.

### Capacidade de plastificação da injetora (ao processar PC):

- Quantidade de material que a injetora tem capacidade de levar à temperatura de moldagem em uma hora, sendo expressa em g/s. É dado por:

$$C_p = C_{pp} \times (Q_p/Q)$$

onde

- $C_{pp}$ : é a capacidade de plastificação do material padrão (PS) em g/s
- $Q_p$ : é a quantidade de calor específico do poliestireno (J/Kg.K)
- $Q$ : é a quantidade de calor específico do material em consideração. (J/Kg.K)

$$C_p = 19 \times (0,32/0,3)$$

$$C_p = 20,27 \text{ g/s}$$

### Capacidade de injeção

- Máxima quantidade de material que pode ser injetado de uma vez, expresso em gramas. É dado por:

$$C_i = C_p \times (d/d_p) \times (V_p/V)$$

onde

- $C_i$ : capacidade de injeção para um material qualquer (gramas)
- $C_p$ : capacidade de injeção para o material padrão (gramas)
- $d$ : densidade do material qualquer (g/cm<sup>3</sup>)
- $d_p$ : densidade do material padrão (g/cm<sup>3</sup>)
- $V_p$ : fator volumétrico do material padrão
- $V$ : fator volumétrico do material qualquer

$$C_i = 19 \times (1,17/1,05) \times (2,025/1,75)$$

$$C_i = 24,5 \text{ g}$$

Observando-se os valores de  $C_p$  e  $C_i$ , é possível verificar que o que irá limitar o processo é a capacidade de plastificação da injetora. Dessa forma, considerando que a eficiência da injetora é de 60%, a capacidade de plastificação efetivo é:

$$C_p = 0,6 \times 20,27$$

$$C_p = 12,162 \text{ g/s, o que equivale a } 43,78 \text{ Kg/h.}$$

### Requisitos de produção

Devido à inexperiência dos projetistas, foi considerado que o ciclo completo dura aproximadamente um minuto.

- 1 peça/ciclo = 1 peça/min

- massa total = 222,55g/ciclo

o que corresponde a um consumo de

- consumo = 13,35 Kg/h

Como foi calculada anteriormente, a capacidade de plastificação da injetora é de 43,78 Kg/h, valor 327,94% maior que o consumo, sendo, portanto, viável o uso dessa injetora.

### **Força de fechamento**

- Força necessária para garantir que as duas metades da ferramenta permaneçam fechadas no momento que o material plástico é injetado no interior da cavidade de modo que possa haver uma boa compactação do material e evitar a formação de rebarbas devido ao recuo do ferramental. É dado por

$$F = [A_m] \times [P_i]$$

onde

- F: força de fechamento
- $A_m$ : área projetada das moldagens
- $P_i$ : pressão de injeção

Sendo que a área projetada das moldagens foi obtida com o auxílio do Solid Edge e a pressão de injeção é tabelado de acordo com a injetora escolhida.

$$F = 154 \times 155$$

$$F = 23870 \text{ kgf} = 234,08 \text{ KN}$$

Como a força de fechamento limite da máquina é de 784,8 KN, o valor calculado é plenamente suficiente para o serviço.

### **Tensão sobre o molde**

Considerando que a força de fechamento atue principalmente sobre o macho e a fêmea e que a área da interface de contato entre eles é a menor área de aplicação dessa força (sendo, portanto a região de maior tensão), a tensão dessa região foi calculada para se verificar se o material escolhido suportaria.

$$\sigma = F/A$$

- $\sigma$ : tensão (Pa)
- F: força de fechamento
- A: área de contato entre macho e fêmea

$$A = 70409,74 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = 234,08 / (0,07040974)$$

$$\sigma = 2,46 \text{ MPa}$$

Considerando que a tensão de escoamento de um aço estrutural é em torno de 250MPa, não ocorrerá falha devido a força de fechamento.

### **Resfriamento dos moldes**

$$Q = m \times c \times (T_1 - T_2)$$

onde

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora (J/h)
- m: massa do material (Kg/h)
- c: calor específico do material (J/Kg.K)
- $(T_1 - T_2)$ : variação da temperatura (K)

$$Q = 13,35 \times 1200 \times (145 - 85)$$

$$Q = 961,2 \text{ KJ/h}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = Q / (K \times T)$$

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora
- K: constante que leva em conta a eficiência da transmissão de calor
- T: variação de temperatura

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 961,2 / (0,1 \times 60)$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 160,2 \text{ kg/h}$$

A constante K é tabelada e a considerada aqui corresponde a canais de resfriamento que empregam tubos de cobre.

Os processos de fabricação para o macho e a fêmea são descritos a seguir:

Usinagem da fêmea:

- 1)Furação da peça atravessando ela
- 2)Alargamento cilíndrico da cavidade
- 3)Torneamento cilíndrico interno da cavidade
- 4)Fresamento de topo da aba e da orelha
- 5)Furação para encaixe na extrusora
- 6)Retificação da parte interna(em contato com o polímero)

Usinagem do macho:

- 1)Torneamento cilíndrico externo do perfil do macho
- 2)Fresamento de topo da aba
- 3)Furação para encaixe na extrusora
- 4)Furação dos canais de resfriamento
- 5)Soldagem do furo extra
- 6)Retificação da parte externa (em contato com o polímero)

## Anexo de imagens



Figura 1: vista em corte do balde.

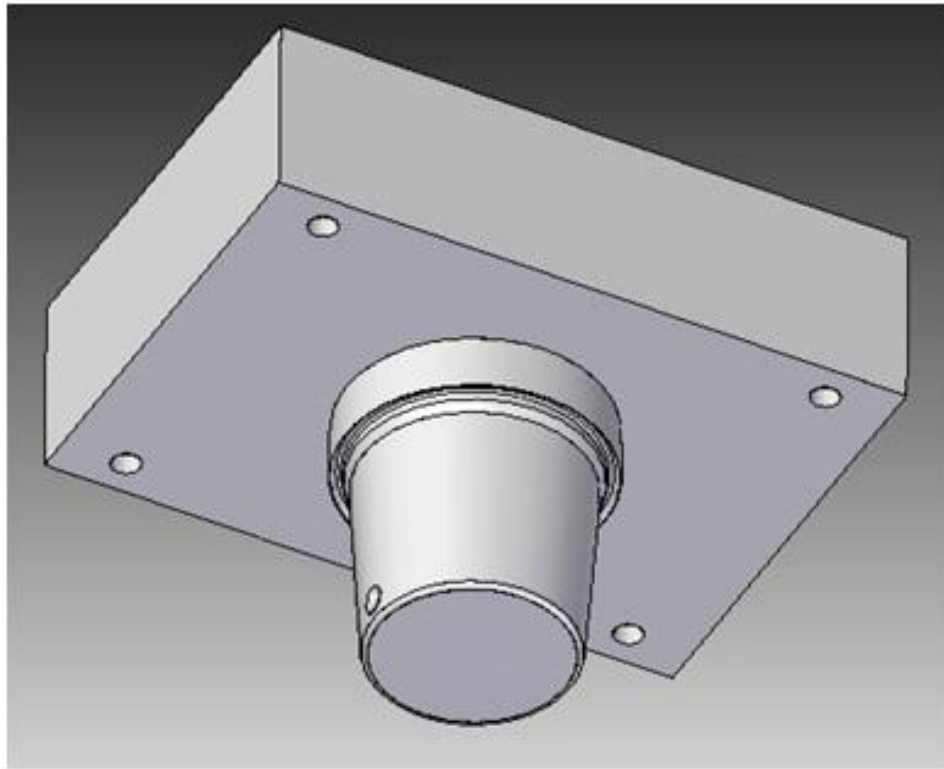


Figura 2: macho.

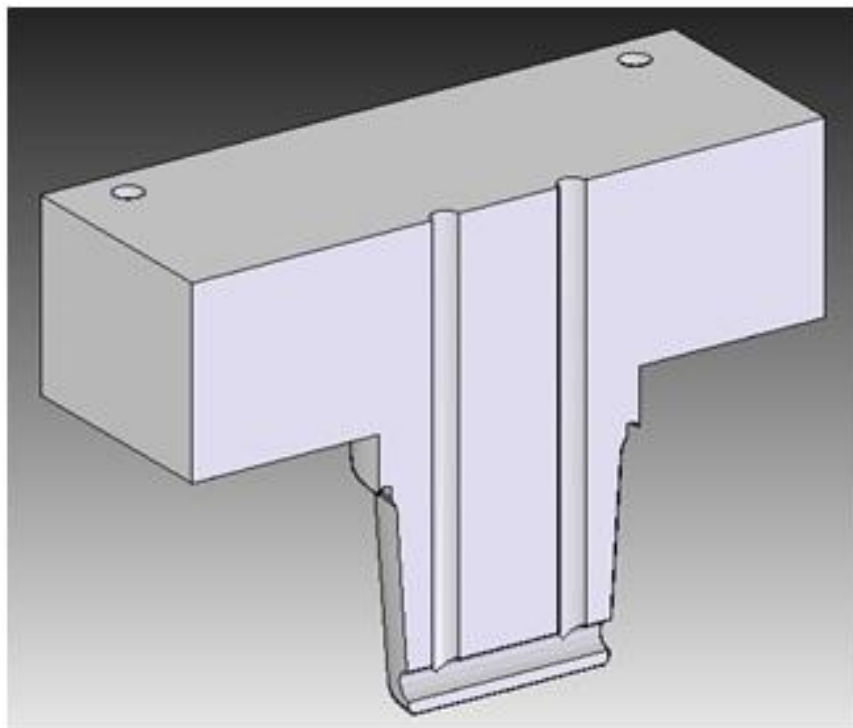


Figura 3: macho em corte.



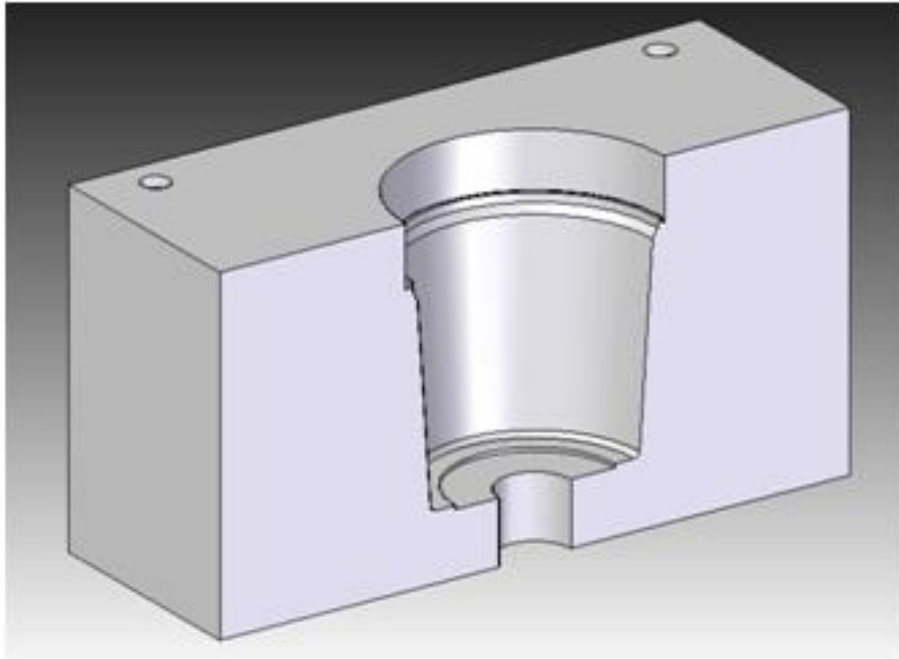


Figura 4: fêmea em corte.

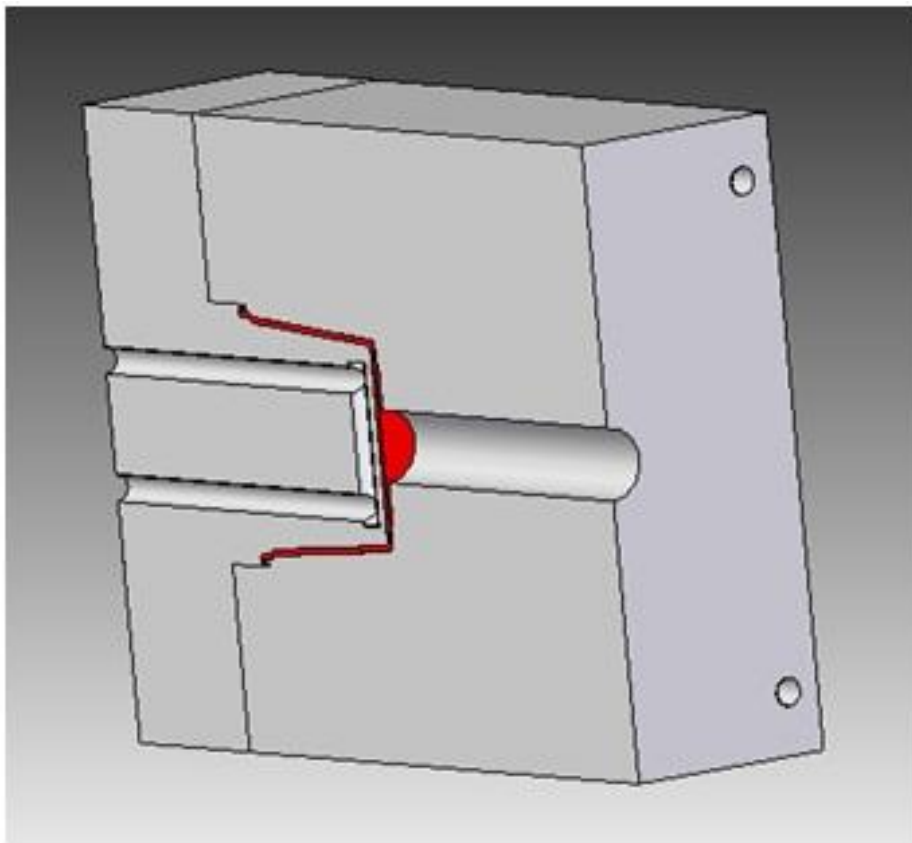


Figura 5: conjunto em corte.

# Projeto: Molde de Injeção de POM para Fabricação de uma Peneira

---

**Grupo: Douglas G. Soares, Heitor H. C. Carneiro, Matheus R. Sian, Renan A. Orelli**

## Objetivos

Este trabalho visa projetar um molde destinado à fabricação de uma peneira de poliacetal (POM) por injeção, realizando todas as etapas de um projeto, como dimensionamento do molde, desenho, cálculo dos parâmetros referentes à máquina, determinação de material a ser utilizado e orçamento, além de simulação auxiliada por computador.

## Procedimentos

O primeiro passo realizado foi a verificação das características de um modelo do produto. Com o auxílio de um paquímetro, foram aferidas todas as dimensões da peneira proposta. Com o auxílio de uma balança comum de bancada, foi verificada a sua massa. Para a determinação do volume médio, foi realizado um teste simples segundo o princípio de Arquimedes. Para que se pudesse ter uma idéia do material utilizado no modelo, foi empregada uma técnica de espectroscopia no infravermelho (IV) realizada em um dos laboratórios do Departamento de Engenharia de Materiais.

A partir desses dados iniciou-se o projeto do molde. O desenho dos componentes foi feito com o auxílio do computador, sendo utilizado o software Solid Edge ST2, da Siemens.

Definido o projeto do molde, passou-se ao seu processo de fabricação. Foram determinadas as operações de usinagem que deveriam ser utilizadas, sendo descritas segundo normas de desenho técnico mecânico. Também foi descrito o ferramental de usinagem requerido.

Paralelamente, foram realizados cálculos teóricos dos parâmetros necessários para verificação das condições de processamento do material na injetora que deverá ser utilizada. Os parâmetros calculados foram capacidade de plastificação e capacidade de injeção para o material em questão (PMMA), quantidade de material por ciclo, força de fechamento, pressão exercida sobre o molde devido ao fechamento e quantidade de água utilizada para resfriamento.

O material do molde foi escolhido com base numa tabela orientativa, sendo levado em consideração também o orçamento levantado.

## Resultados e Discussão

Para confecção das partes do molde, será usado aço ABNT 1045 sem tratamento térmico, e para a bucha, aço cromo-níquel ABNT 3310 com tratamentos térmicos de cementação e têmpera. O preço total do bloco de aço é de R\$1305,00. Os desenhos da peneira, bem como as vistas isométricas e explodida das partes do molde estão anexadas ao fim deste trabalho. As dimensões do macho e da fêmea estão especificadas nos seus respectivos desenhos técnicos.

As descrições dos processos de usinagem são seguidas por croquis esquemáticos. O ferramental de usinagem requerido é listado abaixo:

- Torno
- Fresa de topo
- Furadeira
- Serra circular

Com relação aos cálculos, os dados necessários e os próprios cálculos estão descritos abaixo:

### **Características da injetora**

Capacidade de plastificação (PS) - 19g/s

Força de fechamento - 80 ton = 784,8 kN

### **Capacidade da máquina para POM**

	<b>POM</b>	<b>PS</b>
<b>Calor específico</b>	1423,512 J/Kg.K	1300 J/Kg.K
<b>Densidade</b>	1410 Kg/m <sup>3</sup>	1045 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Fator volumétrico</b>	2	2,025
<b>Temperatura de injeção</b>	220°C	100 °C

Tabela 1: Propriedades físicas do POM e do PS.

### **Capacidade de plastificação da injetora (ao processar POM):**

- Quantidade de material que a injetora tem capacidade de levar à temperatura de moldagem em uma hora, sendo expressa em g/s. É dado por:

$$C_p = C_{pp} \times (Q_p/Q)$$

onde

- $C_{pp}$ : é a capacidade de plastificação do material padrão (PS) em g/s
- $Q_p$ : é a quantidade de calor específico do poliestireno (J/Kg.K)
- $Q$ : é a quantidade de calor específico do material em consideração. (J/Kg.K)

$$C_p = 19,66 \text{ g/s}$$

### **Capacidade de injeção**

- Máxima quantidade de material que pode ser injetado de uma vez, expresso em gramas. É dado por:

$$C_i = C_p \times (d/d_p) \times (V_p/V)$$

onde

- $C_i$ : capacidade de injeção para um material qualquer (gramas)
- $C_p$ : capacidade de injeção para o material padrão (gramas)
- $d$ : densidade do material qualquer (g/cm<sup>3</sup>)
- $d_p$ : densidade do material padrão (g/cm<sup>3</sup>)
- $V_p$ : fator volumétrico do material padrão
- $V$ : fator volumétrico do material qualquer

$$C_i = 26,93 \text{ g}$$

Observando-se os valores de  $C_p$  e  $C_i$ , é possível verificar que o que irá limitar o processo é a capacidade de plastificação da injetora. Dessa forma, considerando que a eficiência da injetora é de 60%, a capacidade de plastificação efetivo é:

$$C_p = 0,6 \times 19,66$$

$$C_p = 11,796 \text{ g/s, o que equivale a } 42,4656 \text{ Kg/h.}$$

### **Requisitos de produção**

Devido à inexperiência dos projetistas, foi considerado que o ciclo completo dura aproximadamente um minuto.

- 1 peça/ciclo = 1 peça/min

Com o auxílio do Solid Edge, foi obtido a aproximação do volume total (peça + canal de alimentação):

- volume total = 278,59 cm<sup>3</sup>

e a partir da densidade teórica do POM, foi obtido uma aproximação da massa que seria utilizada para o preenchimento do molde:

- massa total = 39,13g/ciclo

o que corresponde a um consumo de

- consumo = 2,34 Kg/h

Como foi calculada anteriormente, a capacidade de plastificação da injetora é de 42,4656 Kg/h, valor 1807% maior que o consumo, sendo, portanto, viável o uso dessa injetora.

### **Força de fechamento**

- Força necessária para garantir que as duas metades da ferramenta permaneçam fechadas no momento que o material plástico é injetado no interior da cavidade de modo que possa haver uma boa compactação do material e evitar a formação de rebarbas devido ao recuo do ferramental. É dado por

$$F = [A_m] \times [P_i]$$

onde

- F: força de fechamento
- A<sub>m</sub>: área projetada das moldagens
- P<sub>i</sub>: pressão de injeção

Sendo que a área projetada das moldagens foi obtida com o auxílio do Solid Edge e a pressão de injeção é tabelado de acordo com a injetora escolhida.

$$F = 744,58 \text{ kN}$$

Como a força de fechamento limite da máquina é de 784,8 kN, o valor calculado é plenamente suficiente para o serviço.

### **Tensão sobre o molde**

Considerando que a força de fechamento atue principalmente sobre o macho e a fêmea e que a área da interface de contato entre eles é a menor área de aplicação dessa força (sendo, portanto a região de maior tensão), a tensão dessa região foi calculada para se verificar se o material escolhido suportaria.

$$\sigma = F/A$$

- $\sigma$ : tensão (Pa)
- F: força de fechamento
- A: área de contato entre macho e fêmea

$$\sigma = 17,34 \text{ MPa}$$

Considerando que a tensão de escoamento de um aço estrutural é em torno de 250 MPa, não ocorrerá falha devido a força de fechamento.

### **Resfriamento dos moldes**

$$Q = m \times c \times (T_1 - T_2)$$

onde

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora (J/h)
- m: massa do material (Kg/h)
- c: calor específico do material (J/Kg.K)

-  $(T_1 - T_2)$ : variação da temperatura (K)

$$Q = 399,722 \text{ kJ/h}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = Q/(K \times T)$$

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora

- K: constante que leva em conta a eficiência da transmissão de calor

- T: variação de temperatura

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 33,31 \text{ L/h}$$

Foi considerado que a água entra a 20°C e sai a 80°C. A constante K é tabelada e a considerada aqui corresponde a canais de resfriamento que empregam tubos de cobre.

## Observações

É importante notar que falta um sistema de refrigeração no molde; isso ocorreu por falta de orientação sobre como projetar os furos necessários para tal sistema no Solid Edge. Ele seria composto por uma série de furos que atravessariam o molde e teriam seus fins tapados por algum metal, provavelmente cobre. Por esses furos correria água, resfriando o molde durante a injeção. Devido ao fato de o molde ser muito fino, talvez o canal de alimentação seja um pouco curto, mas isso pode ser benéfico do ponto de vista de desperdício de material. Mesmo assim, foram realizados os cálculos para um sistema de refrigeração para o molde.

## Anexo de imagens

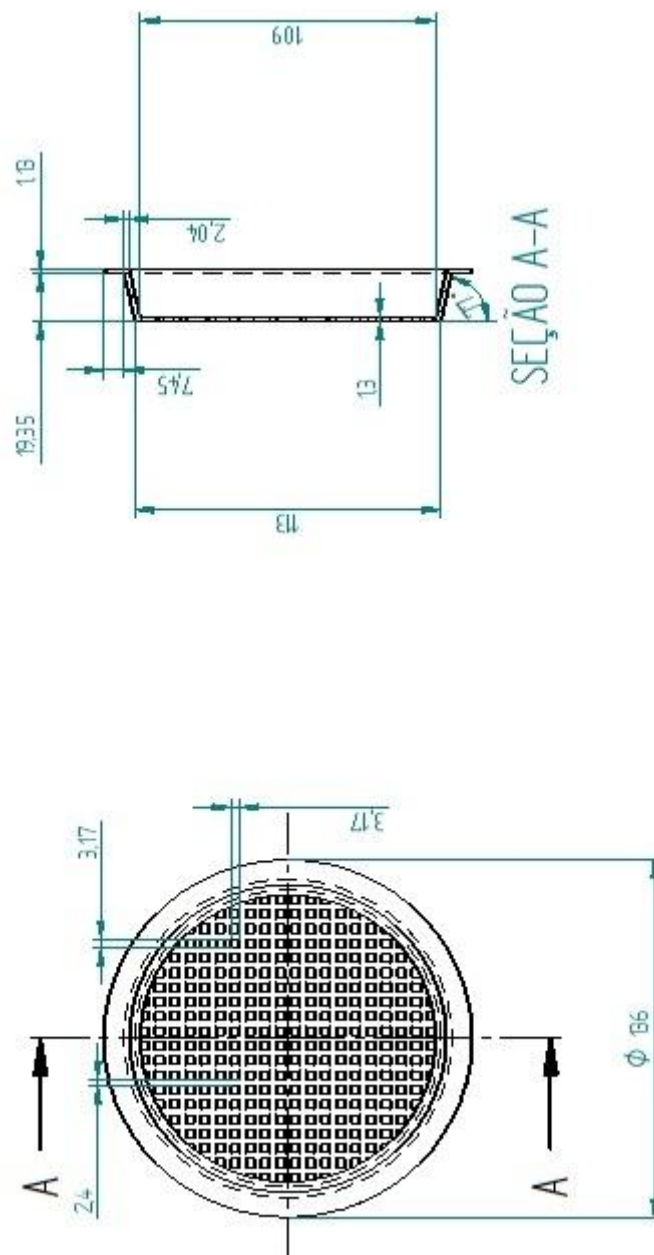


Figura 1: dimensões da peneira.

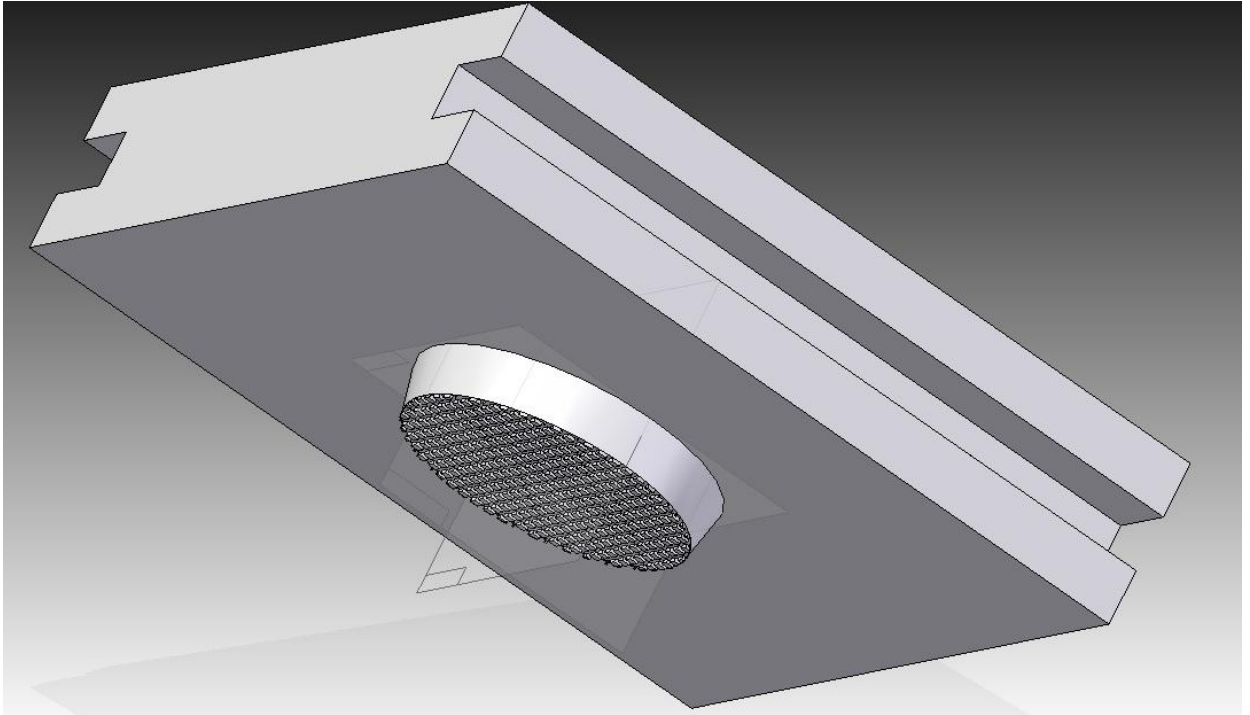


Figura 2: macho.

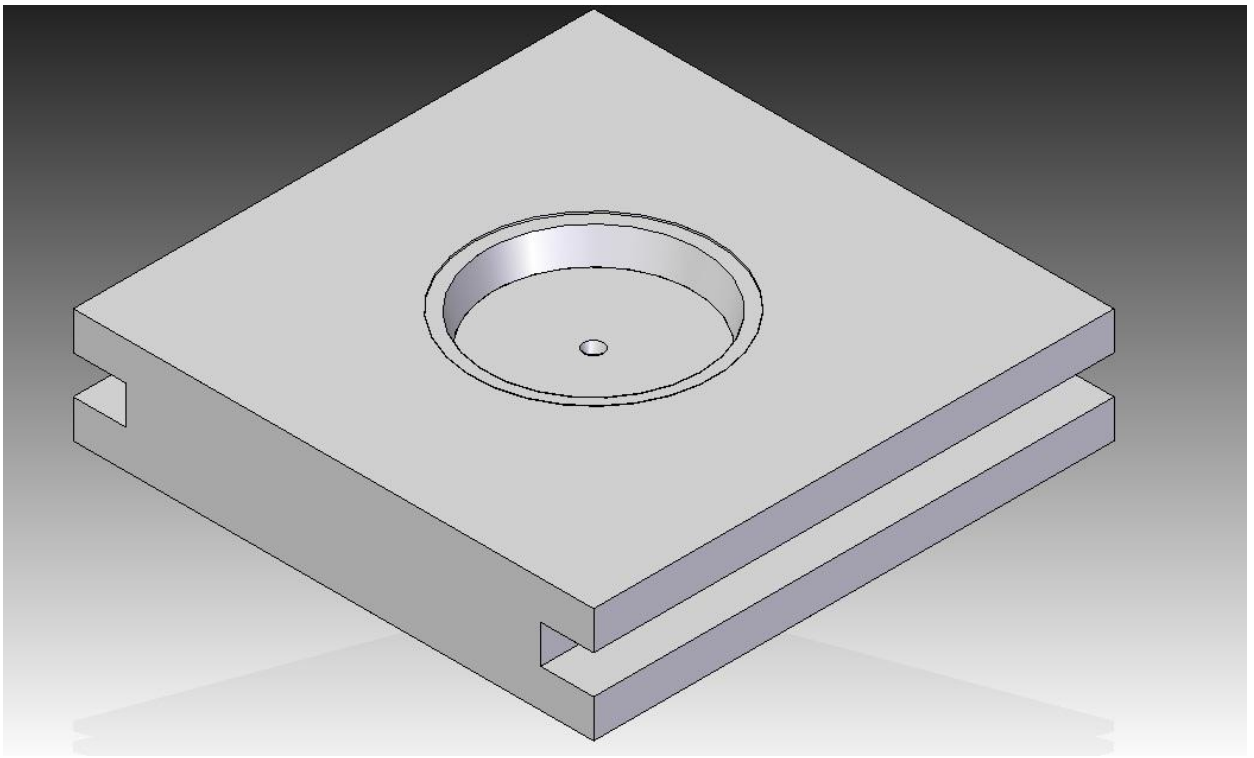


Figura 3: fêmea.

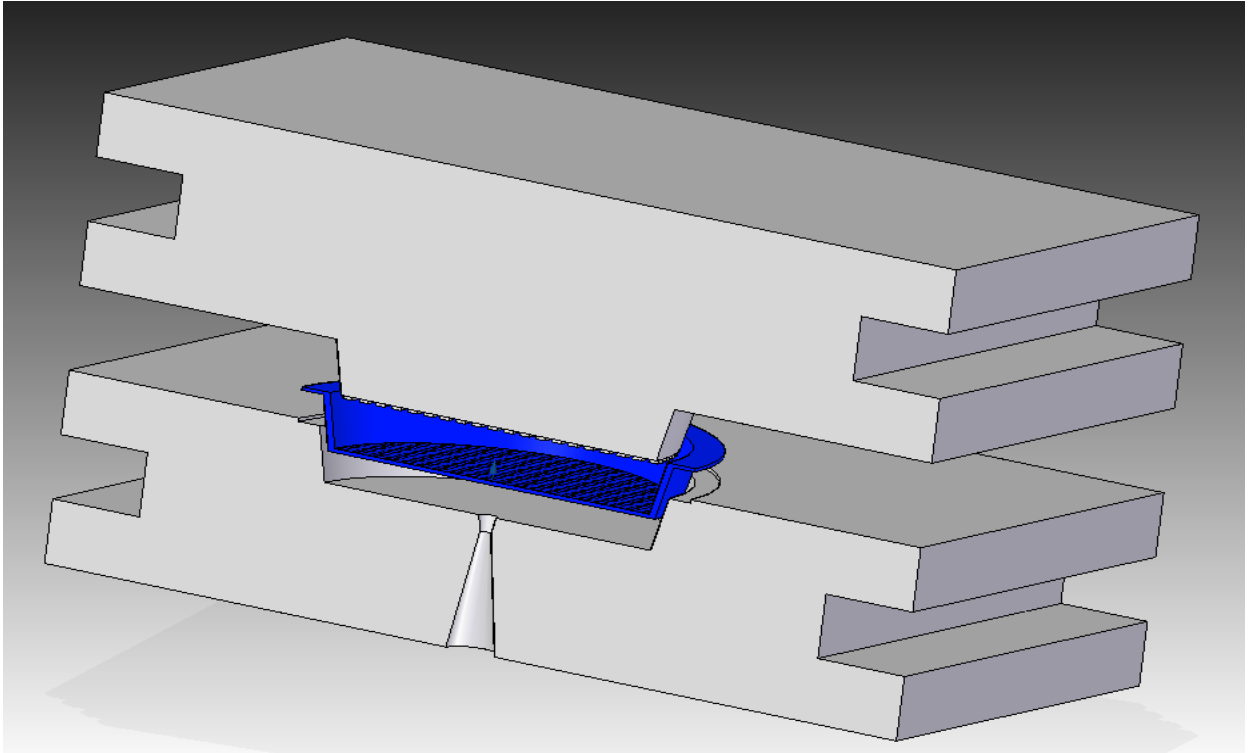


Figura 4: vista em corte e explodida do fechamento do molde, com a peneira inserida.

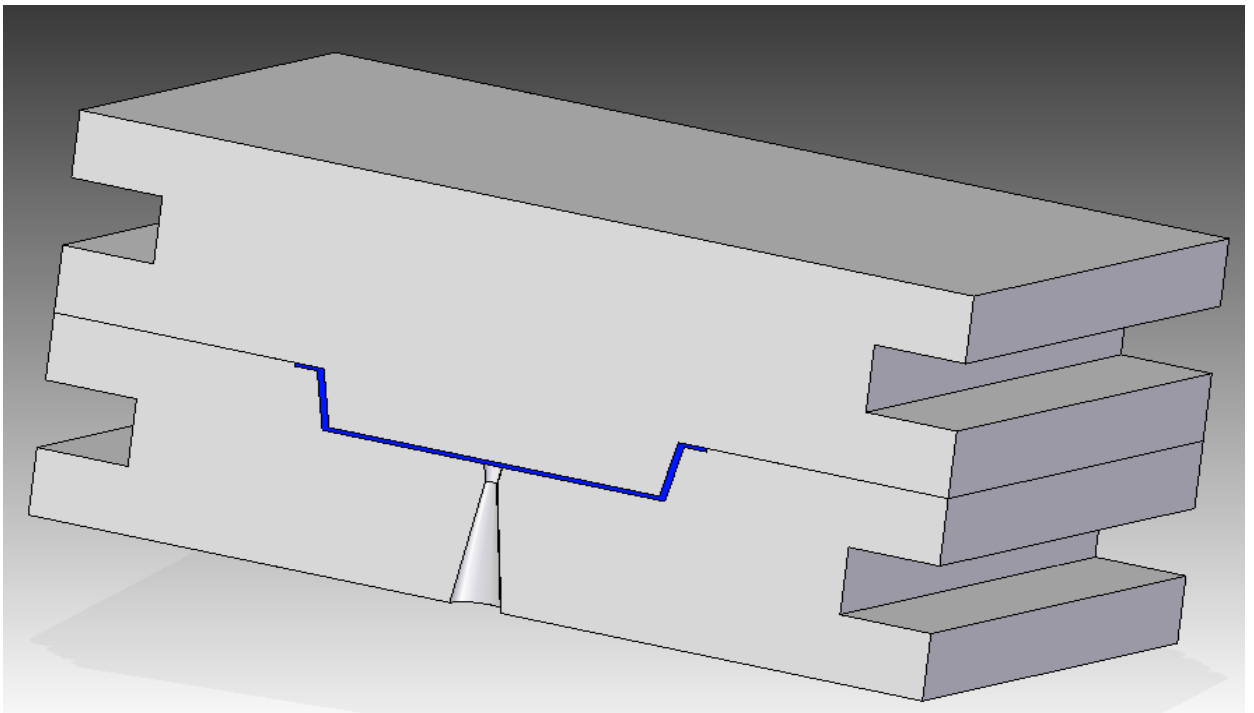


Figura 5: vista em corte do fechamento do molde, com a peneira inserida.



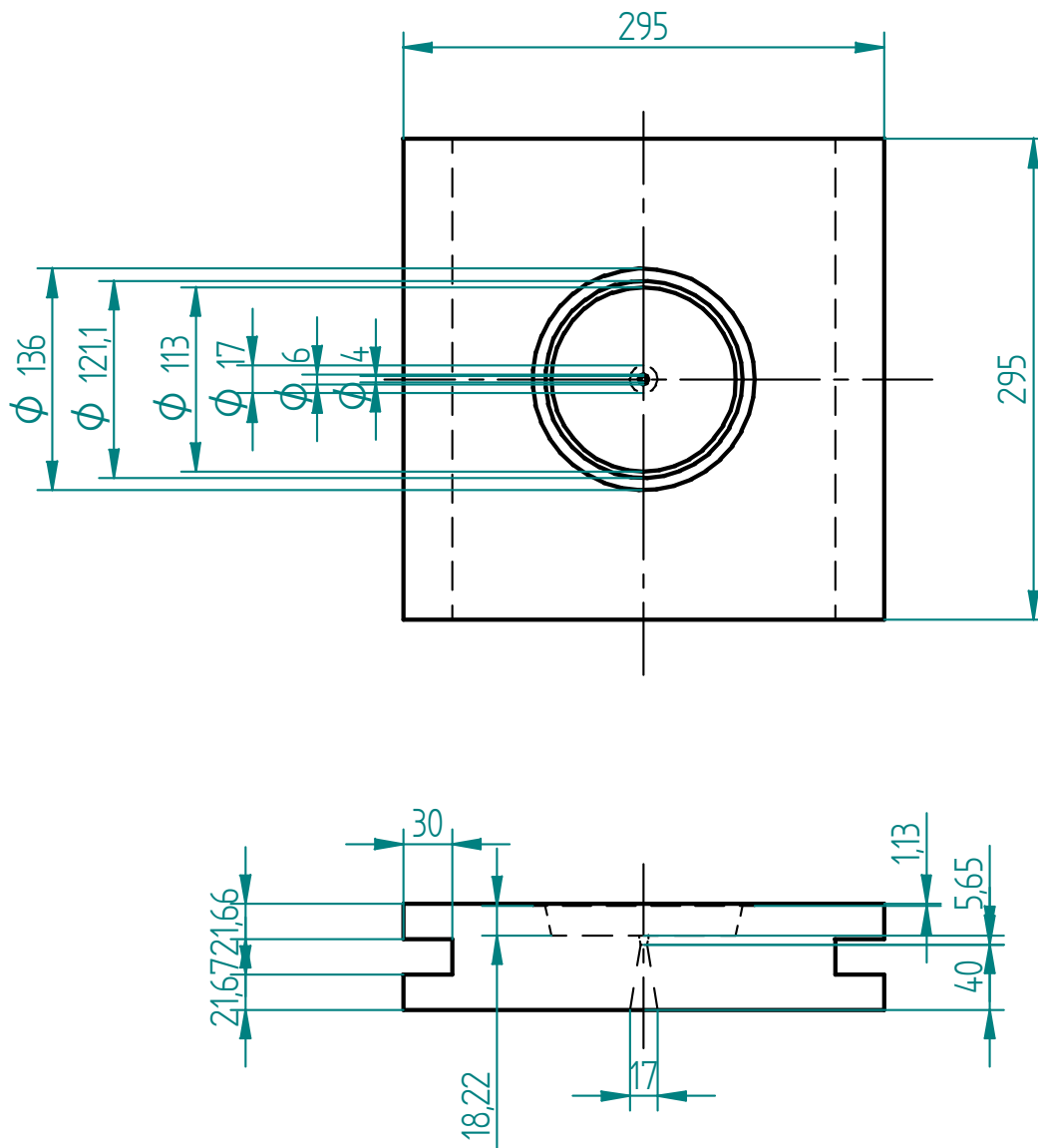


Figura 6: dimensões da fêmea.

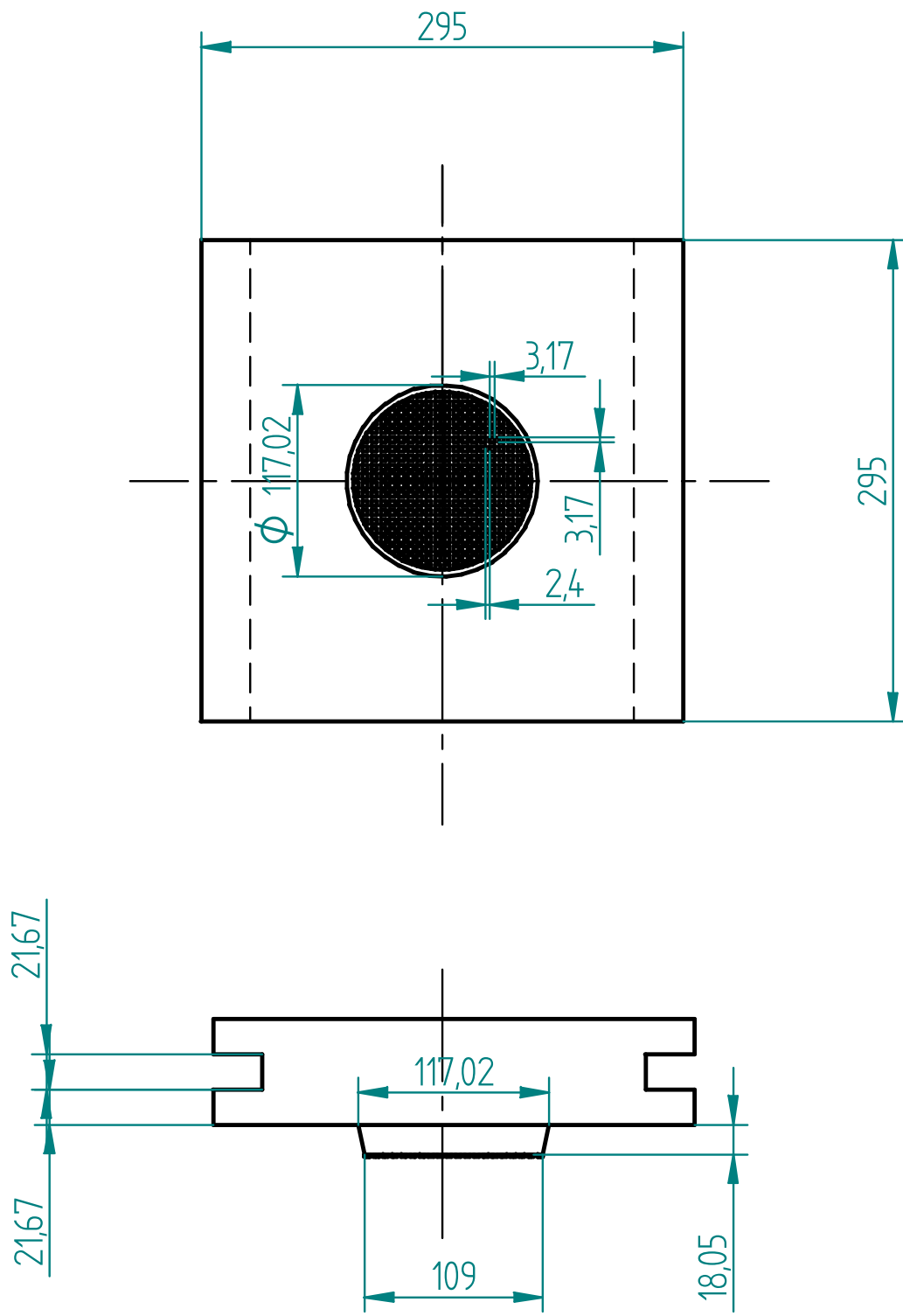


Figura 7: dimensões do macho.

Operação	Descrição	Máquina	
10	Fixar a placa de metal e serrar a 87 mm da extremidade fixada	Serra Circular	
20	Fixar o topo da peça, fazer fresamento frontal de modo a obter um cilindro de diâmetro 117,2mm e 18,05mm de altura no centro da peça	Fresa de topo	
30	Fazer a fresa dos dentes, de modo a obter dentes com 3,17 mm com distância entre eles de 24 mm e profundidade de 1,3 mm	Fresa de topo	
40	Fixar a peça na vertical e fazer um rasgo em toda extensão da peça de modo que tenha 30 mm de profundidade e 2167 mm de largura	Fresa de topo	

50	Repetir a operação 40 para o outro lado da peça	Fresa de topo	
60	Fixar a peça no torno e fazer conicidade de 1:2,2 no cilindro	Torno	
Descrição de usinagem			

Figura 8: descrição do processo de fabricação do macho.

Operação	Descrição	Máquina	
10	Fixar a peça e fazer o fresamento frontal no centro da peça com diâmetro de 136 mm e profundidade de 1,13 mm	Fresa de topo	
20	No diâmetro de 136 mm, fazer fresamento de diâmetro de 113 mm e profundidade de 18,22 mm	Fresa de topo	
30	No diâmetro de 113 mm, fazer torneamento cônico interno de modo que o diâmetro no topo da peça seja de 121,1 mm	Torno	

40	Fixar a peça na vertical e fazer um rasgo em toda extensão da peça de modo que tenha 30 mm de profundidade e 2167 mm de largura	Fresa de topo	
50	Repetir a operação 40 para o outro lado da peça	Fresa de topo	
60	Efetuar um furo passante de 4 mm no centro da peça	Furadeira	

Operação	Descrição	Máquina	
70	Fixar a peça e efetuar torneamento cônico interno a partir da face externa, de diâmetro 17, altura 40 e diâmetro interno 4	Torno	
80	Realizar torneamento cônico interno a partir da face oposta, de modo que o diâmetro interno é 4 e o externo 6	Torno	

Figura 9: descrição do processo de fabricação da fêmea.

# Projeto: Molde de Injeção de PEAD para Fabricação de uma Alça

---

**Grupo: Leandro M. Meyagusku, Lincoln B. S. Silva, Paulo G. R. Salgado, Vinicius C. F. Barros**

## Objetivos

Este trabalho visa projetar um molde destinado à fabricação de uma alça de polietileno de alta densidade (PEAD) por injeção, realizando todas as etapas de um projeto, como dimensionamento do molde, desenho, cálculo dos parâmetros referentes à máquina, determinação de material a ser utilizado e orçamento, além de simulação auxiliada por computador.

## Procedimentos

O primeiro passo realizado foi a verificação das características de um modelo do produto. Com o auxílio de um paquímetro, foram aferidas todas as dimensões da alça a ser modelada por injeção de termoplástico. Com o auxílio de uma balança comum de bancada, foi verificada a sua massa. Para a determinação do volume médio, foi realizado um teste simples segundo o princípio de Arquimedes. Para que se pudesse ter uma idéia do material utilizado no modelo, foi empregada uma técnica de espectroscopia no infravermelho (IV) realizada em um dos laboratórios do Departamento de Engenharia de Materiais.

A partir desses dados iniciou-se o projeto do molde. O desenho dos componentes foi feito com o auxílio do computador, sendo utilizado o software Solid Edge ST2, da Siemens.

Definido o projeto do molde, passou-se ao seu processo de fabricação, sendo descrito o ferramental de usinagem requerido.

Paralelamente, foram realizados cálculos teóricos dos parâmetros necessários para verificação das condições de processamento do material na injetora que deverá ser utilizada. Os parâmetros calculados foram capacidade de plastificação e capacidade de injeção para o material em questão (PEAD), quantidade de material por ciclo, força de fechamento, pressão exercida sobre o molde devido ao fechamento e quantidade de água utilizada para resfriamento.

O material do molde foi escolhido com base numa tabela orientativa, sendo levado em consideração também o orçamento levantado (em anexo).

## Resultados e Discussão

Para confecção das partes do molde, será usado aço ABNT 1020 sem tratamento térmico, e para a bucha, aço cromo-níquel ABNT 3310 com tratamentos térmicos de cementação e têmpera. O preço total do molde, desconsiderando buchas, colunas, parafusos, anel centralizador é de R\$ 851,00. Os desenhos da alça, bem como as vistas isométricas e laterais das partes do molde estão anexadas ao fim deste trabalho. As dimensões dos portacavidades estão especificadas nos seus respectivos desenhos técnicos.

As descrições dos processos de usinagem são seguidas por croquis esquemáticos. O ferramental de usinagem requerido é listado abaixo:

- Torno CNC
- Fresa de topo
- Fresa tangencial
- Furadeira
- Retífica

Com relação aos cálculos, os dados necessários e os próprios cálculos estão descritos abaixo:

### **Características da injetora**

Capacidade de plastificação (PS) - 19g/s

Força de fechamento - 80 ton = 784,8 kN

### **Capacidade da máquina para PEAD**

	<b>PEAD</b>	<b>PS</b>
<b>Calor específico</b>	1700 J/Kg.K	1300 J/Kg.K
<b>Densidade</b>	970 Kg/m <sup>3</sup>	1045 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Fator volumétrico</b>	1,8	2,025
<b>Temperatura de injeção</b>	230°C	100 °C

Tabela 1: Propriedades físicas do PEAD e do PS.

### **Capacidade de plastificação da injetora (ao processar PEAD):**

- Quantidade de material que a injetora tem capacidade de levar à temperatura de moldagem em uma hora, sendo expressa em g/s. É dado por:

$$C_p = C_{pp} \times (Q_p/Q)$$

onde

- $C_{pp}$ : é a capacidade de plastificação do material padrão (PS) em g/s
- $Q_p$ : é a quantidade de calor específico do poliestireno (J/Kg.K)
- $Q$ : é a quantidade de calor específico do material em consideração. (J/Kg.K)

$$C_p = 19 \times (1300/1700)$$

$$C_p = 14,53 \text{ g/s}$$

### **Capacidade de injeção**

- Máxima quantidade de material que pode ser injetado de uma vez, expresso em gramas. É dado por:

$$C_i = C_p \times (d/d_p) \times (V_p/V)$$

onde

- $C_i$ : capacidade de injeção para um material qualquer (gramas)
- $C_p$ : capacidade de injeção para o material padrão (gramas)
- $d$ : densidade do material qualquer (g/cm<sup>3</sup>)
- $d_p$ : densidade do material padrão (g/cm<sup>3</sup>)
- $V_p$ : fator volumétrico do material padrão
- $V$ : fator volumétrico do material qualquer

$$C_i = 19 \times (970/1045) \times (2,025/1,8)$$

$$C_i = 19,84 \text{ g}$$

Observando-se os valores de  $C_p$  e  $C_i$ , é possível verificar que o que irá limitar o processo é a capacidade de plastificação da injetora. Dessa forma, considerando que a eficiência da injetora é de 60%, a capacidade de plastificação efetivo é:

$$C_p = 0,6 \times 14,53$$

$$C_p = 8,712 \text{ g/s, o que equivale a } 31,36 \text{ Kg/h.}$$

### **Requisitos de produção**

Devido à inexperiência dos projetistas, foi considerado que o ciclo completo dura aproximadamente um minuto.

- 2 peças/ciclo = 2 peças/min

Com o auxílio do Solid Edge, foi obtido a aproximação do volume total (peça + canal de alimentação):

- volume total (1 peça) = 4,9805 mm<sup>3</sup>

e a partir da densidade teórica do PEAD, foi obtido uma aproximação da massa que seria utilizada para o preenchimento do molde:

- massa total (1 peça) = 4,83 g/ciclo

o que corresponde a um consumo de

- consumo = 0,289 x 2 = 0,578 Kg/h

Como foi calculada anteriormente, a capacidade de plastificação da injetora é de 42,4656 Kg/h, sendo, portanto, viável o uso dessa injetora.

### **Força de fechamento**

- Força necessária para garantir que as duas metades da ferramenta permaneçam fechadas no momento que o material plástico é injetado no interior da cavidade de modo que possa haver uma boa compactação do material e evitar a formação de rebarbas devido ao recuo do ferramental. É dado por

$$F = [A_m] \times [P_i]$$

onde

- F: força de fechamento

- A<sub>m</sub>: área projetada das moldagens

- P<sub>i</sub>: pressão de injeção

Sendo que a área projetada das moldagens foi obtida com o auxílio do Solid Edge e a pressão de injeção é tabelado de acordo com a injetora escolhida.

$$F = 420,55 \text{ kN}$$

Como a força de fechamento limite da máquina é de 784,8 kN, o valor calculado é plenamente suficiente para o serviço.

### **Resfriamento dos moldes**

$$Q = m \times c \times (T_1 - T_2)$$

onde

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora (J/h)

- m: massa do material (Kg/h)

- c: calor específico do material (J/Kg.K)

- (T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub>): variação da temperatura (K)

$$Q = 0,578 \times 1700 \times (230 - 60)$$

$$Q = 177,04 \text{ KJ/h}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = Q / (K \times T)$$

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora

- K: constante que leva em conta a eficiência da transmissão de calor

- T: variação de temperatura

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 177,04 / (0,1 \times 60)$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 27,84 \text{ kg/h} = 27,84 \text{ L/h} = 0,464 \text{ L/ciclo (L/min)}$$



Foi considerado que a água entra a 20°C e sai a 80°C. A constante K é tabelada e a considerada aqui corresponde a canais de resfriamento que empregam tubos de cobre.

## Anexo de imagens

---

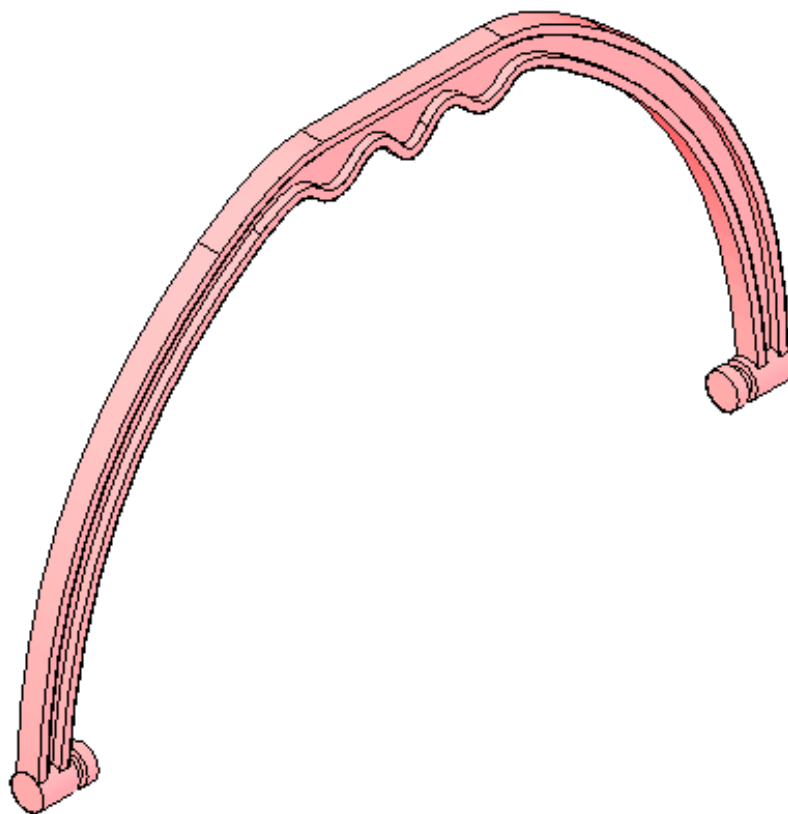


Figura 1: desenho da peça.

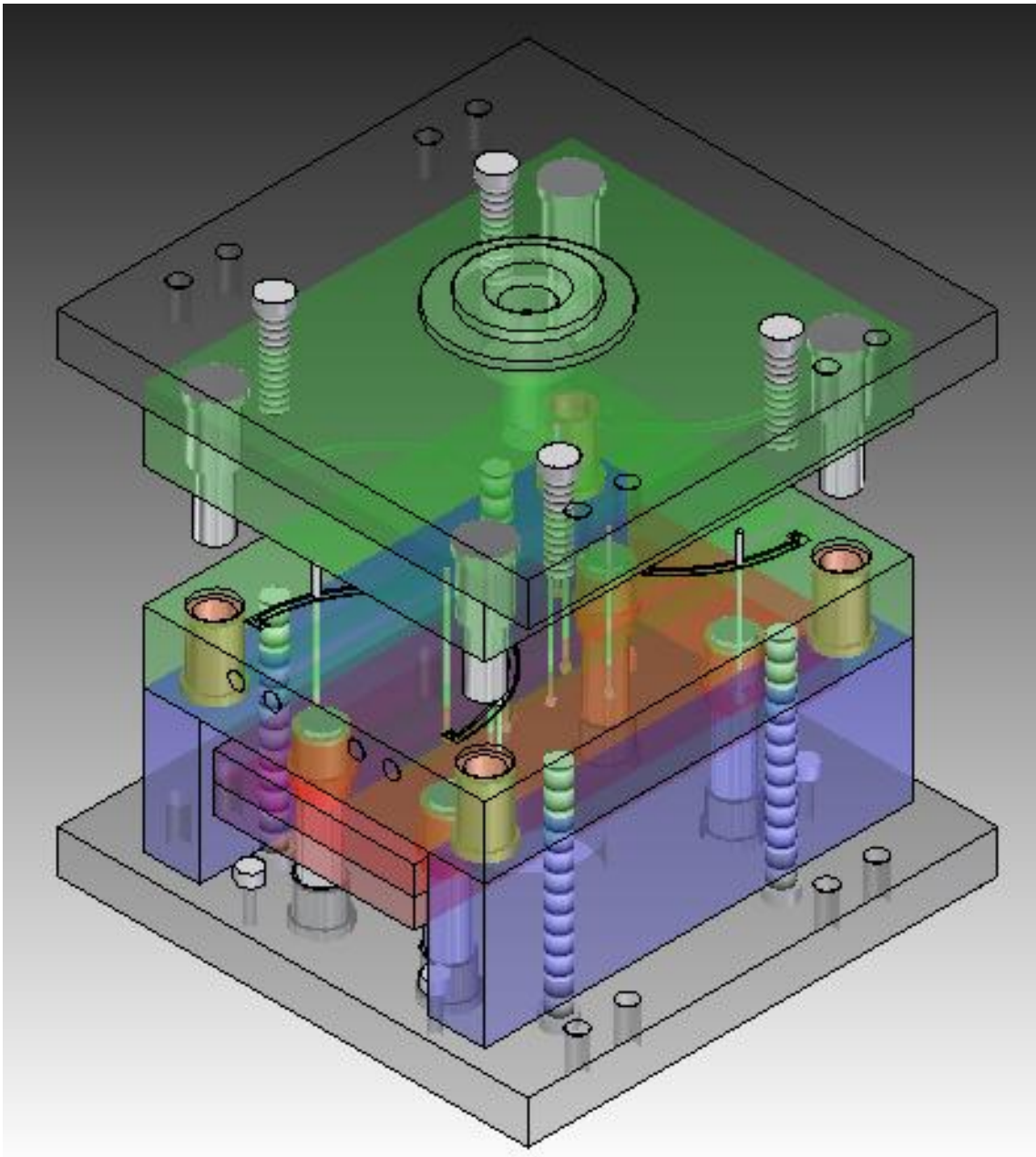


Figura 2: desenho do molde.

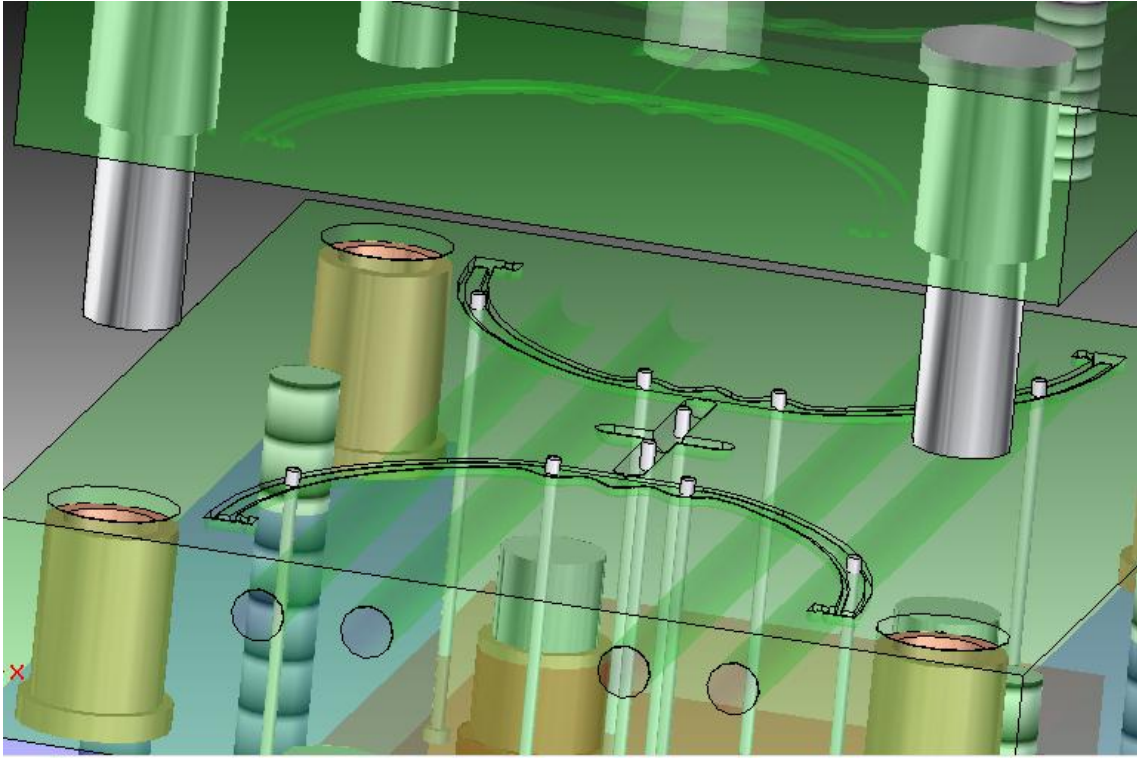


Figura 3: detalhes do porta-cavidade.

# Projeto: Molde de Injeção de PP para Fabricação de uma Alça

Grupo: Bruno B. Vianna, Caio de A. Ferreira, Fábio F. Conde, Henrique de C. V. Silva

## Objetivos

Este trabalho tem como objetivo a criação de um projeto para a fabricação de uma peça de brinquedo, no caso uma alça, de polipropileno (PP), passando-se por todas as etapas necessárias, realizando-se o cálculo das forças envolvidas, entre outros fatores, durante o processo de injeção da peça.

## Procedimentos

O primeiro passo realizado consistiu na verificação das características de um modelo do produto. Com o auxílio de um paquímetro, foram aferidas todas as dimensões da alça fornecida. Também, foi analisada para que se pudesse ter uma idéia do material utilizado no modelo.

A partir desses dados, iniciou-se o projeto do molde. O desenho da peça e dos componentes do molde foi feito com o auxílio do computador, sendo utilizado o software Solid Edge. O molde foi desenhado através de especificações da máquina selecionada para o projeto.

Paralelamente, foram realizados cálculos teóricos dos parâmetros necessários para verificação das condições de processamento do material na injetora que deverá ser utilizada. Os parâmetros calculados foram capacidade de plastificação e capacidade de injeção para o material em questão (PP), quantidade de material por ciclo, força de fechamento, pressão exercida sobre o molde devido ao fechamento e quantidade de água utilizada para resfriamento.

## Resultados e Discussão

Foram cotados os preços das placas para a cavidade, com as dimensões de 330x330x50 mm, em aço. O preço calculado foi de R\$ 140,00. O conjunto completo ficou em R\$ 900, 00 (preço do PP: R\$ 7,20/Kg).

### Características da injetora

Capacidade de plastificação (PS) - 19g/s

Força de fechamento - 80 ton = 784,8 kN

### Capacidade da máquina para PP

	<i>PP</i>	<i>PS</i>
<i>Calor específico</i>	1926 J/Kg.K	1300 J/Kg.K
<i>Densidade</i>	910 Kg/m <sup>3</sup>	1045 Kg/m <sup>3</sup>
<i>Fator volumétrico</i>	1,004 (4%)	2,025
<i>Temperatura de injeção</i>	185 – 250 °C	100 °C

Tabela 1: Propriedades físicas do PP e do PS.

### **Capacidade de plastificação da injetora (ao processar PP)**

- Quantidade de material que a injetora tem capacidade de levar à temperatura de moldagem em uma hora, sendo expressa em g/s. É dado por:

$$C_p = C_{pp} \times (Q_p/Q)$$

onde

- $C_{pp}$ : é a capacidade de plastificação do material padrão (PS) em g/s
- $Q_p$ : é a quantidade de calor específico do poliestireno (J/Kg.K)
- $Q$ : é a quantidade de calor específico do material em consideração. (J/Kg.K)

$$C_p = 19 \times (1300/1926)$$

$$C_p = 12,82 \text{ g/s}$$

Considerando capacidade de plastificação efetivo de 60% temos:

$$C_p = 12,82 \times 0,6 = 7,692 \text{ g/s} = 27,6912 \text{ Kg/h}$$

### **Capacidade de injeção**

- Máxima quantidade de material que pode ser injetado de uma vez, expresso em gramas. É dado por:

$$C_i = C_p \times (d/d_p) \times (V_p/V)$$

onde

- $C_i$ : capacidade de injeção para um material qualquer (gramas)
- $C_p$ : capacidade de injeção para o material padrão (gramas)
- $d$ : densidade do material qualquer ( $\text{g/cm}^3$ )
- $d_p$ : densidade do material padrão ( $\text{g/cm}^3$ )
- $V_p$ : fator volumétrico do material padrão
- $V$ : fator volumétrico do material qualquer

$$C_i = 19 \times (910/1045) \times (2,025/1,004)$$

$$C_i = 33,37 \text{ g}$$

### **Requisitos de produção**

Devido à inexperiência dos projetistas, foi considerado que o ciclo completo dura aproximadamente um minuto. Como a cavidade do molde produz 4 alças, temos:

- 4 peças/ciclo = 4 peças/min

Com o auxílio do Solid Edge, foi obtido a aproximação do volume total (peça + canal de alimentação):

- volume total = 5,86  $\text{cm}^3$  por peça => 23,44 $\text{cm}^3$  por ciclo

e a partir da densidade teórica do PP, foi obtido uma aproximação da massa que seria utilizada para o preenchimento do molde:

- massa total = 22,28g/ciclo (contando caminho percorrido, gates e canais)

o que corresponde a um consumo de

- consumo = 1,3368 Kg/h

Como foi calculada anteriormente, a capacidade de plastificação da injetora é de 27,7Kg/h, valor 2072% maior que o consumo, sendo, portanto, viável o uso dessa injetora.

### **Força de fechamento**

- Força necessária para garantir que as duas metades da ferramenta permaneçam fechadas no momento que o material plástico é injetado no interior da cavidade de modo que possa haver uma boa compactação do material e evitar a formação de rebarbas devido ao recuo do ferramental. É dado por

$$F = [A_m] \times [P_i]$$

onde

- F: força de fechamento
- $A_m$ : área projetada das moldagens
- $P_i$ : pressão de injeção

Sendo que a área projetada das moldagens foi obtida com o auxílio do Solid Edge e a pressão de injeção é tabelado de acordo com a injetora escolhida.

$$F = 29,3\text{cm}^3 \times 510$$

$$F = 14943 \text{ kgf} = 146,591 \text{ KN}$$

Como a força de fechamento limite da máquina é de 784,8 KN, o valor calculado é plenamente suficiente para o serviço.

### **Tensão sobre o molde**

Considerando que a força de fechamento atue principalmente sobre o macho e a fêmea e que a área da interface de contato entre eles é a menor área de aplicação dessa força (sendo, portanto a região de maior tensão), a tensão dessa região foi calculada para se verificar se o material escolhido suportaria.

$$\sigma = F/A$$

- $\sigma$ : tensão (Pa)
- F: força de fechamento
- A: área total

$$A = 29,3\text{cm}^2$$

$$\sigma = 146,591\text{KN}/29,3\text{cm}^2$$

$$\sigma = 5 \times (10^7)\text{Pa}$$

$$\sigma = 50\text{MPa}$$

Considerando que a tensão de escoamento de um aço estrutural é em torno de 250MPa, não ocorrerá falha devido a força de fechamento.

### **Resfriamento dos moldes**

$$Q = m \times c \times (T_1 - T_2)$$

onde

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora (J/h)
- m: massa do material (Kg/h)
- c: calor específico do material (J/Kg.K)
- $(T_1 - T_2)$ : variação da temperatura (K)

$$Q = 1,3368 \times 1926 \times (200 - 40)$$

$$Q = 411,948 \text{ KJ/h}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = Q/(K \times T)$$

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora
- K: constante que leva em conta a eficiência da transmissão de calor (neste caso estamos considerando canais de resfriamento broqueados na placa da cavidade,  $K=0,64$ )
- T: variação de temperatura

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 411,95/(0,64 \times 65)$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 9,903 \text{ kg/h} = 9,903 \text{ L/h} = 0,16505 \text{ L/ciclo (L/min)}$$

Foi considerado que a água entra a 25°C e sai a 80°C (T)

## Anexo de imagens

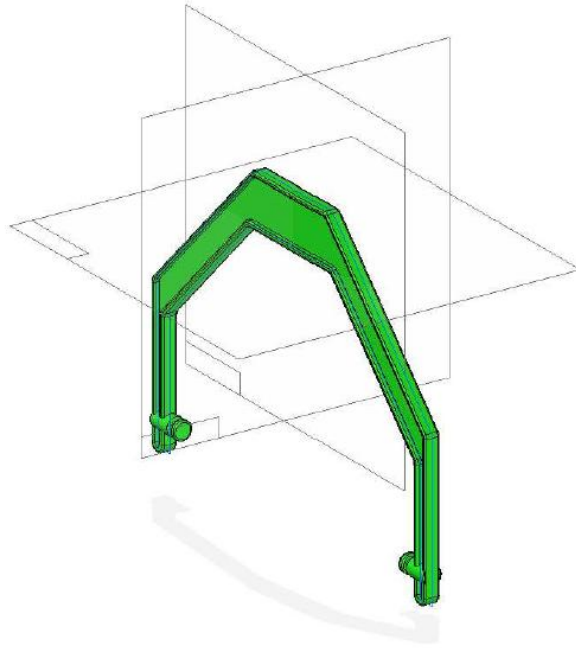


Figura 1: desenho da peça.

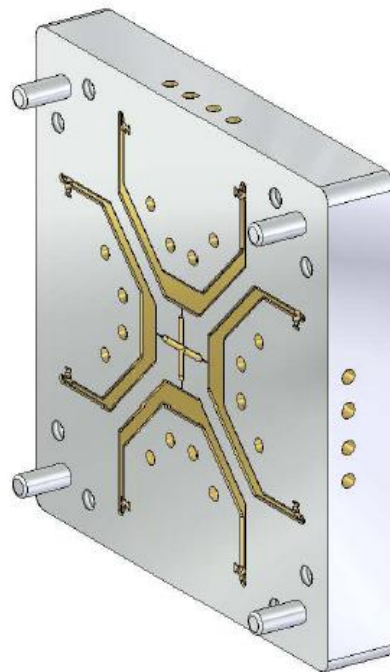


Figura 2: desenho do conjunto.



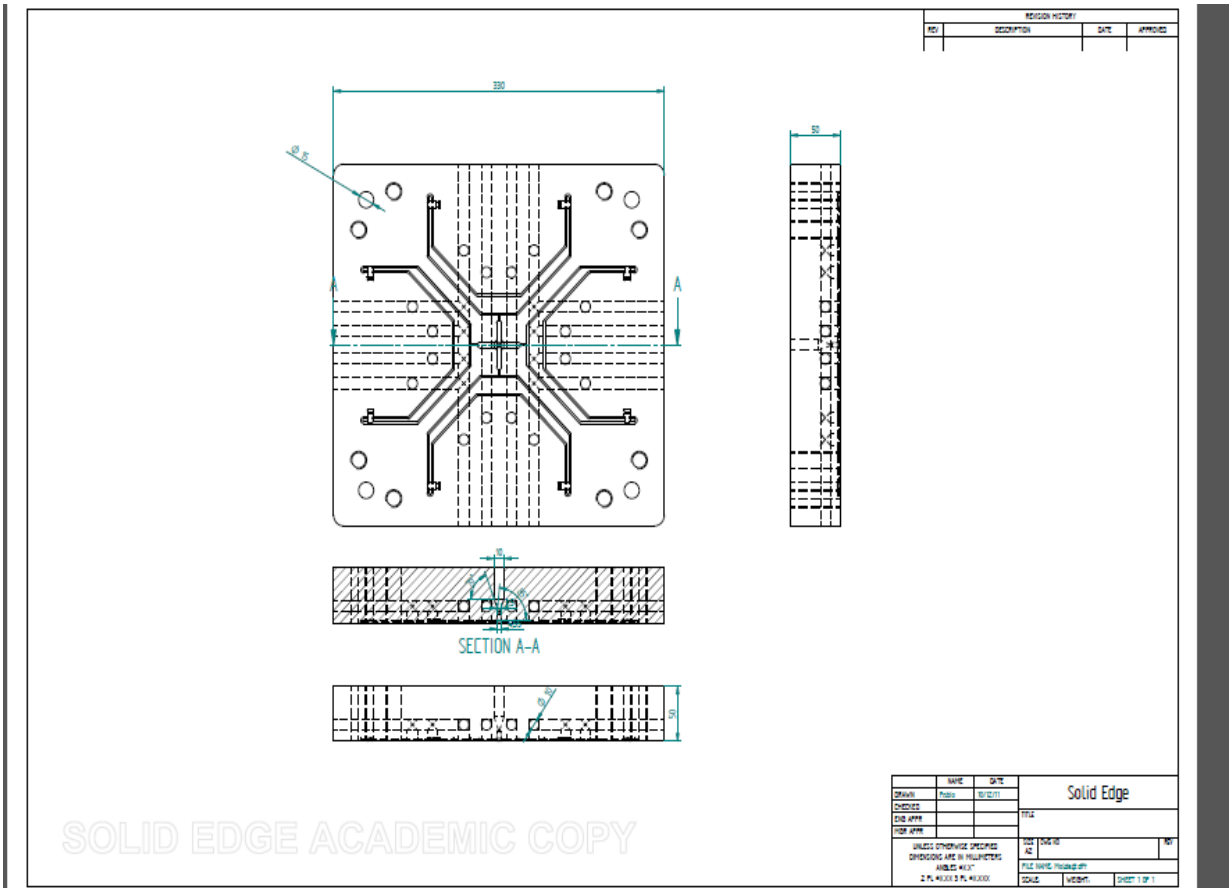


Figura 3: desenho do conjunto com as dimensões.

# Projeto: Molde de Injeção de PS para Fabricação de uma Pá

---

**Grupo: Hernani C. de Moraes, Sofia C. C. D. Russo, Vitor P. Martinez**

## Objetivos

Este trabalho visa projetar um molde destinado à fabricação de uma pazinha de praia de poliestireno (ou PS) por injeção. Foram realizadas todas as etapas de um projeto, como dimensionamento do molde, desenho, cálculo dos parâmetros referentes à máquina, determinação de material a ser utilizado e orçamento, além de simulação auxiliada por computador.

## Procedimentos

O primeiro passo realizado foi a verificação das características de um modelo do produto. Com o auxílio de um paquímetro, foram aferidas todas as dimensões da pá proposto. Com o auxílio de uma balança comum de bancada, foi verificada a sua massa. Para a determinação do volume médio, foi realizado um teste simples segundo o princípio de Arquimedes. Para que se pudesse ter uma idéia do material utilizado no modelo, foi empregada uma técnica de espectroscopia no infravermelho (IV) realizada em um dos laboratórios do Departamento de Engenharia de Materiais.

A partir desses dados iniciou-se o projeto do molde. O desenho dos componentes foi feito com o auxílio do computador, sendo utilizado o software Solid Edge, da Siemens.

Definido o projeto do molde, passou-se ao seu processo de fabricação. Foram determinadas as operações de usinagem que deveriam ser utilizadas, sendo descritas segundo normas de desenho técnico mecânico. Também foi descrito o ferramental de usinagem requerido.

Paralelamente, foram realizados cálculos teóricos dos parâmetros necessários para verificação das condições de processamento do material na injetora que deverá ser utilizada. Os parâmetros calculados foram capacidade de plastificação e capacidade de injeção para o material em questão (PS), quantidade de material por ciclo, força de fechamento, pressão exercida sobre o molde devido ao fechamento e quantidade de água utilizada para resfriamento.

O material do molde foi escolhido com base numa tabela orientativa, sendo levado em consideração também o orçamento levantado.

## Resultados e Discussão

Para confecção das partes do molde, será usado aço ABNT 1045 sem tratamento térmico, e para a bucha, aço cromo-níquel ABNT 3310 com tratamentos térmicos de cementação e têmpera. Segundo um orçamento fornecido pela empresa ANTARI, o preço total do bloco com as dimensões 280x280x50,4mm é de R\$620,00.

As dimensões da pá são mostradas no desenho da Figura 1. A partir da espectroscopia no infravermelho foi verificado que o modelo era em sua maior parte composto por poliestireno (PS).

Os desenhos da pá em 3D (Figura 2), do macho (Figura 3) e da fêmea (Figura 4) estão anexadas ao fim deste trabalho.

As descrições dos processos de usinagem são seguidas por croquis esquemáticos. O processo de usinagem do macho corresponde à Figura 5, e da fêmea à Figura 6. O ferramental de usinagem requerido é listado abaixo:

- Fresa de topo
- Torno
- Furadeira

Com relação aos cálculos, os dados necessários e os próprios cálculos estão descritos abaixo. É importante notar que o material padrão utilizado para a injetora é o próprio poliestireno.

### **Características da injetora**

Capacidade de plastificação (PS) - 19g/s

Força de fechamento - 80 ton = 784,8 KN

### **Capacidade da máquina para PS**

	<b>PS</b>
<b>Calor específico</b>	1300 J/Kg.K
<b>Densidade</b>	1045 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Fator volumétrico</b>	2,025
<b>Temperatura de injeção</b>	100 °C

Tabela 1: Propriedades físicas do PS.

### **Capacidade de plastificação da injetora (ao processar PS)**

- Quantidade de material que a injetora tem capacidade de levar à temperatura de moldagem em uma hora, sendo expressa em g/s. É dado por:

$$C_p = C_{pp} \times (Q_p/Q)$$

onde

- $C_{pp}$ : é a capacidade de plastificação do material padrão (PS) em g/s
- $Q_p$ : é a quantidade de calor específico do poliestireno (J/Kg.K)
- $Q$ : é a quantidade de calor específico do material em consideração. (J/Kg.K)

$$C_p = 19 \times (1300/1300)$$

$$C_p = 19 \text{ g/s}$$

### **Capacidade de injeção**

- Máxima quantidade de material que pode ser injetado de uma vez, expresso em gramas. É dado por:

$$C_i = C_p \times (d/d_p) \times (V_p/V)$$

onde

- $C_i$ : capacidade de injeção para um material qualquer (gramas)
- $C_p$ : capacidade de injeção para o material padrão (gramas)
- $d$ : densidade do material qualquer (g/cm<sup>3</sup>)
- $d_p$ : densidade do material padrão (g/cm<sup>3</sup>)
- $V_p$ : fator volumétrico do material padrão
- $V$ : fator volumétrico do material qualquer

$$C_i = 19 \times (1045/1045) \times (2,025/2,025)$$

$$C_i = 19 \text{ g}$$

Observando-se os valores de  $C_p$  e  $C_i$ , é possível verificar que o que irá limitar o processo é a capacidade de plastificação da injetora. Dessa forma, considerando que a eficiência da injetora é de 60%, a capacidade de pastificação efetivo é:

$$C_p = 0,6 \times 19$$

$$C_p = 11,4 \text{ g/s, o que equivale a } 41,04 \text{ Kg/h.}$$

### **Requisitos de produção**

- 1 peça/ciclo = 1 peça/min
- volume total = 19560,426 mm<sup>3</sup>
- massa total = 26g/ciclo
- consumo = 1,56 Kg/h

### **Força de fechamento**

$$F = [A_m] \times [P_i]$$

- F: força de fechamento
- $A_m$ : área projetada das moldagens
- $P_i$ : pressão de injeção

$$F = 8031551,4 \times 10^{-6} \text{ kgf} = 78,79 \text{ KN}$$

### **Tensão sobre o molde**

$$\sigma = F/A$$

- $\sigma$ : tensão (Pa)
- F: força de fechamento
- A: área de contato entre macho e fêmea

$$A = 15748,14 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = 78,79/15748,14$$

$$\sigma = 5 \text{ MPa}$$

### **Resfriamento dos moldes**

$$Q = m \times c \times (T_1 - T_2)$$

onde

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora (J/h)
- m: massa do material (Kg/h)
- c: calor específico do material(J/Kg.K)
- $(T_1 - T_2)$ : variação da temperatura (K)

$$Q = 1,56 \times 165 \times (230 - 60)$$

$$Q = 43,8 \text{ KJ/h}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = Q/(K \times T)$$

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora
- K: constante que leva em conta a eficiência da transmissão de calor
- T: variação de temperatura

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 43,8/(0,1 \times 60)$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 7,3 \text{ kg/h} = 7,3 \text{ L/h} = 9 \times 10^{-4} \text{ L/ciclo (L/min)}$$

Foi considerado que a água entra a 20°C e sai a 80°C. A constante K é tabelada e a considerada aqui corresponde a canais de resfriamento que empregam tubos de cobre.

## Anexo de imagens

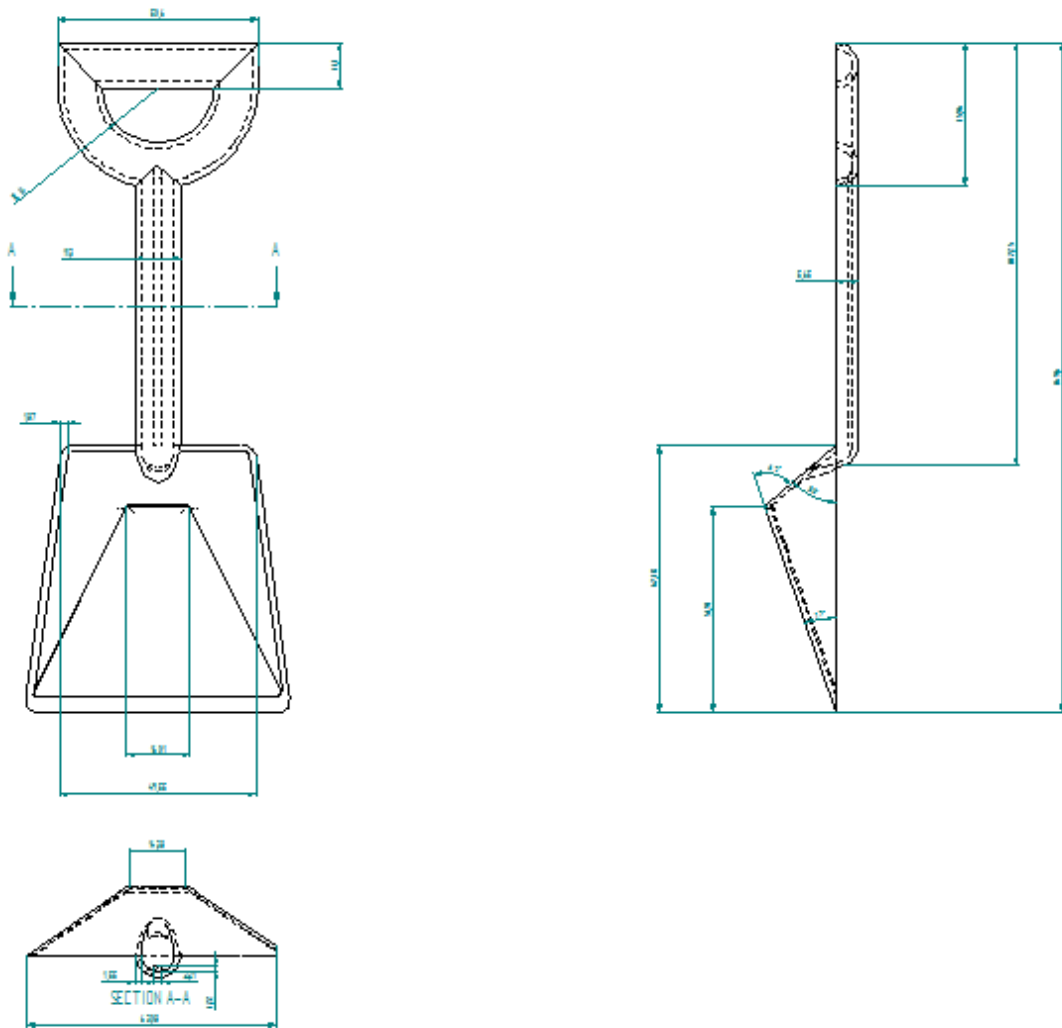


Figura 1: dimensões da peça.

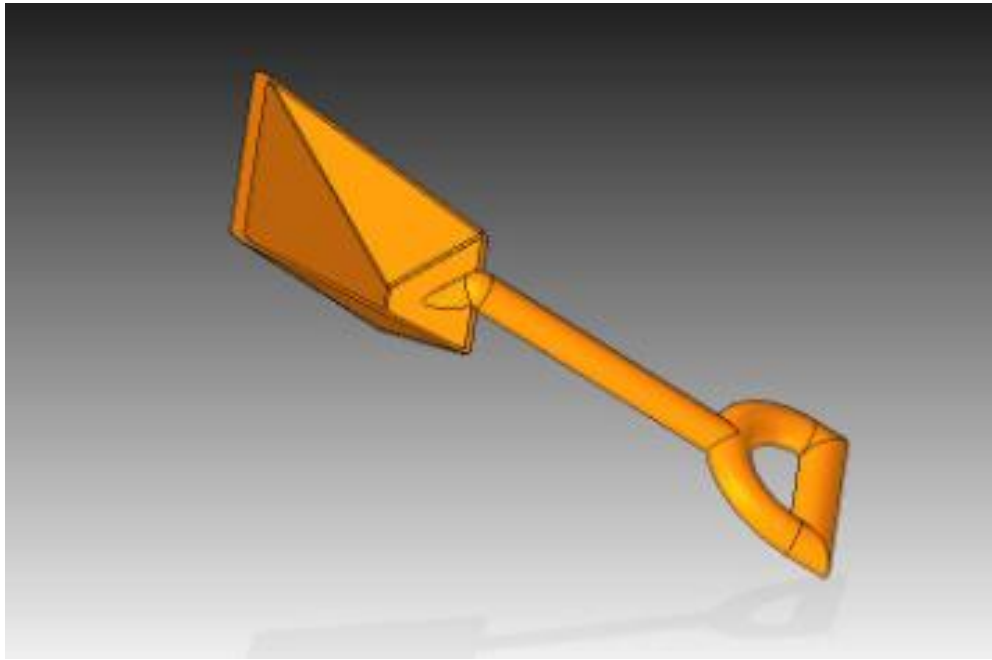


Figura 2: desenho da peça.

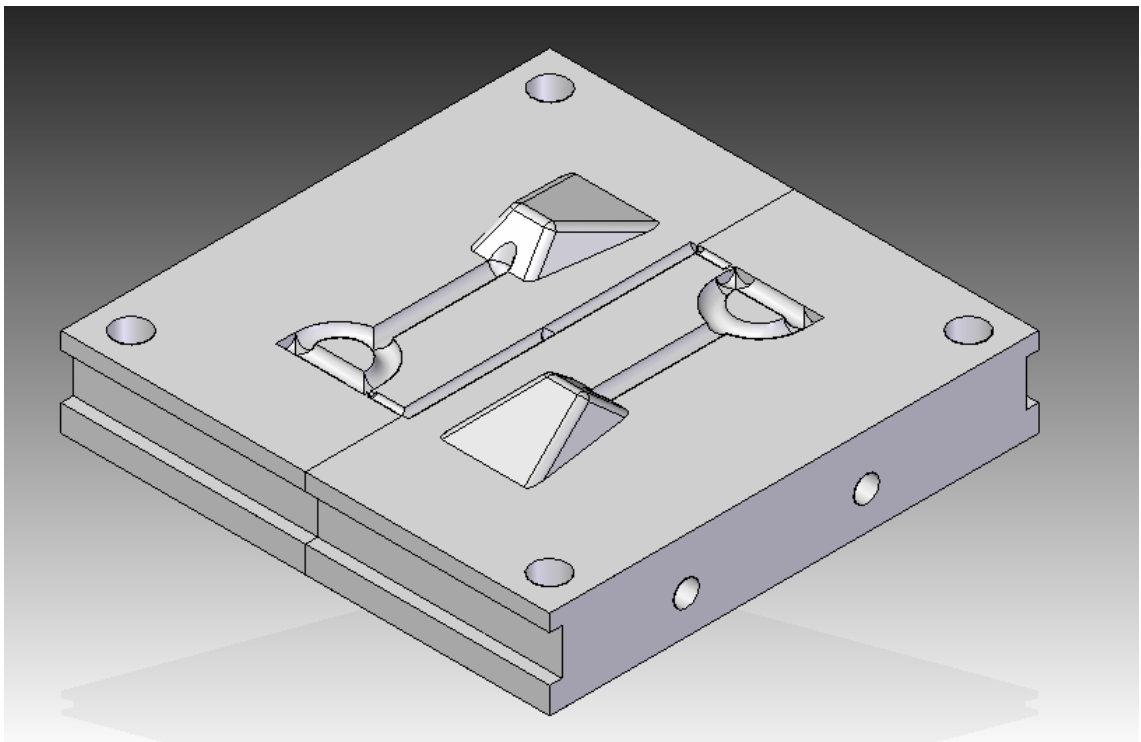


Figura 3: desenho do macho.

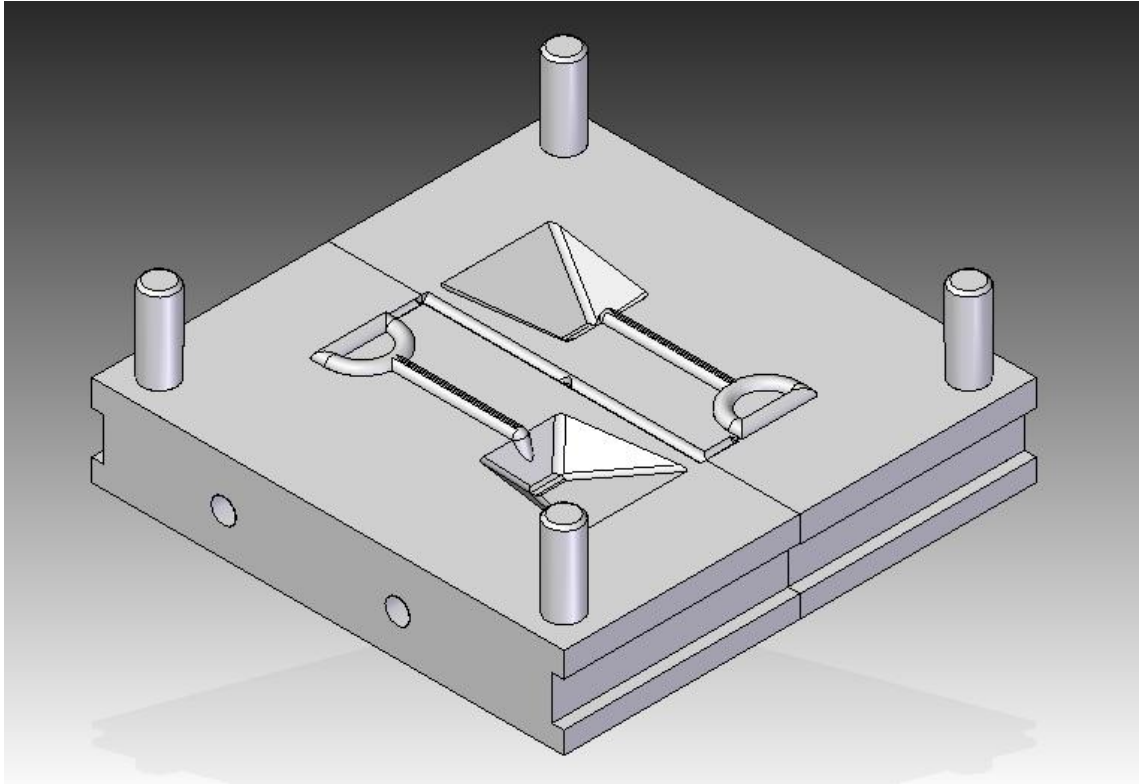


Figura 4: desenho da fêmea.

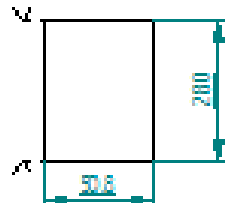
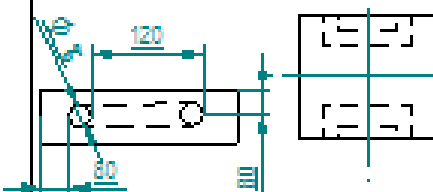

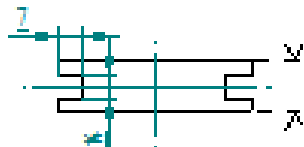
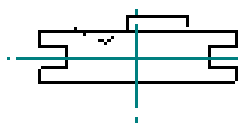
Operação	Descrição	Máquina	
10	Fixar a placa de metal e serrar a 50,8 mm da extremidade de fixação	Serra Circular	
30	Fazer 2 furos nas laterais da peça com diâmetro 15 mm, separados por 120 mm, a 25,4 mm da face superior e 80 mm das faces laterais.	Furadeira	
40	Fixar a peça na vertical e fazer um rasgo em toda extensão da peça de modo que tenha 7 mm de profundidade e 14 mm de largura	Fresa de topo	
50	Repetir a operação 40 para o outro lado da peça	Fresa de topo	
60	Fresar a superfície do macho, segundo as medidas da peça, a rexa das.	Fresa de topo	
Descrição de usinagem			
Macho			

Figura 5: processo de fabricação do macho.



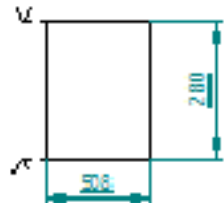
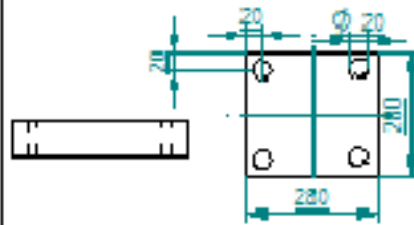
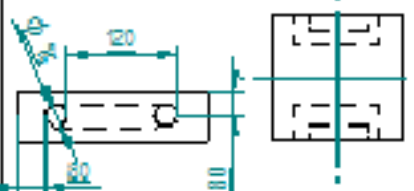
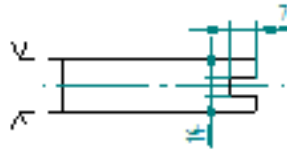
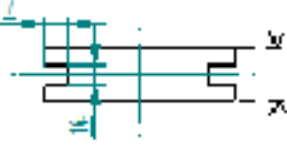

Operação	Descrição	Máquina	
10	Fixar a placa de metal e serrar a 508 mm da extremidade fixada	Serra Circular	
20	Fazer 2 furos passantes com diâmetro 20mm, a 20mm da face lateral e a 20mm da face superior da peça. Repetir o processo referente a face inferior.	Furadeira	
30	Fazer 2 furos nos laterais da peça com diâmetro 15mm, separados por 120mm, a 25,4mm da face superior e 80mm das faces laterais.	Furadeira	
40	Fixar a peça na vertical e fazer um rosco em toda extensão da peça de modo que tenha 7 mm de profundidade e 14 mm de largura	Fresa de topo	
50	Repetir a operação 40 para o outro lado da peça	Fresa de topo	
60	Fresar a superfície do molde, segundo as medidas da peça, anexadas.	Fresa de topo	
Descrição de usinagem			
Fim da			

Figura 6: processo de fabricação da fêmea.

# Projeto: Molde de Injeção de ABS para Fabricação de um Rastelo

---

**Grupo: Danilo Ferro, Hugo M. Neto, João J. P. Pinto, Marcos A. Makinodan**

## Objetivos

Este trabalho visa projetar um molde destinado à fabricação de um rastelo de praia do copolímero acrilonitrila-butadieno-estireno (ou ABS) por injeção. Foram realizadas todas as etapas de um projeto, como dimensionamento do molde, desenho, cálculo dos parâmetros referentes à máquina, determinação de material a ser utilizado e orçamento, além de simulação auxiliada por computador.

## Procedimentos

O primeiro passo realizado consistiu na verificação das características de um modelo do produto. Para a medição do rastelo, inicialmente foi feito um croqui da peça. Em seguida utilizou-se um paquímetro digital de resolução 0,01mm para medir as regiões sem curvatura, e para as demais regiões utilizou-se um canivete de raio.

A partir desses dados, iniciou-se o projeto do molde. O desenho da peça e dos componentes (macho e fêmea do molde) foi feito com o auxílio do computador, sendo utilizado o software Solid Edge ST3, da Siemens. O comprimento e a largura adotados para os componentes foram escolhidos mediante a utilização da tabela de características técnicas.

Definido o projeto do molde, passou-se ao seu processo de fabricação. Foram determinadas as operações de usinagem que deveriam ser utilizadas, sendo descritas segundo normas de desenho técnico mecânico.

Paralelamente, foram realizados cálculos teóricos dos parâmetros necessários para verificação das condições de processamento do material na injetora que deverá ser utilizada. Os parâmetros calculados foram capacidade de plastificação e capacidade de injeção para o material em questão (ABS), quantidade de material por ciclo, força de fechamento, pressão exercida sobre o molde devido ao fechamento e quantidade de água utilizada para resfriamento.

Terminados os processos de medição e desenho, escolheu-se o material ideal para a fabricação do molde, levando em consideração o polímero e as condições de injeção a serem utilizadas.

## Resultados e Discussão

Os desenhos do croqui da peça com suas dimensões, bem como os desenhos da peça e dos componentes do molde, e seus respectivos processos de fabricação encontram-se no anexo de imagens ao final do relatório.

No caso do rastelo, cujo material constituinte seria o ABS, o material escolhido para a fabricação dos componentes do respectivo molde foi o aço 1045.

Com relação aos cálculos, os dados necessários e os próprios cálculos estão descritos abaixo.

### **Características da injetora**

Capacidade de plastificação (PS) - 19g/s

Força de fechamento - 80 ton = 784,8 kN

### **Capacidade da máquina para ABS**

	<b>ABS</b>	<b>PS</b>
<b>Calor específico</b>	0.35 - 0.40 KJ/g°C	0.32 KJ/g°C
<b>Densidade</b>	0.98 - 1.04 g/cm <sup>3</sup>	1.04 - 1.06 g/cm <sup>3</sup>
<b>Fator volumétrico</b>	1.8 - 2.0	2,025
<b>Temperatura de injeção</b>	170 – 240 °C	100 °C

Tabela 1: Propriedades físicas do ABS e do PS.

### **Capacidade de plastificação da injetora (ao processar ABS):**

- Quantidade de material que a injetora tem capacidade de levar à temperatura de moldagem em uma hora, sendo expressa em g/s. É dado por:

$$C_p = C_{pp} \times (Q_p/Q)$$

onde

-  $C_{pp}$ : é a capacidade de plastificação do material padrão (PS) em g/s

-  $Q_p$ : é a quantidade de calor específico do poliestireno (J/Kg.K)

-  $Q$ : é a quantidade de calor específico do material em consideração. (J/Kg.K)

$$C_p = 19 \times (0.32/0.40)$$

$$C_p = 15.2 \text{ g/s}$$

### **Capacidade de injeção**

- Máxima quantidade de material que pode ser injetado de uma vez, expresso em gramas. É dado por:

$$C_i = C_p \times (d/d_p) \times (V_p/V)$$

onde

-  $C_i$ : capacidade de injeção para um material qualquer (gramas)

-  $C_p$ : capacidade de injeção para o material padrão (gramas)

-  $d$ : densidade do material qualquer (g/cm<sup>3</sup>)

-  $d_p$ : densidade do material padrão (g/cm<sup>3</sup>)

-  $V_p$ : fator volumétrico do material padrão

-  $V$ : fator volumétrico do material qualquer

$$C_i = 19 \times (1.04/1.06) \times (2.025/2.00)$$

$$C_i = 18.87 \text{ g}$$

Observando-se os valores de  $C_p$  e  $C_i$ , é possível verificar que o que irá limitar o processo é a capacidade de plastificação da injetora. Dessa forma, considerando que a eficiência da injetora é de 60%, a capacidade de plastificação efetivo é:

$$C_p = 0,6 \times 18.87$$

$$C_p = 11.32 \text{ g/s, o que equivale a } 40.7592 \text{ Kg/h.}$$

### **Requisitos de produção**

Foi considerado que o ciclo completo dura aproximadamente um minuto.

- 1 peça/ciclo = 1 peça/min

Com o auxílio do Solid Edge, foi obtido a aproximação do volume total (rastelo + canal de alimentação):

- volume total = 55287 mm<sup>3</sup>

A partir da densidade teórica do ABS, foi obtida uma aproximação da massa que seria utilizada para o preenchimento do molde:

- massa total = 58g/ciclo

o que corresponde a um consumo de

- consumo = 3.480 Kg/h

Como foi calculada anteriormente, a capacidade de plastificação da injetora é de 40.7592 Kg/h, valor 1171% maior que o consumo, sendo, portanto, viável o uso dessa injetora.

### **Força de fechamento**

- Força necessária para garantir que as duas metades da ferramenta permaneçam fechadas no momento que o material plástico é injetado no interior da cavidade de modo que possa haver uma boa compactação do material e evitar a formação de rebarbas devido ao recuo do ferramental. É dado por

$$F = [A_m] \times [P_i]$$

onde

- F: força de fechamento

- A<sub>m</sub>: área projetada das moldagens

- P<sub>i</sub>: pressão de injeção

Sendo que a área projetada das moldagens foi obtida com o auxílio do Solid Edge e a pressão de injeção é tabelado de acordo com a injetora escolhida.

$$F = 87 \times 510$$

$$F = 44370 \text{ kgf} = 435.26 \text{ KN}$$

Como a força de fechamento limite da máquina é de 784,8 KN, o valor calculado é plenamente suficiente para o serviço.

### **Tensão sobre o molde**

Considerando que a força de fechamento atue principalmente sobre o macho e a fêmea e que a área da interface de contato entre eles é a menor área de aplicação dessa força (sendo, portanto a região de maior tensão), a tensão dessa região foi calculada para se verificar se o material escolhido suportaria.

$$\sigma = F/A$$

-  $\sigma$ : tensão (Pa)

- F: força de fechamento

- A: área de contato entre macho e fêmea

$$A = 18.352 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\sigma = 675.42 / (18.352 \times 10^{-3})$$

$$\sigma = 36.80 \text{ MPa}$$

Considerando que a tensão de escoamento de um aço estrutural é em torno de 250MPa, não ocorrerá falha devido a força de fechamento.

### **Resfriamento dos moldes**

$$Q = m \times c \times (T_1 - T_2)$$

onde

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora (J/h)

- m: massa do material (Kg/h)

- c: calor específico do material (J/Kg.K)

- (T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub>): variação da temperatura (K)

$$Q = 3.48 \times 1650 \times (200 - 60)$$

$$Q = 803,880 \text{ kJ/h}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = Q / (K \times T)$$

- Q: quantidade de calor a ser extraída por hora

- K: constante que leva em conta a eficiência da transmissão de calor

- T: variação de temperatura

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 803,880 / (0,1 \times 60)$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 134 \text{ kg/h} = 134 \text{ L/h} = 2,23 \text{ L/ciclo (L/min)}$$

Foi considerado que a água entra a 20°C e sai a 80°C. A constante K é tabelada e a considerada aqui corresponde a canais de resfriamento que empregam tubos de cobre.

## Observações

É importante notar que falta um sistema de refrigeração no molde. Mesmo assim, foram realizados os cálculos teóricos para um sistema considerado adequado às características da peça e do próprio molde.



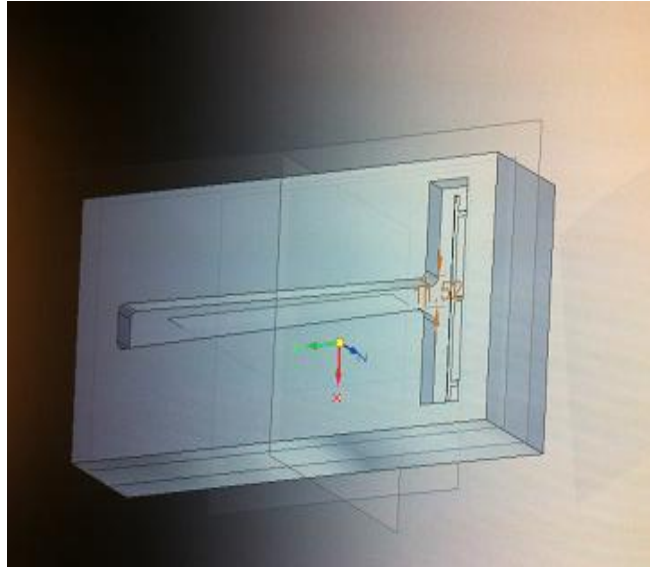


Figura 3: desenho da fêmea.

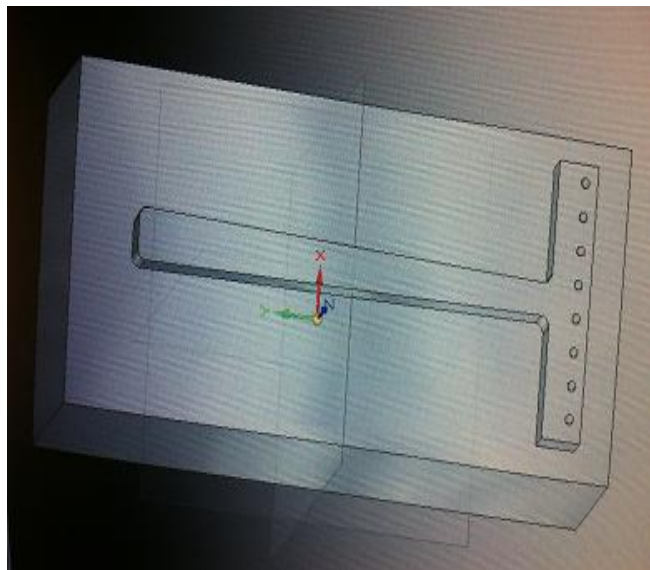









Figura 4: desenho do macho.

Peça	Operação	Descrição	Máquina
Macho	1	Fixar o macho e fresar o contorno da peça em 9,29mm	Fresadora
	2	Furar 8 lugares com profundidade de 10,79mm com distancia de 9,5mm entre cada diâmetro na parte cabeça do rastelo	Furadora
Fêmea	3	Fresamento dentro do contorno da peça com uma profundidade de 10,79mm	Fresadora
	4	Fresamento na cabeça do rastelo formando uma linha de largura 0,8mm	Fresadora

Figura 5: processos de fabricação do macho e da fêmea.



# Tabela - Dados de projeto

Injetados poliméricos - Dados de projeto													
Produto	Material	Custo (R\$/kg)	Consumo de material(kg/h)	Características corrigidas da injetora			Capacidade de injeção (g/s)	Cap. efetiva (kg/h): 60% de ef.	Força de fechamento (kN)	Tensão sobre o molde (Mpa)	Resfriamento		Peças por molde
				Capacidade de plastificação (g/s)	Capacidade de injeção (g/s)	Cap. efetiva (kg/h): 60% de ef.					Taxa de ref. (M/h)	Consumo de água (L/h)	
Balde de areia pequeno 	PMMA	5,75	3,24	16,85	22,93	36,4	675,2	1573	807,5	135	1		
Balde de areia grande 	PC	3,8	13,35	20,27	24,5	43,78	234,08	2,46	961,2	160,2	1		
Penetra 	POI	4,54	2,35	19,66	26,93	42,47	744,58	17,34	399,72	33,31	1		
Alça vermelha 	PEAD	3,2	0,58	14,53	19,84	31,36	420,55	-	177,04	27,84	2		
Paizinha 	PS	3,92	1,56	19	19	41,04	78,79	5	43,8	7,3	2		
Rastelo 	ABS	8,76	3,48	15,2	18,87	40,76	435,26	36,8	803,88	134	1		
Alça branca 	PP	7,2	1,34	12,82	33,37	27,69	146,59	50	411,95	9,9	4		

# Conclusão

---

Transformação da matéria-prima em materiais com valor agregado é a base da engenharia, e da concepção moderna de produção. Neste processo, há o envolvimento não só do fabricante das máquinas de modelagem mecânicas, mas também de uma equipe com encargo do desenvolvimento do produto e das etapas de produção de peças que vão de um simples balde plástico a uma estrutura aeroespacial.

Sob o ponto de vista de um Engenheiro de Materiais e Manufatura, é imprescindível a análise de fatores como grau de contração do material no molde, etapas de usinagem de uma cavidade, tratamento térmico nos metais do molde, polímero que agrega características ímpares ao material final e desenvolvimento de sistemas de produção que visam o aproveitamento da produção em seu máximo, sem deixar de lado a qualidade e a salubridade do ambiente de trabalho.

Ainda que tenham sido encontradas algumas dificuldades durante o desenho e a seleção do material do molde, a experiência adquirida com a busca de informações necessárias contribuiu fortemente para a nossa formação como engenheiros de projeto. Além disso, os projetos aqui desenvolvidos são bastante simples, tendo-se em vista que os alunos ainda não têm todo o conhecimento prático sobre o assunto.

A utilização de softwares torna o projeto mais técnico e de fácil manipulação, e sua incorporação no trabalho se tornou fulcral, visto que os cálculos que foram necessários foram feitos automaticamente por CAD.

## Bibliografia Consultada

---

1. Site: [www.enerpoly.com.br](http://www.enerpoly.com.br)
2. Site: <http://www.ferramentalrapido.ufba.br/moldagemporinjecao.htm>
3. Site: <http://www.ides.com/resinpricing/Secondary.aspx>
4. Apostila: Fundamentos de projeto de ferramentas – Moldes de injeção para termoplásticos. Prof. Mauro César Rabuski Garcia.
5. ROMI injetoras de plástico
6. Apostila: Projeto auxiliado por computador
7. Apostila: Projeto de um molde de injeção