



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá**

**DIEGO CARVALHO TOLENTINO VIANA**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DA PEÇA  
ALIMENTAÇÃO/LADRÃO PARA BANHEIRAS**

**Guaratinguetá**  
**2015**

**DIEGO CARVALHO TOLENTINO VIANA**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DA PEÇA  
ALIMENTAÇÃO/LADRÃO PARA BANHEIRAS**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Angelo Caporalli Filho

**Guaratinguetá  
2015**

V614e Viana, Diego Carvalho Tolentino  
Estudo da viabilidade de produção da peça alimentação/ladrão para  
banheiras / Diego Carvalho Tolentino Viana – Guaratinguetá, 2015.  
39 f : il.  
Bibliografia: f. 37-39

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade  
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.  
Orientador: Prof. Dr. Angelo Caporalli Filho

1. Moldagem por injeção de plástico 2. Processos de fabricação 3.  
Custo industrial I. Título

CDU 678.027.7

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DA PEÇA  
ALIMENTAÇÃO/LADRÃO PARA BANHEIRAS**

**DIEGO CARVALHO TOLENTINO VIANA**


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “GRADUADO  
EM ENGENHARIA MECÂNICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

  
Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Dr. ANGELO CAPORALLI FILHO  
Orientador/UNESP-FEG

  
Profa. Dra. MARIA CÂNDIDA MAGALHÃES DE FARIA  
UNESP-FEG

  
Prof. Dr. VALDIR ALVES GUIMARÃES  
UNESP/FEG

## **DADOS CURRICULARES**

**DIEGO CARVALHO TOLENTINO VIANA**

NASCIMENTO	07.04.1989 – PIRACAIA/SP
FILIAÇÃO	Carlos Viana Francisca Carvalho Tolentino Viana
2008/2015	Curso de Graduação Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá.

“A mente que se abre a uma nova ideia  
jamais voltará ao seu tamanho original”

(Albert Einstein)

VIANA, D. C. T. **Estudo da viabilidade de produção da peça alimentação/ladrão para banheiras**. 2015. 42 f. Trabalho de Graduação (Graduando em Engenharia de M) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

## **RESUMO**

A área de desenvolvimento de produtos trabalha diariamente na busca de novos materiais e tecnologias que atendam as exigências do mercado consumidor. Para isso, projetos são elaborados com o intuito de prever teoricamente o que realmente acontecerá. Na produção de aparelhos domésticos não é diferente. Para proporcionar um banho agradável ao consumidor, a produção de uma banheira conta com muitos componentes. Tendo isso em mente, este trabalho tem como objetivo estudar a possibilidade de produção por injeção plástica do conjunto alimentação/ladrão utilizado em banheiras e comparar seu custo de produção com o custo do conjunto adquirido de terceiros. O processo de injeção é utilizado em grande escala no cenário mundial devido suas inúmeras vantagens, porém, devido ao alto custo dos moldes, é importante estimar o tempo necessário para o retorno do investimento inicial. Para isso, um modelo foi desenhado para análise de dimensões para então ser iniciada a fase de estudo da possibilidade de injetar os componentes na injetora disponível e tempo de ciclo de produção. Com os resultados, verificou-se uma redução no custo do conjunto acabado, porém um tempo de retorno do investimento inicial muito longo devido ao atual cenário financeiro do país.

**PALAVRAS-CHAVE:** Banheiras. Injeção plástica. Alimentação/ladrão. Componente de banheiras. Acrilonitrila butadieno estireno. ABS.

VIANA, D. C. T. **Study of viability of the production of the piece water source/overflow pipe for bathtubs**. 2015. 42 f. Graduate Work (Graduate in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

### **ABSTRACT**

The product development field daily works in the chase of new materials and technologies that fulfills the requirements of the consumer market. So, projects are developed in order to theoretically predict what will actually happen. The production of household appliance is not different. To provide a pleasant bath to the costumer, the manufacture of a bathtub counts on many components. With this in mind, this work goal is to study the possibility of production by plastic injection of the assembly water source/overflow pipe used in bathtubs and compare its production cost with the cost of the assembly acquired from third parties. The injection process is widely used on the world stage because of its numerous advantages, however, due to the high cost of the molds, it is important to estimate the time required for the return of the initial investment. To do this, a model was designed to examine its dimensions and then initiate the study of the possibility to inject the components with the available injection machine and the production cycle. With the results, it was found that there was a reduction in the cost of the finished assembly, but a very long time to return the initial investment due to the current financial scenery of the country.

**KEYWORDS:** Bathtub. Plastic injection. Water supply/overflow pipe. Bathtub component. Acrylonitrile butadiene styrene. ABS.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Segmentação da indústria brasileira por tipo de mercado/aplicação. ....	10
Figura 2 – Termas de Caracala .....	13
Figura 3 - O sistema J-300, o primeiro sistema de hidromassagem do mundo. ....	14
Figura 4 – Exemplo de uma banheira de imersão. ....	15
Figura 5 – Exemplo de uma banheira de hidromassagem. ....	15
Figura 6 - Jato de hidromassagem com passagem Venturi. ....	16
Figura 7 – Exemplo de uma Spa.....	16
Figura 8 - Polimerização do ABS.....	19
Figura 9 - Ciclo básico do processo de injeção. Primeiro o molde é fechado (a), depois o material fundido é injetado (b), após o resfriamento, o molde é aberto (c) e a peça injetada é retirada (d). ....	20
Figura 10 - Conjunto atualmente adquirido de terceiros. ....	24
Figura 11 - Interferência das conexões necessárias para a instalação de banheiras. ....	25
Figura 12 - Fresadora a comando CNC Vitor Ciola utilizada, modelo Sculptor 1211, utilizada para a confecção do modelo de madeira.....	25
Figura 13 - Comparação do tamanho da proposta da moldura de acabamento com 5 mm a mais feito em madeira (esquerda) com a utilizada atualmente (direta). ....	26
Figura 14 - Modelo feito no Solid Edge™ do corpo. ....	27
Figura 15 - Montagem dos modelos feitos no Solid Edge™. ....	27
Figura 16 - Comparação das distâncias entre as conexões da proposta feita e da peça atualmente utilizada. ....	28
Figura 17 - Conjunto impresso por uma impressora 3D. À esquerda vemos seus componentes e a direita, a montagem.....	28
Figura 18 - Teste de vazão. À esquerda, o teste de vazão do modelo feito na impressora 3D. À direita, o teste de vazão com a peça utilizada atualmente. ....	29
Figura 19 - À esquerda, a nova proposta de corpo para o conjunto, à direita, um corte mostrando os dois canais diferentes para a passagem de água.....	30
Figura 20 - Máquina injetora Chuan Li Fa, modelo CLF-180TX-SC.....	31
Figura 21 - Linha de fechamento dos moldes.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Contração de materiais termoplásticos.....	18
Tabela 2 – Resultados dos testes de vazão. ....	29
Tabela 3 - Ficha técnica da máquina injetora CLF-180TX-SC.....	31
Tabela 4 - Características de resinas termoplásticas. ....	32

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	OBJETIVO.....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
2.1	HISTÓRIA .....	12
2.1.1	Banheiras de imersão .....	14
2.1.2	Banheira de hidromassagem.....	15
2.1.3	Spas .....	16
2.2	POLÍMEROS .....	17
2.2.1	Classificação .....	17
2.2.2	Contração térmica .....	18
2.2.3	Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) .....	19
2.3	PROCESSO DE INJEÇÃO .....	19
2.3.1	Capacidade de injeção .....	21
2.3.2	Capacidade de plastificação.....	21
2.3.3	Força de fechamento.....	22
2.3.4	Tempo de ciclo estimado .....	23
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....</b>	<b>31</b>
4.1	MATERIAIS E MÉTODOS .....	31
4.2	CAPACIDADE DE INJEÇÃO .....	32
4.3	CAPACIDADE DE PLASTIFICAÇÃO .....	32
4.4	FORÇA DE FECHAMENTO.....	33
4.5	TEMPO DE CICLO ESTIMADO .....	33
<b>5</b>	<b>ANALISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....</b>	<b>39</b>

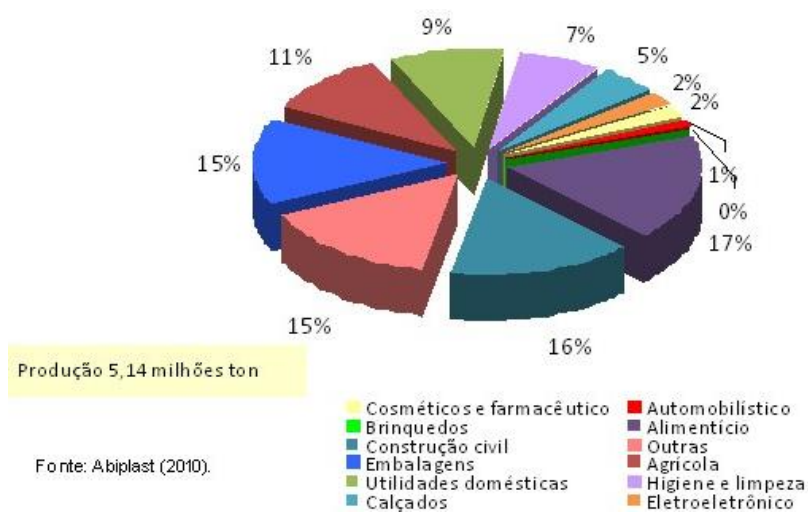
## 1 INTRODUÇÃO

Com a globalização e a alta produtividade, as áreas de pesquisas e desenvolvimento buscam por métodos e materiais que proporcionem melhor qualidade em seus produtos, reduzindo custo e diminuindo o tempo de produção.

Neste cenário, os materiais poliméricos vêm conquistando cada vez mais seu lugar nas linhas de produção, devida suas inúmeras características e aplicações.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST), em 2010 a produção mundial de resinas termoplásticas foi de 250 milhões de toneladas. A China é a maior produtora, correspondendo com 24,8% do total produzido. O Brasil teve uma produção de 5,14 milhões de toneladas, divididos em vários segmentos da indústria, como se verifica na figura 1.

Figura 1 – Segmentação da indústria brasileira por tipo de mercado/aplicação.



Fonte: (ABIPLAST, 2012)

Dos processos de transformação de termoplásticos, o processo de injeção é um dos mais utilizados. O grande sucesso desta tecnologia deve-se a uma série de vantagens, entre as quais se salientam: a elevada escala de produção, reprodutibilidade e precisão dimensional, bem como a flexibilidade em termos de geometria e dimensões de moldagem, pois a gama de produção vai desde as micro moldagens, inferiores a 1mg, até peças com mais de 100 kg (CUNHA, 2004).

Com a intensa demanda de materiais termoplásticos obtidos pelo processo de injeção, e a vasta gama de segmentos onde tais materiais são utilizados, como é mostrado na figura 1,

houve um crescimento no número de empresas responsáveis pela produção de moldes. Porém, devido o custo do produto final, estima-se que 75% da demanda nacional de moldes de grande porte sejam importados.

Apesar do baixo custo de produção de peças injetadas, esta tecnologia também é utilizada em produtos considerados de luxo, como automóveis e em banheiras de hidromassagem. Segundo a empresa Bayer Material Science (PLÁSTICO, 2012), em 2012, o mercado de banheiras movimentou no Brasil R\$ 120 milhões. Com a popularização dos equipamentos e um acesso maior para consumidores de rendas mais baixas, estimava-se um crescimento de 15% no mercado até 2014.

Conforme o mercado aumenta, novas tecnologias e componentes são criados para aumentar a produtividade e diminuir o custo final do produto, melhorando projetos e tornando as banheiras mais acessíveis e de fácil instalação.

## 1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver o projeto de um componente de banheiras alimentação/ladrão e estudar a viabilidade de implementar o processo de produção e comparar o custo final deste processo com o custo do produto, atualmente adquirido de terceiros, bem como avaliar o tempo de retorno do investimento realizado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 HISTÓRIA

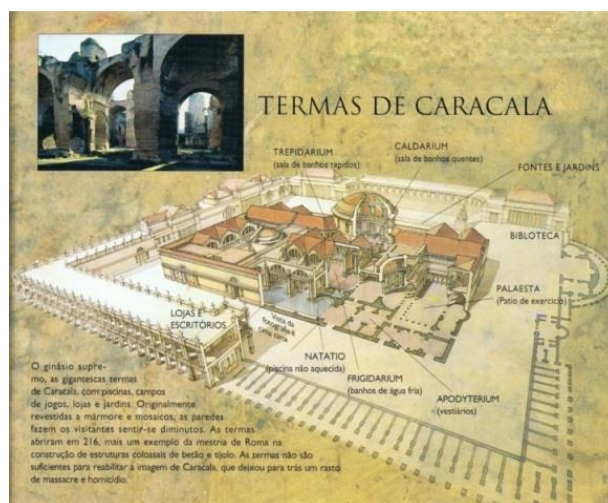
Conforme a humanidade procura novas tecnologias para facilitar a vida no seu cotidiano, o ato de se banhar também vem mudando. Apesar dos costumes diários com relação à higiene serem relativamente recentes, o hábito de se tomar banho tem seus primeiros registros datados por volta de 3000 a.C. no antigo Egito. Os egípcios praticavam rituais sagrados, com o intuito de purificar a alma, e se banhavam uma média de três vezes por dia.

Como não existiam sistemas de distribuição de água encanada, as pessoas se inclinavam num banco de pedra ou, às vezes, ficavam dentro de uma bacia rasa de pedra, enquanto água era derramada de jarros e bacias.

Apesar dos egípcios terem os primeiros relatos dos banhos, foram os gregos que iniciaram os banhos públicos, e perceberam os efeitos benéficos de águas aquecidas. Ainda hoje é possível encontrar palácios do período entre 1700 a.C. e 1200 a.C. bem preservados e com técnicas surpreendentes de distribuição de água. Estas habitações eram construídas em torno de nascentes de águas quentes, e serviam como ambiente para a vida social grega e palco para o trabalho de grandes filósofos.

Com a conquista da Europa pelo império romano, esta influencia grega foi visível na civilização romana, que aprimorou a ideia com a criação das conhecidas termas (ORIGEM DAS COISAS, 2013). Esses locais não existiam apenas para se lavar, mas para relaxar, conversar e encontrar amigos, contando em sua estrutura com jardins, bibliotecas, restaurantes, como pode ser observado na figura 2.

Figura 2 – Termas de Caracala



. Fonte: (ORIGEM DAS COISAS, 2015)

Junto com a expansão do império, enormes balneários públicos foram construídos. Tais construções se tornaram tão importantes quanto o fórum e o teatro, pois simbolizavam uma civilização bem estruturada.

No ano de 380, o cristianismo se tornou a religião oficial de Roma, e com isso, a liberdade que os romanos tinham para tomarem banhos públicos foi entrando em declínio. Conforme a igreja ganhava força, o ato de se tomar banho de corpo inteiro passou a ser considerado um ato de luxúria. Somente durante as Cruzadas (entre séculos XI e XIII), foi que os valores em relação à higiene voltassem a ter certo peso, devido ao fato da igreja não ter tido influência das civilizações orientais (ASHCAR; FARIA, 2008).

Porém, segundo Wright (1967), entre os séculos XVI e XVII, ocorreu outro retrocesso na prática dos banhos regulares. Cristãos inflexíveis bradavam que o excesso de banho ajudava a dilatar os poros, fazendo com que até médicos acreditassem que isto facilitava a entrada para doenças.

Mas tudo mudou quando no século XIX, Louis Pasteur descobriu a existência de micro-organismos, e que estes eram capazes de transmitir doenças, e que o banho não era o motivo para as enfermidades, mas sua falta.

A partir de 1880, teve início a produção em série de banheiras de cobre e ferro fundido com torneiras de água quente e designs mais próximos dos modelos atuais. A água era aquecida por caldeiras alimentadas pelos fogões das cozinhas.

Banheiras com sistemas de hidromassagens só foram criadas em meados do século XX. Em 1921, a família Jacuzzi começa a produzir bombas hidráulicas nos Estados Unidos.

Em 1956, um dos membros da família, Ken Jacuzzi, sofria de artrite reumatoide e necessitava urgentemente de um tratamento. Seu pai, Candido Jacuzzi, com o objetivo de aliviar a dor de seu filho, começou a investigar uma forma de adaptar uma das bombas hidráulicas que utilizavam para o sistema de irrigação em uma banheira com água morna. Então, ele desenvolveu o primeiro sistema no mundo de hidromassagem, o J-300, como pode ser observado na figura 3 (MUNDO DAS MARCAS, 2006).

Figura 3 - O sistema J-300, o primeiro sistema de hidromassagem do mundo.



Fonte: (ORIGEM DAS COISAS, 2015)

Porém, apenas em 1968, Roy Jacuzzi, sobrinho de Candido, percebeu que a invenção de seu tio seria uma boa tecnologia a ser inserida no mercado da saúde. Com seus conhecimentos em bombas hidráulicas, conseguiu desenvolver um sistema que misturava ar e água, dando origem a primeira banheira de hidromassagem, batizada de *Roman Bath* Jacuzzi, fazendo referência aos antigos banhos romanos.

A partir de então, muitas alterações foram feitas desde as primeiras banheiras de cobre e ferro fundido. A inclusão de um sistema de hidromassagem fez com que mais investimentos fossem gastos na área.

A quantidade de componentes em uma banheira pode ser tão grande, que foram criadas categorias para diferenciar os tipos de banheiras. Essa divisão é feita levando em consideração principalmente os componentes presentes no produto acabado. Estes conjuntos são:

### 2.1.1 Banheiras de imersão

São os modelos semelhantes às primeiras banheiras, onde não há componentes eletrônicos nem hidráulicos, somente uma válvula ou registro para a alimentação de água e uma válvula de drenagem. Um exemplo deste modelo pode ser observado na figura 4.



Atualmente, sua carcaça é feita a base de acrílico ou gel *coat* laminados com fibra de vidro, apesar de ainda existir produção de banheiras em ferro fundido ou cobre.

Figura 4 – Exemplo de uma banheira de imersão.



Fonte: (Astra S/A, 2015)

### 2.1.2 Banheira de hidromassagem

São as banheiras que possuem o sistema composto por uma motobomba e um ou mais jatos de hidromassagem, como mostrado na figura 5.

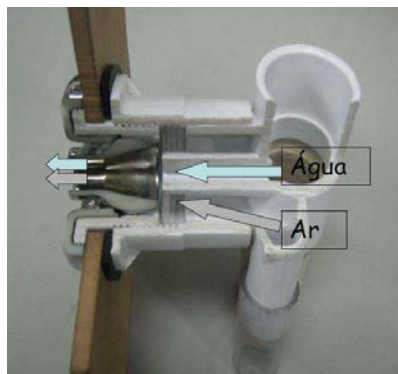
Figura 5 – Exemplo de uma banheira de hidromassagem.



Fonte: (Astra S/A, 2015)

A motobomba faz a sucção da água e a bombeia para os jatos, que possuem em seu corpo uma passagem Venturi, fazendo com que o ar passe juntamente com a água pelo seu bico e forme bolhas, como pode ser verificado na figura 6.

Figura 6 - Jato de hidromassagem com passagem Venturi.



Fonte: (Autor, 2015)

### 2.1.3 Spas

As spas são banheiras em média maiores, com capacidade para mais pessoas, mais componentes, e que não são esvaziadas após cada uso, por isso, possuem filtros. É possível verificar na figura 7 a quantidade de componentes em uma spa.

Figura 7 – Exemplo de uma Spa.



Fonte: (Astra S/A, 2015)

Apesar das diferenças, uma peça esta presente em todos os modelos produzidos. Esta peça é a alimentação/ladrão, que como o próprio nome diz, tem a função de abastecer a banheira e garantir que a água não ultrapasse certo limite.

## 2.2 POLÍMEROS

A palavra polímero origina-se do grego poli (muitos) e mero (unidade de repetição). Assim, um polímero é uma macromolécula composta por muitas (dezenas de milhares) de unidades de repetição denominadas meros, ligadas por ligação covalente. A matéria-prima para a produção de um polímero é o monômero, isto é, uma molécula com uma (mono) unidade de repetição (CANEVAROLO Jr, 2006).

### 2.2.1 Classificação

Os polímeros podem ser divididos de várias maneiras. Neste trabalho, a forma mais relevante é conforme as características mecânicas. Neste aspecto, os polímeros se dividem em:

#### 2.2.1.1 Polímeros Termoplásticos

Segundo Canevarolo Jr (2006), são polímeros que possuem ligações químicas fracas entre suas cadeias e assim, quando aquecidos, são facilmente rompidas, permitindo a movimentação destas cadeias. Ao resfriar, endurecem e retêm a forma do molde que foram submetidos em temperaturas elevadas. Esta facilidade na separação das cadeias poliméricas permite que os polímeros termoplásticos possam ser fundidos varias vezes, tornando-os recicláveis.

#### 2.2.1.2 Polímeros Termorrígidos

Segundo Canevarolo Jr (2006), são polímeros que, em razão de sua infusibilidade, são moldados em estágios anteriores à formação final do polímero. Durante esta moldagem, são formadas ligações cruzadas entre as moléculas, o que dificulta a movimentação das cadeias poliméricas entre si, sendo necessária uma temperatura muito elevada, rompendo também as ligações que constituem a cadeia polimérica.

#### 2.2.1.3 Elastômeros

Segundo Canevarolo Jr (2006), são polímeros com grau de elasticidade elevados a

temperatura ambiente. Sua estrutura molecular é semelhante ao do termorrígido, mas o número de ligações entre as cadeias é menor, o que possibilita uma movimentação entre as cadeias, sem que resulte em uma deformação permanente. Analogamente aos termorrígidos, são infusíveis.

#### 2.2.1.4 Fibras

Segundo Canevarolo Jr (2006), são polímeros que tem uma razão elevada entre seu comprimento e seu diâmetro ( $L/D \geq 100$ ). Compostos principalmente de cadeias lineares orientadas longitudinalmente, o que aumenta a resistência mecânica na direção em que estão orientadas.

Neste estudo, usaremos os polímeros termoplásticos, devido à facilidade de manipulação no processo de moldagem por injeção.

### 2.2.2 Contração térmica

Segundo Harada (2004), entende-se por contração ou encolhimento, a diferença entre as dimensões da peça injetada, após alcançar o equilíbrio térmico em temperatura ambiente, e o tamanho da cavidade em que a peça foi injetada.

Esta propriedade deve ser analisada nos projetos de conformação de polímeros, pois a confecção do molde deve levar em consideração a contração do material para se obter as dimensões projetadas. Observa-se na tabela 1, a contração de alguns materiais termoplásticos.

Tabela 1 - Contração de materiais termoplásticos.

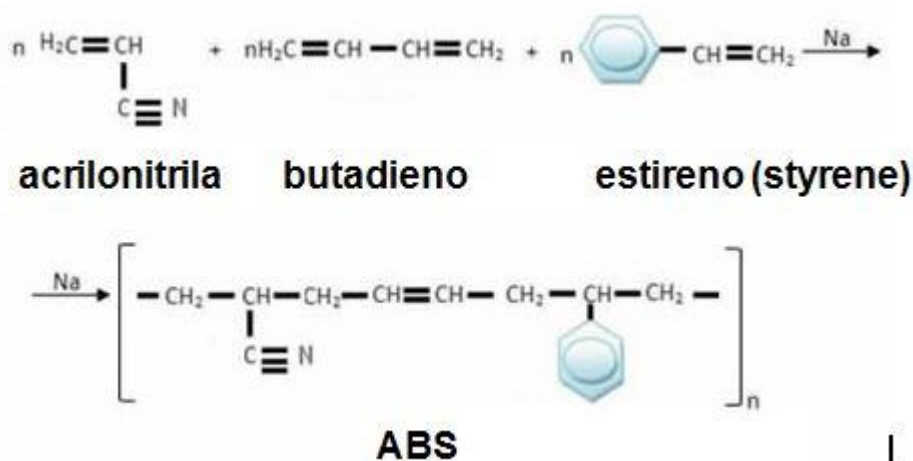
<b>Material</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Contração (%)</b>
Poliamida	PA	1,0 – 1,5
Polipropileno	PP	1,0 – 2,0
Polioximetileno	POM	1,7 – 2,1
Policarbonato	PC	0,5 – 0,7
Acrlonitila - Butadieno - Estireno	ABS	0,4 – 0,6
Metilmetacrilato	PMMA	0,3 – 0,6
Cloreto de Polivinila (Rígido)	PVC	0,1 – 0,2
Cloreto de Polivinila (Flexível)	PVC	0,2 – 2,0

Fonte: (HARADA, 2002)

### 2.2.3 Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)

O ABS é um copolímero formado pela combinação de acrilonitrila, butadieno e estireno pelo processo de copolimerização. Este copolímero é obtido pela polimerização do estireno e da acrilonitrila na presença de polibutadieno. O resultado deste processo é uma cadeia longa de polibutadieno interligadas por cadeias curtas de acrilonitrila e estireno. As cadeias são ligadas pelos grupos de nitrila, por serem polares, presentes nas cadeias vizinhas, como pode ser observado na figura 8.

Figura 8 - Polimerização do ABS.



Fonte: (MUNDO EDUCAÇÃO, 2015 )

A vasta escala de propriedades úteis na engenharia demonstrada pelo ABS é devida as propriedades combinadas de cada componente. A acrilonitrila contribui com a melhora da resistência química e ao calor e também aumenta a resistência a tenacidade; o butadieno contribui com melhora da resistência ao impacto e baixa propriedade de retenção; e o estireno fornece o brilho superficial, rigidez e facilidade de processamento (SMITH, 2012).

Devido a todos os fatos citados anteriormente, o ABS foi escolhido como material para a produção de todos os componentes do conjunto estudado.

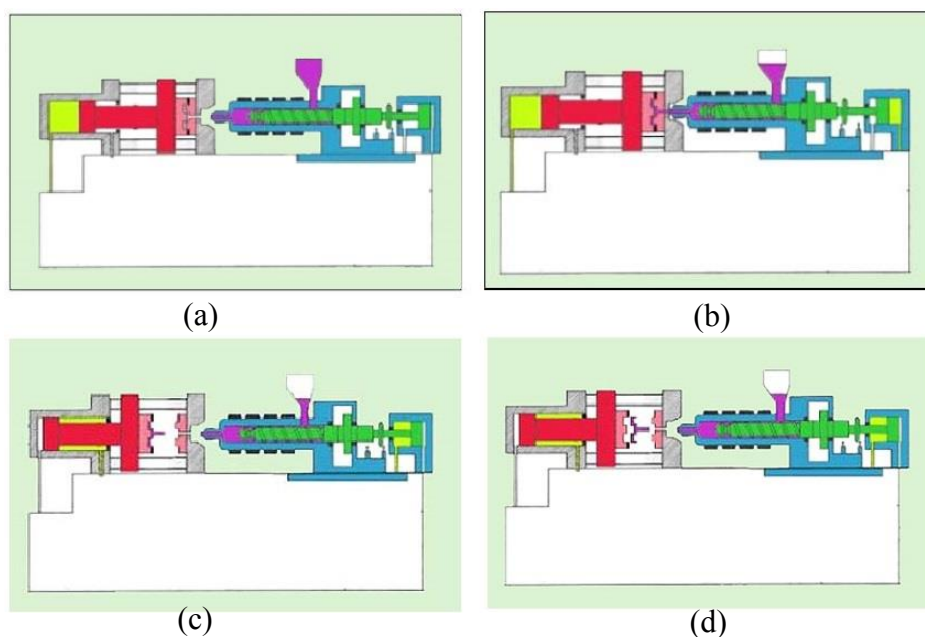
## 2.3 PROCESSO DE INJEÇÃO

Desde 1945, a indústria do plástico tem-se expandido. Com o fim da 2ª Guerra Mundial, o aparecimento de indústrias petroquímicas alavancou o desenvolvimento da modelação por

injeção. Atualmente, pode ser considerado como um dos processos de maior importância industrial, pelo fato de permitir a obtenção de formas complexas.

Observa-se na figura 9 que o processo de modelação por injeção começa com a alimentação do tanque da máquina com material plástico granular. Este material é movido pela movimentação de uma rosca sem fim em uma região aquecida, onde se funde e é injetado sob pressão através dos sistemas de canais e, quando em contato com as paredes do molde frio, resfria-se solidificando. A máquina então abre o molde, permitindo assim a retirada do produto pelo mecanismo ejetor da máquina. O molde então volta a se fechar e um novo ciclo se inicia.

Figura 9 - Ciclo básico do processo de injeção. Primeiro o molde é fechado (a), depois o material fundido é injetado (b), após o resfriamento, o molde é aberto (c) e a peça injetada é retirada (d).



Fonte: (MOLDES INJEÇÃO PLÁSTICO, 2015)

As máquinas injetoras podem ser divididas com relação ao seu eixo de fechamento (horizontal ou vertical), ao sistema de fechamento (mecânico, hidráulico ou hidráulico-mecânico) ou a unidade de injeção (pistão ou rosca).

Tendo disponível uma máquina injetora, é necessário conferir se a máquina atende os requisitos para a produção de tal projeto para então poder verificar o tempo gasto para a produção de cada peça. Então, é necessário calcular algumas variáveis no processo. Segundo Harada (2004), as principais variáveis são:

- Capacidade de injeção
- Capacidade de plastificação
- Força de fechamento
- Pressão de injeção

### 2.3.1 Capacidade de injeção

As máquinas injetoras são normalmente especificadas pelo peso máximo de material que pode ser moldado a cada injeção. Atualmente, o peso é dado em gramas de poliestireno. Se o material a ser usado difere daquele para o qual a máquina está especificada, deve ser efetuada a correção para qualquer diferença entre o seu peso, o fator volumétrico do material da especificação, e o que vai ser utilizado (HARADA, 2004). Segundo Garcia, (2008), recomenda-se, por razões de qualidade, que a capacidade de injeção efetivamente utilizada na injetora esteja entre 30% e 80% da capacidade máxima da injetora, e pode ser calculada pela equação (1):

$$C_{i_b} = C_{i_a} \cdot \frac{\gamma_b}{\gamma_a} \cdot \frac{f_a}{f_b} \quad (1)$$

Onde:

$C_i$  = capacidade de injeção (g).

$\gamma$  = densidade

$f$  = fator volumétrico

$a$  = dados do material de referência (PS)

$b$  = dados do material a ser injetado (ABS)

### 2.3.2 Capacidade de plastificação

É a quantidade de material que a máquina pode elevar à temperatura de moldagem em uma hora. Para especificação de uma máquina, deve-se considerar ainda um fator de segurança igual a 0,8. Ou seja, deve-se especificar uma máquina considerando que a mesma terá um emprego máximo de 80% da sua capacidade nominal (GARCIA, 2008).

Assim como a capacidade de injeção, a capacidade de plastificação é expressa em quilogramas de poliestireno por hora pelos catálogos de máquinas. Logo, se os cálculos forem relativos a outra resina, também é preciso fazer uma correção, que leva em conta as quantidades de calor necessárias para fundir a mesma massa de cada resina (GARCIA, 2008). A capacidade de plastificação pode ser calculada através da equação (2).

$$C_{p_b} = C_{p_a} \cdot \frac{q_a}{q_b} \quad (2)$$

Onde:

$C_p$  = capacidade de plastificação (kg/h).

$q$  = quantidade de calor necessária para plastificar o polímero (kcal/kg)

$a$  = dados do material de referência (PS)

$b$  = dados do material a ser injetado (ABS)

### 2.3.3 Força de fechamento

Segundo Harada (2002), a máquina injetora exerce no interior da cavidade do molde uma força que tende a abri-lo. Essa força é proporcional à área projetada da moldagem e dos canais de distribuição e a pressão de injeção que deve ser resistida pela força de fechamento.

Segundo Garcia (2008), a pressão na cavidade deve ser uma estimativa da pressão média do material na cavidade, durante a injeção. Esta pressão pode ser relacionada com a pressão hidráulica da rosca durante a injeção da seguinte forma: devido às perdas de pressão no sistema de alimentação, a pressão na cavidade varia de 1/3 a 1/2 da pressão de injeção, que, por sua vez é da ordem de 10 vezes maior do que a pressão hidráulica, devido à relação de áreas internas entre os cilindros hidráulicos e de aquecimento (canhão). Porém, na etapa de definição da máquina mais adequada para certo molde, ainda não é conhecida a pressão hidráulica que seria programada, o que somente é definido nos testes preparatórios à produção, com o molde já na máquina. Assim, a pressão média na cavidade deve ser estimada com a equação (3).

$$F_f = A \cdot P \cdot s \quad (3)$$



Onde:

$F_f$  = força de fechamento (kgf).

$A$  = área projetada (cm<sup>2</sup>)

$P$  = pressão na cavidade (kgf/cm<sup>2</sup> ou bar).

$s$  = fator de segurança (1,1 – 1,4).

### 2.3.4 Tempo de ciclo estimado

Segundo Garcia (2008), o tempo total de ciclo é o somatório dos tempos de fechamento, abertura, extração, avanço e recuo da unidade de injeção (caso ocorram), molde aberto e molde fechado conforme a equação (4). Os catálogos de máquinas injetoras costumam informar o tempo correspondente a abertura, fechamento, extração e de movimentação da unidade injetora, conhecido como ciclo a seco.

Os tempos de injeção e recalque podem ser estimados pela prática, por simuladores de fluxo (CAE) ou pela equação (5). O tempo de resfriamento é determinado também por CAE, por gráficos ou pela equação (6). Embora durante o preenchimento da cavidade haja resfriamento (formação de camada solidificada ou casca), o resfriamento mais efetivo de toda a cavidade só se dá ao término da pressurização, ou seja, com o início do recalque. Assim, para efeitos práticos, considera-se que o tempo de resfriamento inicia a contar juntamente com o tempo de recalque (Garcia, 2008).

$$T_C = t_{ref} + t_{inj} + t_{f,a,e} \quad (4)$$

$$t_{inj} = \frac{P_m}{\gamma \cdot V_{inj} \cdot 0,8} \quad (5)$$

Onde:

$T_C$  = tempo total de ciclo [s]

$t_{inj}$  = tempo de injeção [s]

$t_{ref}$  = tempo de resfriamento [s]

$t_{f,a,e}$  = tempo de fechamento, abertura e extração (ciclo seco;) [0,5s à 3s]

$P_m$  = peso de moldagem [g]

$\gamma$  = peso específico do material [g/cm<sup>3</sup>]

$V_{inj}$  = vazão de injeção [cm<sup>3</sup>/s]

O tempo de resfriamento pode ser calculado pela equação de Wübken:

$$t_{ref} = \frac{s^2}{\alpha_{ef} \cdot \pi^2} \cdot \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{T_{inj} - T_{mol}}{T_{ext} - T_{mol}} \right) \quad (6)$$

Onde:

$s$  = espessura da parede (mm)

$\alpha_{ef}$  = difusividade térmica efetiva média (mm<sup>2</sup>/s)

$T_{inj}$  = temperatura de injeção

$T_{mol}$  = temperatura do molde

$T_{ext}$  = temperatura de extração

### 3 ESTUDO DE CASO

Apesar do grande número de banheiras e de componentes utilizados, a peça alimentação/ladrão tem sua importância por estar presente em todos os modelos.

Para exercer sua função, a peça possui dois furos em seu corpo. Um furo que possui uma rosca padrão NPT, que é conectada ao sistema de abastecimento de água do ambiente em que a banheira está instalada e outro furo liso de em que uma mangueira conecta a peça diretamente à tubulação de drenagem da banheira.

Além do corpo, a peça é constituída por uma capa divisora de fluxo, que evita que a água de alimentação vá para o ladrão e conseqüentemente seja desperdiçada; uma moldura de acabamento e uma porca para fixação da peça na banheira. Os componentes do conjunto podem ser observados na figura 10.

Figura 10 - Conjunto atualmente adquirido de terceiros.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Atualmente este conjunto é adquirido de terceiros. Porém, devido a um erro de projeto, ocorre um problema durante a instalação das banheiras. Verifica-se na figura 11 que os dois furos ficam muito próximo, fazendo com que ocorra uma interferência entre as conexões necessárias para a instalação.

Figura 11 - Interferência das conexões necessárias para a instalação de banheiras.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Com o intuito de solucionar este problema, foi feita uma proposta de projeto com um acréscimo de 5 milímetros no diâmetro de cada componente. Então, utilizando o programa CAD Solid Edge™, desenvolvido pela Siemens PLM Software, foi possível fazer na fresadora CNC, exemplificada na figura 12, um protótipo de madeira para uma comparação visual da diferença de tamanho entre a moldura de acabamento utilizada atualmente e de como ficará caso seja produzida, como se observa na figura 13.

Figura 12 - Fresadora a comando CNC Vitor Ciola utilizada, modelo Sculptor 1211, utilizada para a confecção do modelo de madeira.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Figura 13 - Comparação do tamanho da proposta da moldura de acabamento com 5 mm a mais feito em madeira (esquerda) com a utilizada atualmente (direita).



Fonte: (AUTOR, 2015)

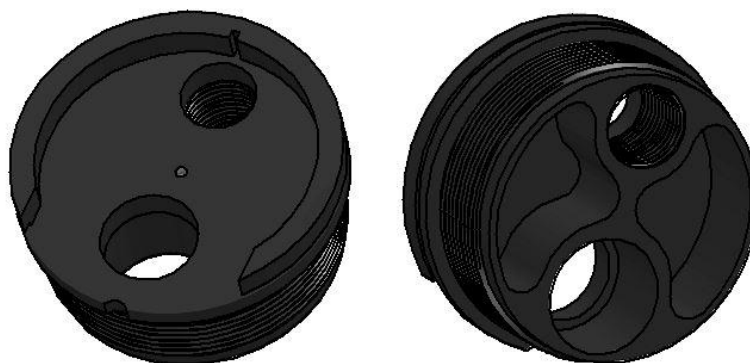
É possível notar que visualmente, não há muita diferença no tamanho, ficando definido que esta seria a nova dimensão do acabamento.

Com o tamanho aprovado, os outros componentes foram modelados. O primeiro componente a ser modelado no programa foi o corpo. O Corpo é a maior peça do conjunto, e onde todos os outros componentes são conectados. No corpo se encontram os dois furos de passagem de água que estão muito próximos, dificultando a ligação da banheira ao sistema hidráulico do ambiente.

No primeiro modelo, além do aumento em seu diâmetro, foi feita uma rosca métrica padrão M68x2 e aumentou-se também a distância dos furos, deixando-os com as mesmas características, como rosca e diâmetro nominal. Foram também feitos rasgos para servir de guias para o encaixe das outras peças, prevenindo assim a montagem errada do conjunto.

Por fim, verifica-se na figura 14, que em lugares em que não haveria furos e não comprometessem a estrutura da peça, foi retirado material com o intuito de economizar.

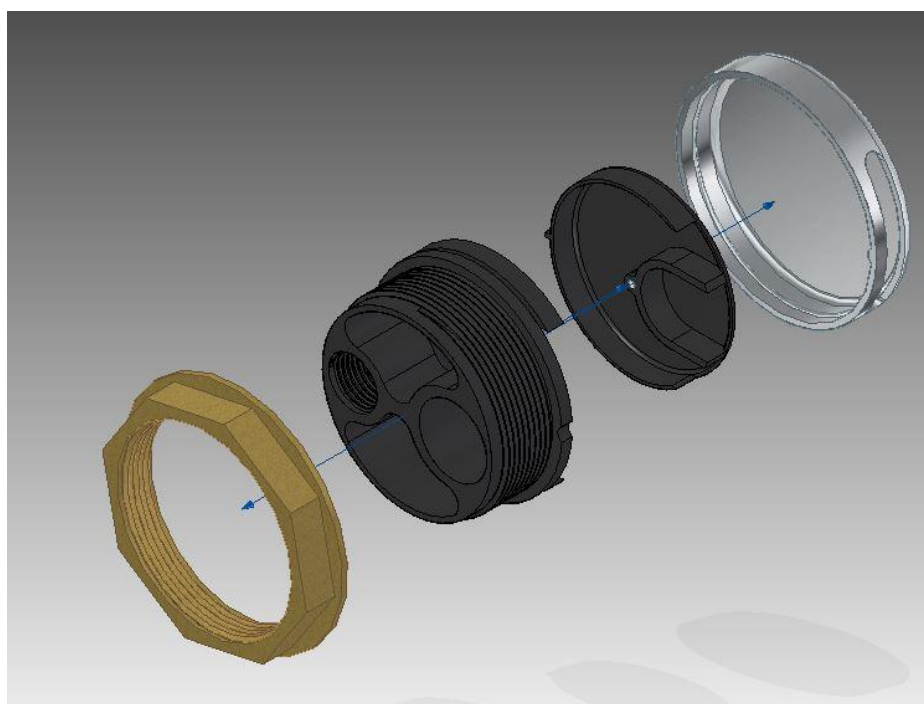
Figura 14 - Modelo feito no Solid Edge™ do corpo.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Em seguida, foi feito o modelo do divisor de fluxo. Este componente, juntamente com o corpo, define as proporções por fazerem com que todo o conjunto realize sua função principal. No primeiro modelo desenhado, assim como a porca e a moldura de acabamento, o divisor de fluxo teve apenas seu diâmetro aumentado e a inclusão de uma guia para a montagem no corpo. Observa-se na figura 15 a montagem do conjunto.

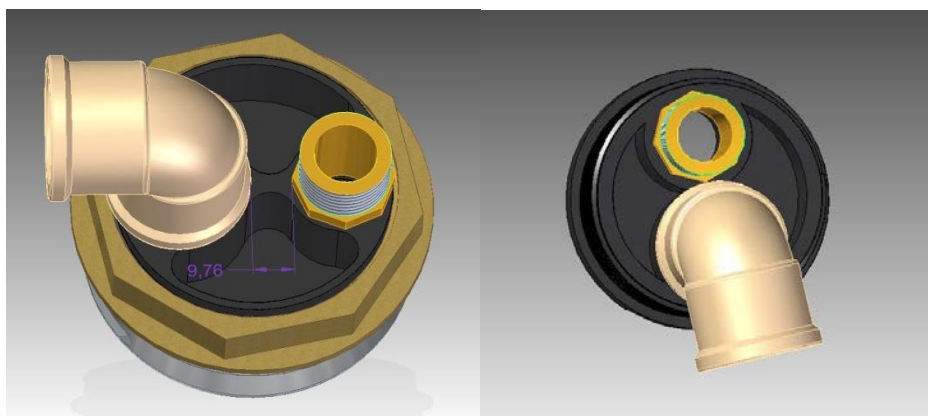
Figura 15 - Montagem dos modelos feitos no Solid Edge™.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Neste modelo feito em escala, foi possível notar o aumento da distância entre as conexões a serem instaladas. Para se fazer esta análise, foram desenhados também um niple padrão de meia polegada e um cotovelo padrão de três quartos de polegada. Na figura 16, pode-se observar a distância entre as conexões, comparada com a interferência que ocorre atualmente.

Figura 16 - Comparação das distâncias entre as conexões da proposta feita e da peça atualmente utilizada.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Assim que foi definido que o tamanho do desenho tinha proporções satisfatórias, foi providenciado um modelo de todos os componentes. Para isso, o mesmo modelo do conjunto feito no Solid Edge™ foi impresso em Verowhite Fullcure utilizando uma impressora 3D conforme figura 17. Este foto polímero, por ser curado com luz ultravioleta, pode ser manuseado imediatamente após sua construção.

Figura 17 - Conjunto impresso por uma impressora 3D. À esquerda vemos seus componentes e a direita, a montagem.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Por não sofrer nenhum esforço, o único teste necessário para o novo conjunto seria um teste de vazão. O motivo do teste foi para garantir que mantendo-se a área da seção transversal de saída de água, poderíamos variar a altura do divisor de fluxo se alterar a vazão de água. Para isso, foi utilizada uma caixa d'água a uma cota de 4 metros em relação ao registro de saída e um registro de esfera, que por estar ligada uma passagem plena, possui uma perda de carga insignificante, e um balde de volume conhecido de 14 litros conforme figura 18. Os resultados se encontram na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados dos testes de vazão.

<b>Modelo</b>	<b>Volume (l)</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Vazão (l/min)</b>
Atual	14	23	36,5
Proposta	14	23	36,5

Fonte: (AUTOR, 2015)

Figura 18 - Teste de vazão. À esquerda, o teste de vazão do modelo feito na impressora 3D. À direita, o teste de vazão com a peça utilizada atualmente.



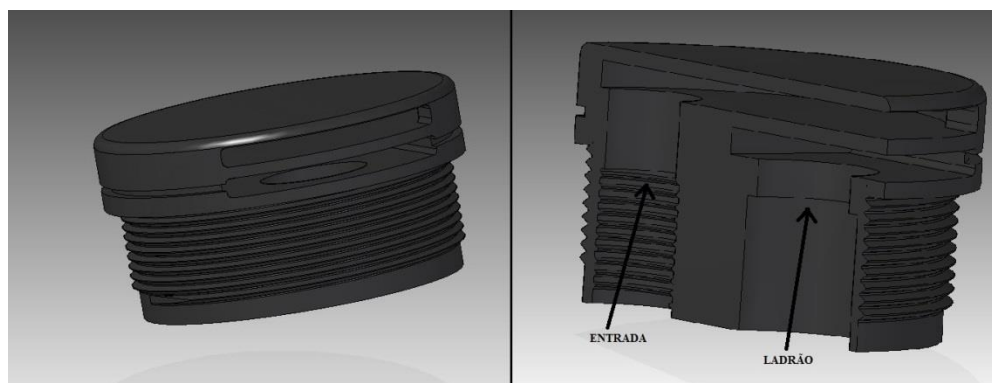
Fonte: (AUTOR, 2015)

Como pôde ser observado na tabela, as vazões de ambos os conjuntos são iguais, revelando que a perda de carga no conjunto em função da diminuição da altura do divisor de fluxo é insignificante se mantermos a área da seção transversal de saída.

Com o intuito de reduzir o investimento em moldes, foram discutidos métodos para diminuir a quantidade de moldes utilizados. Para isso, decidiu-se transformar o corpo e o divisor de fluxo em uma peça só, tendo sua divisão feita por dois canais diferentes, mantendo-

se as áreas de seção transversal, como mostrado na figura 19.

Figura 19 - À esquerda, a nova proposta de corpo para o conjunto, à direita, um corte mostrando os dois canais diferentes para a passagem de água.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Este foi o projeto aprovado, a partir de então, começou-se o estudo para a injeção do conjunto.



## 4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

### 4.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Como já temos uma máquina injetora definida para este projeto, devemos verificar se esta atende as necessidades para a produção do conjunto. Para a elaboração do projeto, alguns dados foram definidos com base na experiência dos responsáveis pela máquina. Especificando o material utilizado na confecção da peça, o programa Solid Edge™ informa o peso em quilogramas, possibilitando assim, uma análise aproximada. As características fornecidas pela ficha técnica da injetora CLF-180TX-SC podem ser verificadas na tabela 3, assim como pode ser observado o modelo na figura 20.

Tabela 3 - Ficha técnica da máquina injetora CLF-180TX-SC.

Propriedade	Unidade	Valor especificado
Diâmetro da rosca	mm	30
Volume teórico de inj.	cm <sup>3</sup>	148
Pressão de injeção	kg/cm <sup>2</sup>	2800
Velocidade máx. de injeção	mm/s	466
Taxa máxima de injeção	cm <sup>3</sup> /s	329
Capacidade de plastificação	kg/h	41
Força de fechamento	kN	1800

Fonte: Adaptado de (CHUAN LI FA, 2015)

Figura 20 - Máquina injetora Chuan Li Fa, modelo CLF-180TX-SC.



Fonte: Adaptado de (CHUAN LI FA, 2015)

## 4.2 CAPACIDADE DE INJEÇÃO

Como já foi especificado na seção 2.3.1, é necessário converter a capacidade indicada na ficha técnica do produto de gramas de poliestireno (PS) para o material desejado (ABS). Utilizando a tabela 3, os dados da figura 19 e a equação (1), temos:

Tabela 4 - Características de resinas termoplásticas.

Material	Temp. de Injeção [°C]	Temp. do molde [°C]	Temp. de extração [°C]	Densidade Média a 20°C [g/cm³]	Densidade média na Temp de injeção [°C]	Fator Volumétrico	Quantidade de calor [kcal/kg]
ABS	240	50-85	< 90	1,05	0,95	1,8 – 2,0	140 – 170
OS	240			1,05	0,95	1,9 – 2,15	120 – 150

Fonte: (GARCIA, 2008)

$$C_{i_b} = 182 \cdot \frac{0,95}{0,95} \cdot \frac{2,15}{2,00}$$

$$C_{i_b} = 195,65 \text{ g}$$

O Solid Edge™ indica que o peso do corpo é de oitenta gramas, o seja, 47,40% do total da máquina, que se encontra na faixa da capacidade de injeção efetivamente utilizada.

## 4.3 CAPACIDADE DE PLASTIFICAÇÃO

Analogamente a seção 4.1, utilizando a tabela 3, os dados da figura 19 equação (2) temos:

$$C_{p_b} = \frac{55000}{3600} \cdot \frac{150}{170}$$

$$C_{p_b} = 13,48 \text{ g/s}$$

Conforme foi especificado na seção 2.3.2, apenas 80% desta capacidade é efetivamente utilizada, então.

$$C_{pb} = 0,8 \cdot 13,48 \text{ g/s}$$

$$C_{pb} = 10,78 \text{ g/s}$$

#### 4.4 FORÇA DE FECHAMENTO

Como a peça terá uma rosca externa, o fechamento do molde passará pelos eixos dos furos. O fechamento dos moldes, indicado pela linha laranja, pode ser observado na figura 21.

Figura 21 - Linha de fechamento dos moldes.



(fonte: Autor)

Assim, a área projetada, dada no software, é de 26,136 cm<sup>2</sup>. Utilizando este dado, a equação (3), e estimando a pressão da cavidade por experiência do ferramenteiro, temos:

$$F_f = 26,136 \cdot 170 \cdot 1,3$$

$$F_f = 5776,056 \text{ kgf} = 56,644 \text{ kN}$$

Assim, a máquina tem as características necessárias para a elaboração do projeto.

#### 4.5 TEMPO DE CICLO ESTIMADO

Para comparar o custo de produção total, é necessário verificar o tempo estimado de produção da peça. Calculando o tempo de injeção com a equação (5), e utilizando os dados já calculados, temos:

$$t_{inj} = \frac{80}{0,95 \cdot 448 \cdot 0,8}$$

$$t_{inj} = 0,23 \text{ s}$$

Considerando a difusividade térmica média do ABS igual a 0,08 mm<sup>2</sup>/s, calculamos o tempo de refrigeração com a equação de Wübken (6):

$$t_{ref} = \frac{5,5^2}{0,08 \cdot \pi^2} \cdot \ln\left(\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{240 - 67}{90 - 67}\right)$$

$$t_{ref} = 69,26 \text{ s}$$

Assim, o tempo de ciclo estimado se dá pela equação (4):

$$T_c = 69,26 + 0,85 + 2$$

$$T_c = 72,11 \text{ s}$$

Este tempo total é o tempo estimado para se produzir uma única peça. Como o custo da produção é dado em hora, temos que o número de peças produzidas em uma hora é:

$$N = \frac{3600}{72,11}$$

$$N \cong 50 \text{ peças/hora}$$

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os cálculos foram feitos tomando o corpo do conjunto como referência, por ser a peça com maior custo de produção e por ser a que levará mais tempo para ser produzida. O cálculo para os outros componentes é feito da mesma maneira.

Apesar das incógnitas do processo serem ajustadas conforme se dá andamento na produção, os resultados nos dão uma ideia do que se esperar, e indicam a possibilidade de se produzir o componente na máquina injetora proposta inicialmente

A partir da estimativa do tempo de ciclo, é possível levantar o custo de produção da peça, somando com outros fatores, como: material, energia consumida, manutenção, depreciação e mão de obra. Estes dados são obtidos a partir de análises da produção de outras peças que foram e de peças que atualmente são produzidas na empresa.

A redução de um molde no projeto reduziria o preço do investimento em cerca de 20%. O custo total de produção estimado será de 1,7968 reais. Atualmente, o conjunto adquirido de terceiros custa 5,1274 reais. O orçamento feito para os três moldes foi de 82000,00 reais, e a média de vendas entre os meses de março e agosto de 2015 foi de 300 peças por mês, dando um total de aproximadamente 84 meses para o retorno do investimento do molde.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Apesar de termos os cálculos como ferramenta para prever certos processos, a experiência adquirida por aqueles que trabalham com as máquinas e moldes há anos é indispensável na hora de se fazer um projeto.

Com as estimativas, é possível notar que o projeto é viável do ponto de vista da engenharia por ser mais barato e por adquirir tecnologia para a empresa. Por outro lado, devido ao atual cenário econômico nacional e o alto valor do dólar, o retorno do elevado investimento no molde seria superior ao limite de 40 meses determinado pela empresa para caracterizar como viável o investimento.

Contudo, com base na média de vendas dos meses nos anos de 2011 e 2012, o retorno de tal investimento se adequa ao prazo, mesmo considerando o valor do dólar atual. Portanto, não será dado andamento ao projeto, até que o mercado consumidor de banheiras volte às condições normais.

## REFERÊNCIAS

ASHCAR, R.; FARIA, R. **Banho – Histórias e rituais**. 1. ed. São Paulo: Grifo, 206 108 p.

ASTRA. **Catálogos de banheiras e spas**. Disponível em: <[http://www.astra-sa.com.br/linha-produtos-astra.asp?id\\_linhaastra=13](http://www.astra-sa.com.br/linha-produtos-astra.asp?id_linhaastra=13)>. Acesso em 02 dez. 2015.

CANEVAROLO Jr., S. V.; **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**, 2. ed. São Paulo: Artliber, 2002, 279 p.

CUNHA, A. M. **Manual do Projectista para Moldes de Injeção de Plásticos**. Vol. 2. Marina Grande: Centimfe, 2004.

GARCIA, M. C. R. **Fundamentos de projeto de ferramentas: Moldes de injeção para termoplásticos**. Sapucaí do Sul: Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas. 2008 194 p. Disponível em < <http://pt.scribd.com/doc/97968632/Fundamentos-de-Projeto-de-Ferramentas#scribd>>. Acesso em: 2 dez. 2015.

HARADA, J., **Moldes para injeção de termoplásticos: projetos e princípios básicos**, São Paulo: Artliber, 2004, 304 p.

MOLDES INJEÇÃO PLÁSTICOS. **Moldagem, ciclo e etapas de moldagem**. Ilka C. Fernandes de Souza Telles. Disponível em: <<http://www.moldesinjecao plasticos.com.br/moldagem.asp>>. Acesso em 02 dez. 2015.

MUNDO DAS MARCAS. **Jacuzzi**. Disponível em: <<http://mundodasmarcas.blogspot.com.br/2006/05/jacuzzi-sinnimo-de-hidromassagem.html>>. Acesso em 02 dez. 2015.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Copolímeros**. Jennifer Rocha Vargas Fogaça. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/upload/conteudo/images/buna-s.jpg>>. Acesso em

02 dez 2015.

ORIGEM DAS COISAS. **Origem do spa.** Disponível em: <<http://origemdascoisas.com/a-origem-do-spa/>>. Acesso em 02 dez. 2015.

PLÁSTICO. **Notícias – Poliuretano disputa banheiras com PRFV.** Maria Aparecida de Sino Reto. Disponível em: <<http://www.plastico.com.br/plastico/2067/noticias-poliuretano-disputa-banheiras-com-prfv/>>. Acesso em 02 dez. 2015.

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais.** 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012. 691 p.

WRIGHT, L. **Clean and decent. The fascinating history of the bathroom and the water closet and of sundry habits, fashions and accessories of the toilet. principally in Great Britain. France and America.** Toronto: University of Toronto Press, 1967, 296 p.



**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

- ADAMS, M. E. et al. **Acrylonitrile-butadiene-styrene polymers**. Vol. 9. Shawbury: Rapra Technology Ltd. 1993. p. 3–13.
- CALLISTER Jr., W. D.; **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008, 622 p.
- DA CRUZ, A.C., **Determinação do Tempo de Solidificação de Peças Termoplásticas Moldadas pelo Processo de Injeção**. 2005 f. 23 - 69. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- DA CRUZ, S., **Moldes de injeção**, 2. ed. Curitiba: Hemus, 2002, 242 p.
- DIAS, K. P. **Proposta de um modelo para a gestão de conhecimento no projeto de moldes de injeção**. 2008. 127 f. Dissertação (Mestrado em engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- DINIZ, A. E.; MARCONDES, C.; COPPINI, N. L.; **Tecnologia da usinagem dos materiais**, 1. ed. São Paulo: Artlíber, 2000. 342 p.
- FERREIRA, C. V. **Metodologia para as fases de projeto informacional e conceitual de componentes de plástico injetados integrando os processos de estimativa de custos**. 2002. 320 f. Tese (Doutorado em engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- GUIA DO ESTUDANTE. **As águas do tempo: a história do banho**. Bruno Vieira Feijó. Disponível em: <<http://guiadoestudante.abril.com.br/aventuras-historia/aguas-tempo-historia-banho-435136.shtml>>. Acesso em: 02 dez 2015
- RUDIN, A.; CHOI, P. **Ciência e engenharia de polímeros**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 520 p.
- SORS, L. et al., **Plásticos, moldes e matrizes**, Curitiba: Hemus, 2002, 490 p.