

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**LARISSA AYRES VIANA BALDIM**

**ANÁLISE DAS CAUSAS DOS PROBLEMAS DE TAMPOGRAFIA EM  
ELETROPORTÁTEIS E IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS PARA A  
QUALIDADE**

**Varginha**  
**2020**

**LARISSA AYRES VIANA BALDIM**

**ANÁLISE DAS CAUSAS DOS PROBLEMAS DE TAMPOGRAFIA EM  
ELETROPORTÁTEIS E IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS PARA A  
QUALIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Esp. Sidnei Pereira e coorientação do Prof. Esp. Matheus Henrique Pereira.

**Varginha**

**2020**

**LARISSA AYRES VIANA BALDIM**

**ANÁLISE DAS CAUSAS DOS PROBLEMAS DE TAMPOGRAFIA EM  
ELETROPORTÁTEIS E IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS PARA A  
QUALIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

---

Prof.

---

Prof.

---

Prof.

Obs.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, depois à minha família, amigos e colegas de trabalho que contribuíram para sua realização.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e a minha família por toda compreensão e apoio, aos meus amigos e colegas e aos meus professores por todo conhecimento adquirido que ajudaram na construção deste trabalho e aos meus colegas de trabalho que também contribuíram para sua realização.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”

Ayrton Senna

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar os defeitos no processo de tampografia em peças plásticas de aparelhos eletrodomésticos em uma empresa com sistema de linhas de produção, entendendo as possíveis causas para essas ocorrências e realizando uma melhoria no processo e nos componentes utilizados na fabricação, visando diminuir os desperdícios. Esta verificação foi necessária devido a esse processo estar presente diariamente nos produtos utilizados pelas pessoas, contribuindo para a permanência do perfil de qualidade da empresa e consequentemente manter os padrões requisitados pelos consumidores atualmente, que se tornam cada vez mais exigentes. Durante o desenvolvimento, serão apresentadas as causas dos principais defeitos, as ações realizadas para a eliminação do problema e analisar parâmetros e componentes, a fim de melhorar o procedimento e o desempenho. Sendo assim, vão ser utilizadas várias pesquisas a respeito da tampografia, principalmente de informações dos fabricantes e acompanhamento bastante próximo do processo por um período, serão feitos testes práticos de gravação com os vários parâmetros encontrados e assim estabelecer sua padronização. Por fim, ao levantar todos os dados, serão apresentados os resultados da melhoria no processo e comparados à situação anterior, concluindo o trabalho e aumentando o desempenho da empresa em questão.

**Palavras-chave:** Tampografia. Peças plásticas. Desempenho.

## ABSTRACT

*This work aims to analyze the defects in the pad printing process in plastic parts of household appliances in a company with a production line system, understanding the possible causes for these occurrences and making an improvement in the process and in the components used in manufacturing, aiming to decrease waste. This verification was necessary because this process is present daily in the products used by people, contributing to the permanence of the company's quality profile and, consequently, maintaining the standards required by consumers today, which become increasingly demanding. During the development, the causes of the main defects will be presented, the actions taken to eliminate the problem and analyze parameters and components, in order to improve the procedure and performance. Therefore, several researches on pad printing will be used, mainly on information from manufacturers and very close monitoring of the process for a period, practical tests of recording will be made with the various parameters found and so establish its standardization. Finally, when collecting all the data, the results of the improvement in the process will be presented and compared to the previous situation, concluding the work and increasing the performance of the company in question.*

**Key words:** *Pad printing. Plastic parts. Performance.*



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 01 – Máquina tampográfica .....                                       | 17 |
| Figura 02 – Esquemática da coleta de tinta pelo tampão .....                 | 20 |
| Figura 03 – Esquemática do funcionamento do tinteiro aberto .....            | 22 |
| Figura 04 – Esquemática do funcionamento do tinteiro fechado.....            | 23 |
| Figura 05 – Máquina tampográfica e componentes .....                         | 26 |
| Figura 06 – Peças após gravação das artes .....                              | 27 |
| Figura 07 – Exemplo de tampão utilizado para o liquidificador estudado ..... | 27 |
| Figura 08 – Tinta .....  | 28 |
| Figura 09 – Solvente .....   | 29 |
| Figura 10 – Solvente para limpeza B120 .....                                 | 30 |
| Figura 11 – “Fita mágica” .....  | 30 |
| Figura 12 – Copo para deposição da tinta .....                               | 32 |
| Figura 13 – Preparação da tinta no copo .....                                | 32 |
| Figura 14 – Berço para encaixe do copo e clichê .....                        | 33 |
| Figura 15 – Encaixe do clichê sobre o copo .....                             | 33 |
| Figura 16 – Alicates para selar o copo e o clichê .....                      | 34 |
| Figura 17 – Colocação dos componentes no equipamento .....                   | 34 |
| Figura 18 – Clichê com arte gravada .....                                    | 35 |
| Figura 19 – Tampões utilizados para a gravação da peça em estudo .....       | 36 |
| Figura 20 – Dados do servo-motor .....                                       | 42 |
| Figura 21 – Análise da área de contato do tampão na peça .....               | 43 |
| Figura 22 – Análise da área de contato do tampão maior .....                 | 47 |
| Figura 23 – Análise da área de contato do tampão menor .....                 | 48 |
| Figura 24 – Análise das extremidades do tampão menor .....                   | 48 |
| Figura 25 – Análise da área crítica .....                                    | 49 |
| Figura 26 – Análise do tampão menor com mudança da base fixa .....           | 50 |
| Figura 27 – Extremidades do tampão menor com aumento da base fixa .....      | 50 |
| Figura 28 – Área crítica após aumento da profundidade e diâmetro .....       | 51 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|                  |    |
|------------------|----|
| Equação 1 .....  | 14 |
| Equação 2 .....  | 14 |
| Equação 3 .....  | 14 |
| Equação 4 .....  | 15 |
| Equação 5 .....  | 15 |
| Equação 6 .....  | 43 |
| Equação 7 .....  | 44 |
| Equação 8 .....  | 44 |
| Equação 9 .....  | 44 |
| Equação 10 ..... | 44 |
| Equação 11 ..... | 45 |
| Equação 12 ..... | 45 |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>2.1 Processos de fabricação.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2.2 Injeção Plástico .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2.3 Materiais da engenharia: plástico/polímeros .....</b>                           | <b>15</b> |
| <b>2.4 Tampografia .....</b>   | <b>16</b> |
| 2.4.1 Processo tampográfico .....  | 17        |
| 2.4.2 Clichês .....  | 17        |
| 2.4.2.1 Clichê de bloco de aço .....   | 18        |
| 2.4.2.2 Clichê de lâmina de aço .....  | 18        |
| 2.4.2.3 Clichê de nylon foto polímero .....  | 18        |
| 2.4.2.4 Clichê de cerâmica .....   | 18        |
| 2.4.2.5 Clichê gravado a laser .....   | 19        |
| 2.4.2.6 Clichês cilíndricos .....  | 19        |
| 2.4.3 Tampões .....  | 19        |
| 2.4.4 Tintas .....   | 21        |
| <b>2.5 Tinteiro aberto .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>2.6 Tinteiro selado .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>3.1 Materiais e equipamentos .....</b>  | <b>25</b> |
| <b>3.2 Método .....</b>  | <b>30</b> |
| 3.2.1 Preparação da tinta .....  | 31        |
| 3.2.2 Preparação do copo e do clichê da máquina .....                                  | 31        |
| 3.2.3 Preparação dos tampões .....   | 35        |
| <b>3.3 Falhas na gravação .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>3.4 Análise dos defeitos de gravação .....</b>                                      | <b>39</b> |
| <b>3.5 Análise não-linear do desgaste dos tampões no processo de tampografia .....</b> | <b>41</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>  | <b>46</b> |
| <b>5 CONCLUSÕES .....</b>  | <b>52</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>53</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A tampografia é um processo comum de impressão em peças utilizado em diversas empresas e em diversos itens presentes em nosso dia-a-dia. O processo parece ser relativamente simples, mas traz a questão da qualidade de produtos à tona, por ser um processo que depende muito de parâmetros padronizados para garantir que a impressão seja perfeita. Além disso, a cada dia a demanda por produtos que estejam em perfeitas condições e tragam benefícios aumenta e são os primeiros requisitos que os consumidores procuram em algo que vão adquirir, por isso, o fato de procurar solucionar os problemas causados por defeitos de qualidade não somente agrega valor e aumenta a competitividade da empresa, como garante os requisitos exigidos pelo mercado atual.

Sendo assim, foi feito um estudo de caso na análise de defeitos de qualidade em uma empresa de eletrodomésticos, mais especificamente em uma linha de produção de liquidificadores, que são produtos com alta rotatividade e que são utilizados diariamente por vários consumidores. No decorrer do estudo, houve vários outros pontos de melhorias, não se atentando somente ao foco de sanar os problemas de qualidade, mas também as contrariedades do processo todo de fabricação.

Tal abordagem se fez necessária devido a um desses produtos que apresentava grande número de defeitos, principalmente na qualidade estética de suas superfícies, se comparado em relação a outros de uma forma geral, gerando assim um retrabalho muito grande nas peças ou até mesmo o descarte das mesmas e impactando diretamente nos resultados de desempenho da organização. Esta análise será bastante importante, devido a este produto ser um dos mais procurados e vendidos e pela exigência da garantia e funcionalidade da empresa em sempre manter esses requisitos.

Portanto, o propósito desta pesquisa será alcançado diante de diversos testes com os parâmetros do equipamento, permitindo-se conhecer melhor o processo e avaliar todas as causas que podem estar afetando o produto acabado, entender os requisitos do fabricante do maquinário e dos materiais e o comportamento destes durante o procedimento, além de pesquisas relacionadas à tampografia e procurar reduzir e eliminar os desperdícios dessa linha, objetivando a melhora dos indicadores de qualidade e produtividade e atendendo a demanda final do consumidor.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Processos de fabricação**

O conceito de fabricar teve início há milhares de anos, quando os homens pré-históricos perceberam que para sua sobrevivência acontecer, teriam que fazer ferramentas necessárias para adquirir comida e para se defenderem de ameaças. E devido a isso e com o passar do tempo, o estudo dos processos de fabricação foi só se desenvolvendo cada vez mais. O processo de fabricação nada mais é que transformações químicas e/ou físicas no material inicial com o principal objetivo de agregar valor ao que foi produzido (Groover, 2014).

Há dois tipos principais de operação no processo de fabricação. A primeira é conhecida como operação de processamento, que é responsável pela transformação do material já acabado para um estado mais avançado e a segunda operação é a de montagem que objetiva unir dois ou mais componentes criando assim uma nova identidade ao material, que pode também ser chamada de conjunto ou processo de união (Groover, 2014).

### **2.2 Injeção plástica**

No decorrer deste trabalho, poderá ser visto que muito envolverá esse tipo de processo. A injeção é um dos procedimentos mais utilizados no processamento de polímeros e termoplásticos e sua moldagem consiste em introduzir em um molde a composição moldável, juntamente com um cilindro aquecido e por intermédio de uma pressão aplicada desse cilindro no molde (TINO, 2005).

Após o plástico aquecido atingir a cavidade do molde, as peças rapidamente solidificam e esfriam suficientemente para serem retiradas, podendo variar a produção de uma peça a cada 10 a 30 segundos, dependendo da sua complexidade. A temperatura da câmara de injeção pode chegar a 250°C e uma pressão de 2100 kgf/cm<sup>2</sup> (CHIAVERINI, 1986).

Para acompanhar o crescimento desse processo, foram desenvolvidos diversos tipos e tamanhos de máquinas, separando-se por unidade de injeção e por unidade de fechamento de molde que podem ser por máquina a pistão ou com rosca- pistão, com acionamento por cilindro ou hidráulico, e o fechamento do molde por cilindro hidráulico ou por articulação, respectivamente. A seleção do tipo do equipamento vai depender da demanda de trabalho que deseja realizar, pois cada tipo de configuração apresenta desvantagens e vantagens dentro do

processo e para se obter uma boa versatilidade e qualidade, os equipamentos devem apresentar algumas características listadas abaixo (HARADA, 2004):

- Cilindro de injeção: possui geralmente três zonas de aquecimento, controladas individualmente e proporcionalmente e a temperatura do bico deve ser controlada separadamente;
- Pressão de injeção: deve atingir até 1400kg/cm<sup>2</sup>, em dois estágios (pressão de injeção para preenchimento do molde e recalque) e cada um por um timer diferente;
- Velocidade de injeção: atingindo no máximo cerca de 150cm/minuto;
- Alimentação ajustável: deve ser precisa para controle da quantidade e peso do material que vai entrar na máquina;
- Timers: precisos, até 0,1 segundo, medindo o tempo de injeção, fechamento do molde, etc.

Há outros parâmetros que devem também ser vistos para o procedimento de injeção, pois as máquinas são geralmente especificadas de acordo com o peso máximo do produto a ser moldado e deve-se sempre calcular a correlação do valor volumétrico do material especificado A, que geralmente será o poliestireno, definido como padrão por ser o mais utilizado, e do que será utilizado B, através da Equação 1 abaixo, resultando na capacidade de injeção do equipamento:

$$[Capacidade\ de\ injeção\ (g)\ de\ A] \times \left[ \frac{Peso\ específico\ de\ B}{Peso\ específico\ de\ A} \right] \times \left[ \frac{Fator\ volumétrico\ A}{Fator\ volumétrico\ B} \right] \quad (1)$$

Outro fator seria a capacidade de plastificação da máquina, que é uma função do potencial de aquecimento da máquina e é expressa pela quantidade em kg que pode ser levado à condição de moldagem em um determinado tempo, dependendo da temperatura e do calor específico do que está sendo moldado. Pode ser calculada pela Equação 2 de proporcionalidade, do material padrão (poliestireno) A e do utilizado B:

$$[Capac.\ de\ plastificação\ de\ A] \times \left[ \frac{Calor\ específico\ A}{Calor\ específico\ B} \right] \times \left[ \frac{Temperatura\ moldagem\ A}{Temperatura\ moldagem\ B} \right] \quad (2)$$

Além disso, a máquina injetora deve ser capaz de plastificar material suficiente para manter o ciclo de montagem esperado. Por isso, pode ser determinado pela Equação 3:

$$[Capac.\ de\ plastificação\ \frac{kg}{h}] = [Capac.\ da\ moldagem\ (kg)] \times [n^\circ\ de\ moldagens/hora] \quad (3)$$

É importante a máquina sempre ter capacidade maior para dar margem a uma eventual melhora no ciclo de moldagem.

O terceiro fator é a força de fechamento, em toneladas, que controla a área máxima projetada de moldagem que pode ser produzida. A máquina exerce uma força no interior da cavidade do molde que tende a abri-lo e a pressão atuante deve ser compensada pela força de fechamento. Sendo assim, somente uma parte da fração entre  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{2}{3}$  é usual, calculada pela Equação 4:

$$[Força\ fechamento\ (t)] = [Área\ moldagem\ (cm^2)] \times \left[ \frac{1}{2} \text{ a } \frac{2}{3} \text{ da pressão da injeção } \left( \frac{kg}{cm^2} \right) \right] \quad (4)$$

Por último tem-se a pressão da injeção que depende da espessura de seção da moldagem e da facilidade de fluxo do material usado e pode ser calculada pela Equação 5:

$$\left[ Pressão\ de\ injeção\ \left( \frac{kg}{cm^2} \right) \right] = \left[ Pressão\ hidráulica\ de\ injeção\ \left( \frac{kg}{cm^2} \right) \right] \times \left[ \frac{di^2}{dp^2} \right] \quad (5)$$

Sendo:

$di$  = Diâmetro do cilindro hidráulico de injeção (cm)

$dp$  = Diâmetro da haste ou da rosca do cilindro de injeção (cm)

### 2.3 Materiais da engenharia: plásticos/polímeros

Os plásticos são materiais que possuem rigidez estrutural quando submetidos a uma carga e são usados em aplicações de uso geral e possuem uma grande variedade de combinações de propriedades. Alguns plásticos são muito rígidos e frágeis e outros são muito flexíveis e sofrem deformações elásticas e plásticas quando colocados sob uma tensão. Podem ser classificados em termofixos e termoplásticos, que diferem pela característica de que os termoplásticos podem ser reaproveitados (CALLISTER, 2008).

Atualmente, todos os materiais poliméricos usados em engenharia são sintéticos e são produzidos por reações químicas e a maioria dos produtos, por processo de solidificação. No processo retratado no decorrer desse artigo, o material que será mais difundido é o termoplástico, cujas características podem ser transformadas facilmente no produto e a um custo mais baixo. São materiais sólidos à temperatura ambiente, mas que se tornam líquidos viscosos quando aquecidos a temperaturas de apenas algumas centenas de grau e podem ser submetidos várias vezes ao aquecimento e resfriamento sem se degradar significativamente e a

razão disso é que esse material tem macromoléculas lineares que não formam ligações cruzadas quando aquecidas, igualmente aos metais e cerâmica (GROOVER, 2014).

Entre os mais importantes termoplásticos situam-se aqueles à base de nitrocelulose, acetato de celulose, metacrilato de polimetila, poliestireno, cloreto de polivinila (PVC), polietileno e náilon e as propriedades destes resultam dos característicos de simetria dos polímeros originais (CHIAVERINI, 1986).

## **2.4 Tampografia**

A tampografia surgiu durante o século XIX na Inglaterra, com um sistema antiquado de tampões feito com gelatinas que duravam cerca de 100 impressões e o principal objetivo naquela época era a decoração de peças e utensílios da Rainha Vitória. Depois, em 1950, a Suíça começou a usar o processo em sua produção relojoeira, na qual as decorações eram feitas manualmente e passaram a usar a tampografia para impressão de detalhes, principalmente em produtos femininos, que eram peças mais delicadas. Todavia, somente depois dos anos 70, um inventor chamado Pierre Schmid inventou uma máquina tampográfica com tinteiro fechado, a SP710, antecessora das máquinas atuais (ZURICH TERMOPLÁSTICOS, 2020).

Além disso, os tampões utilizados ainda estavam sendo feitos de gelatina pelo fato de serem mais flexíveis e atendia com destreza o que se era pedido, mas a durabilidade era bem pouca, fazendo-se necessário o desenvolvimento de outro material para a substituição dos outros anteriores. Devido a isso, surgiram os tampões de silicone, dos quais é possível acertar a dureza e flexibilidade de acordo com a demanda de produção ao qual foi designado. Essas características possibilitaram que esse tipo de técnica fosse utilizada também em peças com superfícies irregulares, pois conseguem moldar adequadamente às peças que serão gravadas (ZURICH TERMOPLÁSTICOS, 2020).



Figura 1 - Máquina tampográfica



Fonte: TECA-PRINT (2018).

#### 2.4.1 Processo tampográfico

A tampografia é um sistema de impressão por transferência indireta, no qual trabalha com clichês gravados com pequenas gravações de arte, preenchidas por tinta, em que transferem essa gravação as peças. Como se moldam facilmente, podem ser utilizados em uma grande variedade de peças e pode ser utilizado em couro, metais, vidros, termofixos e principalmente em termoplásticos (TECA-PRINT, 2018).

#### 2.4.2 Clichês

São pequenas matrizes, nas quais estão gravadas as artes, as quais serão geradas como impressão nas peças e geralmente estão a uma profundidade de 15 a 30 microns, o que é um fator bastante importante para a nitidez da arte na peça, pois esta diminui conforme a profundidade aumenta. Além disso, as tintas que serão usadas deverão ser próprias para a tampografia, nas quais os grãos são mais finos se comparadas a tintas convencionais (MICROPRINT, 2015).

A durabilidade desses dispositivos está diretamente ligada a manutenção dos mesmos, devendo sempre estar ligada aos cuidados essenciais, como a limpeza, por exemplo, a fim de que após o uso, a tinta não solidifique dentro da arte gravada. Em clichês de aço, a importância é a de armazenamento, evitando contato com impurezas e com proteção contra a oxidação e quanto a lâmina dos copos ou a lâmina da máquina não poderá ter nenhum desgaste ou rebarba para não aumentar a probabilidade de riscar o clichê afetando o resultado da gravação. São usados vários tipos de clichês que dependem da quantidade e qualidade de impressão desejada,

diferenciados também pela espessura e material dos quais são construídos, sendo eles: clichê de bloco de aço, clichê de lâmina de aço, clichê de nylon foto polímero, clichê de cerâmica, clichê gravado a laser, clichê cilíndricos, entre outros (MICROPRINT, 2015).

#### 2.4.2.1 Clichê de bloco de aço

Padronizados pelos fabricantes de máquina tampográficas, fabricados em aço especial, temperados com alta dureza e econômicos para altas demandas (200.000 impressões). As medidas mais usuais são 80x80, 120x80, 100x100 e 100x200 mm todos com espessura de 10 mm e são os mais indicados para tinteiros selados, com vida longa acima de 1.000.000 de impressões (WUTZL, 2017).

#### 2.4.2.2 Clichê de lâmina de aço

São de lâmina de aço temperado com espessura entre 0,5 e 1 mm e possuem vida útil média (entre 100.000 a 500.000 impressões). Utilizados geralmente com bases magnéticas, mas em casos isolados podem ser fixados com fitas dupla face também, o que pode comprometer a qualidade da raspagem da tinta forçando o desgaste rápido desse componente (WUTZL, 2017).

#### 2.4.2.3 Clichê de nylon foto polímero

Ainda novidade no Brasil, mas amplamente utilizado nos EUA, Europa e Japão e trata-se de uma lâmina de aço bem fina revestida de um lado com um polímero fotossensível que após várias exposições à luz ultravioleta e banhos de água ou soluções, atinge uma dureza razoável, permitindo trabalhar com tintas convencionais. Utilizado com bases magnéticas, mas pode ser fabricado pelos próprios usuários com um tempo muito pequeno (12 a 15 minutos) e apesar de não suportar mais de 20.000 raspagens ainda é bastante procurado por empresas de brindes, devido ao baixo custo e fácil fabricação (WUTZL, 2017).

#### 2.4.2.4 Clichê de cerâmica

Clichês inteiramente feitos com cerâmica e oferece uma interessante alternativa para algumas aplicações. São usados principalmente quando a produção requer uma longa vida útil e quando uma menor abrasão pode ser tolerada, sempre gravadas a laser. A arte é gravada a

uma profundidade maior, o que permite a transferência não somente de tinta, mas de cola ou tintas com maior índice de pigmentação (maiores grãos) (TECA-PRINT, 2018).

#### 2.4.2.5 Clichê gravado a laser

Esse modelo é mais ecologicamente correto, pois é feito de aço e pode ter a espessura tanto dos clichês de lâmina (0,25mm a 0,50mm) ou um pouco mais espesso e sua vida útil varia em torno de 100.000 impressões. Para a sua conservação contra a corrosão não é usado nenhum tipo de material químico, somente o laser, o que causa menos dano ao meio ambiente em seu processo de fabricação (PROLL, 2015).

#### 2.4.2.6 Clichês cilíndricos

Esse tipo de clichê não é plano e com esse formato é possível ter um maior ritmo de produção, pois a gravação não fica concentrada em um lugar somente, mas em seu entorno todo, porém só utilizado com tampões no mesmo formato e pode ser confeccionado com cerâmica, como em aço (MICROPRINT, 2015).

#### 2.4.3 Tampões

Os tampões são usados para transferir a tinta do clichê para as peças a serem gravadas. No início, eram feitos de gelatina, mas não possuíam muita durabilidade e nem sempre garantiam a qualidade da gravação. Com o desenvolvimento das indústrias e aumento da demanda de produção, foi necessário desenvolver um tampão confeccionado com outro material para melhorar a qualidade e a vida útil e por isso, passaram a ser de silicone, material que conseguia definir a dureza e superfície que pudesse atender melhor (PROLL, 2015).

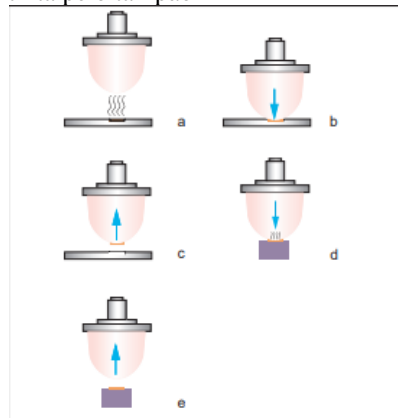
Todos os seus tipos padrão possuem uma característica em comum: a superfície de impressão é convexa e inclinada para os lados, fazendo com que a impressão seja no centro das peças. A convexidade influencia diretamente à transferência da tinta e a inclinação faz com que as impressões saem sem manchas. O tampão em formato semicircular é o ideal, pois pode fazer a impressão da tinta nas peças igualmente bem em todos os lados e previne bolhas de ar, mas nem sempre ele é usado em tudo, necessitando formatos diferentes como quadrado ou retangular, que são menos desejáveis pois só podem ser movimentados em dois sentidos (PROLL, 2015).

Quanto ao tamanho, para garantir uma impressão com nitidez e sem manchas, eles devem ser mais largos possíveis, pois assim as inclinações das laterais saem com o ângulo exato, porém a desvantagem é de que tampões mais largos requerem impressões mais largas e sofrem mais com a vibração do que os menores. Por fim, o custo é consideravelmente mais alto, pois este leva em consideração o peso do material (PROLL, 2015).

Outros fatores também influenciam, como a dureza, que geralmente possuem grades variáveis de 2 a 18 Shore A (unidade de medida para a dureza de materiais), mas podem haver grades especiais também que variam de 0 a 40 Shore A, lembrando-se que quanto maior o número, maior a dureza do tampão. Este, por sua vez, influencia a qualidade, pois quanto maior a dureza, maior a vida útil e melhor a impressão, porém em muitos casos ela não pode ser explorada o que pode danificar o material a ser gravado. Ao mesmo tempo, tampões macios servem perfeitamente para superfícies curvas, conseguindo se adaptar melhor (PROLL, 2015).

Enfim, a seleção do melhor tampão depende muito da pressão que está sendo utilizada no equipamento e é baseada por experiências ou por testes realizados. Felizmente, 90% das gravações feitas por tampografia, podem ser feitas com vários tipos de tampões. Com um tampão pode-se gravar normalmente entre 50.000 a 100.000 impressões, contudo isso depende da qualidade da impressão requisitada e o tipo de tinta a ser utilizada. No caso de cantos muito inclinados e curvaturas extremas em uma peça a ser gravada, o tampão pode ser fisicamente danificado depois de 1000 a 5000 impressões. A manutenção destes com a limpeza da tinta remanescente em suas superfícies e tratamento com óleo de silicone pode aumentar bastante a vida útil desses componentes (PROLL, 2015).

Figura 2 - Esquematização da coleta da tinta pelo tampão



Fonte: TECA-PRINT (2018).

A figura acima mostra como é o funcionamento da coleta de tinta pelo tampão para que posteriormente, através da arte gravada nos clichês, possa ser transmitida às peças produzidas.

#### 2.4.4 Tintas

As tintas devem ser próprias para a tampografia para se obter a melhor impressão e possuem alta concentração de pigmentação, pois são apenas pequenas quantidades que são transferidas às peças pelos tampões. Algumas outras características também devem ser incluídas nas propriedades das tintas, como: facilidade em se trabalhar com elas, longa vida útil, baixa periculosidade para saúde, ausência de riscos ambientais, limpeza fácil e a melhor aderência em todos os tipos de material sem os devidos tratamentos superficiais (PROLL, 2015).

Para adquirir as propriedades que a tinta necessita depende dos ingredientes que as compõem, sendo eles: os aglutinantes, os pigmentos, solventes e aditivos. Primeiramente, na composição dos aglutinantes, há uma ou mais resinas e desde que estas são obtidas através de pós ou granulados eles devem ser dissolvidos em solventes adequados ou na mistura deles. A seleção e combinação dessas resinas determinarão a área em que a tinta vai ser usada, levando em consideração alguns pontos como aderência a vários substratos, grau de brilho e resistência a produtos químicos (PROLL, 2015).

Os solventes diferem, acima de tudo, na velocidade de evaporação deles e na concentração do próprio solvente e a composição deste ingrediente é um fator determinante para o comportamento de secagem da tinta, a velocidade da impressão e adesão às superfícies. Já os pigmentos são responsáveis por fornecer o tom da cor para a tinta e determinar o seu poder de pigmentação e podem ser orgânicos ou inorgânicos.

Por último, há os aditivos que são utilizados geralmente em pequenas quantidades, mas que têm a função de melhorar as propriedades das tintas como o escoamento, viscosidade ou características das superfícies. Incluem agentes de alinhamento, espessantes ou ceras (PROLL, 2015).

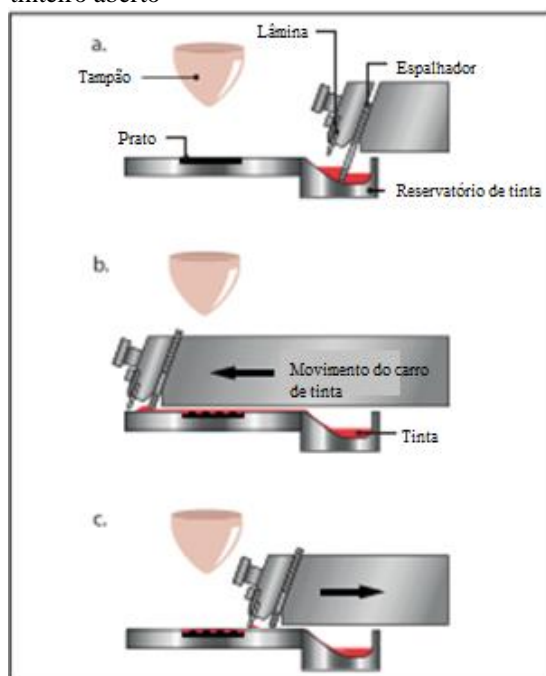
### 2.5 Tinteiro aberto

Nas máquinas tampográficas que utilizam o tinteiro aberto a tinta fica armazenada em um reservatório atrás do clichê, pelo qual passa um espalhador e empurra a tinta até a gravação do clichê e quando retorna retira o excesso da tinta com uma lâmina por raspagem, fazendo

com que a tinta fique somente na região da arte do clichê. Após esse procedimento, o tampão desce até o clichê para coletar a tinta e a transmite à peça através do contato entre as duas peças.

Esse tipo de tinteiro não é mais comumente utilizado, pois a tinta fica exposta às impurezas, os solventes presentes evaporam, causando assim variações e afetando diretamente a qualidade da impressão (WUTZL, 2017).

Figura 3 - Esquemática do funcionamento do tinteiro aberto



Fonte: Adaptado de TECA-PRINT (2018).

A figura acima esquematiza o funcionamento do tinteiro aberto e como é a passagem da tinta desse tampão para as peças.

## 2.6 Tinteiro Selado

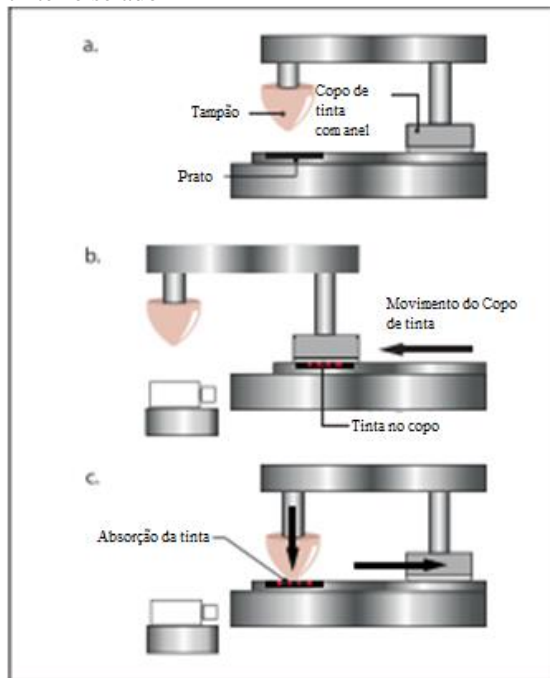
O tinteiro selado não possui um espalhador igual ao aberto e nem a lâmina de raspagem, pois estes foram substituídos por um recipiente no formato de copo que fica em contato direto com o clichê e a raspagem é feita pela lâmina presente na borda do recipiente, feita de material extremamente resistente e durável. Nesse processo o copo fica com a abertura virada para baixo, fazendo com que somente o próprio clichê tampe sua abertura e fica pressionando para evitar vazamentos (WUTZL, 2017).

São os mais utilizados na indústria atual e possuem duas formas de ser feito, em relação ao posicionamento dos componentes. A primeira é que o copo fica posicionado atrás do clichê

e para a gravação ele se move até a parte do clichê de baixo relevo, onde está gravada a arte, depositando a tinta e retorna a posição inicial e a lâmina de raspagem tira o excesso de tinta e depois o tampão desce e faz a coleta da mesma movendo-se à peça a ser gravada.

A segunda maneira de ser feita é a de que o copo fica posicionado o tempo todo do processo sobre a arte no momento da gravação o clichê vai até o local onde está o tampão e a lâmina do copo retira o excesso da tinta novamente. O tampão faz o movimento de descida, coleta a tinta e na subida, o clichê volta a posição inicial, onde o copo volta a ficar sobre a arte e ao mesmo tempo, o tampão está descendo para entrar em contato com a peça, depositando assim, a gravação. Na empresa, na qual esse trabalho está fazendo a análise, usa o segundo método de posicionamento do tinteiro selado, pois garante que não haja nenhum tipo de alteração durante a execução do procedimento (WUTZL, 2017).

Figura 4 - Esquematização do funcionamento do tinteiro selado



Fonte: o autor.

Acima, a figura representa a forma mais comum de passagem da tinta do seu recipiente ao tampão e depois para as peças. É bastante utilizado devido a vantagem de fazer com que a

tinta não seja prejudicada pelo tempo de secagem e que consiga passar as peças adequadamente como deveriam.



### **3 METODOLOGIA**

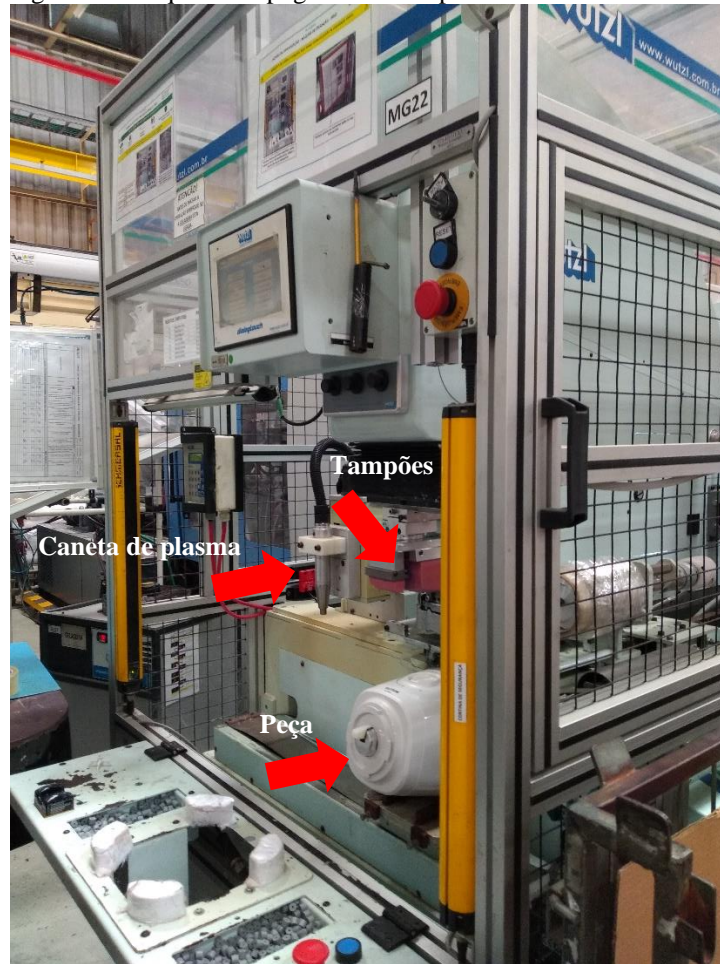
Neste capítulo serão dispostos todos os materiais e métodos para a realização deste estudo. Serão explicados os processos detalhadamente, a fim de melhorar o entendimento e conhecimento a respeito do assunto, do seu objetivo e mostrar quais as soluções para estes defeitos, visando a qualidade das peças do produto que irá ao consumidor final e diminuindo o tempo perdido para retrabalhos por parte da produção.

#### **3.1 Materiais e equipamentos**

Para a realização da coleta dos dados dos defeitos dessas peças, foi feito um acompanhamento do equipamento que faz a gravação na peça, detalhando os principais parâmetros e o que poderia estar impactando o resultado. Há diversas máquinas para o processo de tampografia na empresa, porém cada uma possui uma particularidade diferente em relação ao encaixe da peça, que podem ser de tamanhos diferentes dependendo assim da peça que vai ser gravada e da posição do equipamento de plasma para o tratamento superficial.

Nessa imagem pode-se ver que a peça está posicionada em um suporte que se movimenta na horizontal (eixo x) e leva a peça ao tampão e ao plasma. Os equipamentos como o tampão e o clichê se movimentam tanto na vertical (eixo y) e transversal (eixo z).

Figura 5 – Máquina tampográfica e componentes



Fonte: o autor.

A peça que é gravada e que é o foco desse trabalho é fabricada dentro da fábrica, nas injetoras com o polímero polipropileno (PP) que possui uma tensão residual  $32 \text{ dyn/cm}^3$ , segundo o fabricante ESENTTIA, o que pode impactar em relação a aderência correta da tinta durante a gravação. Devido a isso é necessário o tratamento superficial de plasma na peça, que consiste em fazer com que os poros de sua superfície se tornem maiores, contribuindo para que a tinta “entre” na peça. A peça tem uma superfície lisa, pouco angulada e que possui uma separação no centro, em que é acoplado o botão de regulagem de velocidade do produto. No caso desse produto são utilizados dois tampões para a gravação na peça, um que faz as marcas da velocidade e da potência e o outro da marca.

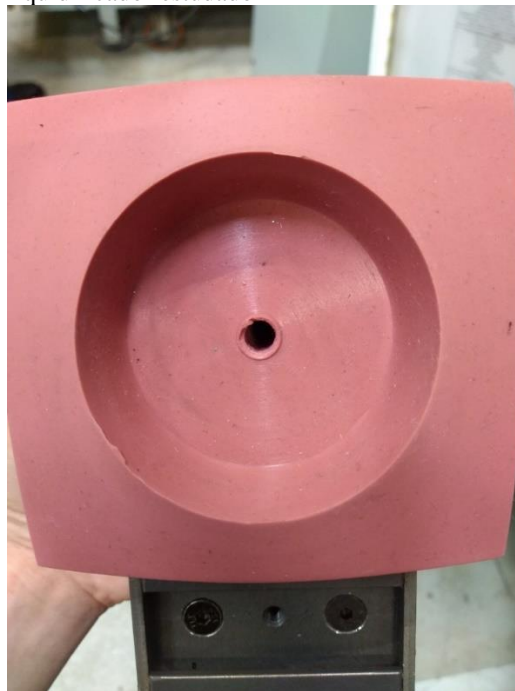
Figura 6 – Peças após gravação das artes



Fonte: o autor.

A maioria dos tampões tem uma dureza própria para essas superfícies evitando uma possível sobrecarga sobre a peça e uma absorção completa através do contato deles sobre o clichê, porém se usados com parâmetros acima ou abaixo do recomendado ou necessário, o resultado da impressão não será satisfatório.

Figura 7 - Exemplo de tampão utilizado para o liquidificador estudado



Fonte: o autor.

A tinta utilizada no processo é uma tinta própria para tampografia, do fabricante Co Tec e possui algumas características próprias para esta aplicação: não contém pigmentos à base de metais pesados e isenta de solventes tóxicos, pois será utilizada em produtos que o consumidor terá contato constante. Além disso, é inflamável e deve ser armazenada em locais arejados que evitem altas temperaturas ou danos à embalagem que podem acarretar a produção de gases tóxicos como monóxido de carbono, por exemplo. Além disso, é uma tinta que possui ponto de fulgor de 23°C e é imiscível a água.

Figura 8 - Tinta



Fonte: o autor.

Por ser uma tinta diferente, ela precisa ser misturada a mais alguns componentes para auxiliar na fixação e qualidade da gravação na peça. Primeiramente, após a quantidade da tinta ser colocada sobre o recipiente de mistura, é adicionado o solvente 4 do fabricante Co Tec, que é incolor, imiscível a água, nocivo à saúde (pele e mucosas) e inflamável. Devido a isso é indicado o uso de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), como luvas e máscaras para evitar o contato direto com a pele e vapor. O objetivo de acrescentar o solvente é deixar a tinta mais solúvel, diminuindo sua viscosidade e facilitando sua deposição sobre o clichê para preencher toda a arte gravada e evitando possíveis problemas com a legibilidade da imagem.

Figura 9 - Solvente



Fonte: o autor.

Por último, são utilizados dois produtos para o controle de qualidade após a fabricação das peças sendo um deles a fita adesiva, mais conhecida como “fita mágica” que possui a característica de testar a aderência da tinta na peça. Geralmente é um teste feito por amostragem, de acordo com os planos de inspeção do produto e sempre após a gravação da peça, em que essa fita é colada sobre a arte e retirada para análise: caso saia resquício de tinta na fita, a aderência não está boa.

O segundo produto é o solvente B120, utilizado para a limpeza do tampão, do clichê e do copo da tinta, específico para os componentes utilizados na tampografia e utilizado também no retrabalho de peças, quando se é encontrado um defeito de gravação durante o processo de inspeção pelo operador ou pelo inspetor de qualidade. É um produto extremamente nocivo que pode causar irritação imediata e por isso deve ser cuidadosamente manuseado e com a utilização de EPIs (óculos de proteção e luvas). Possui um ponto de ebulição de 40,6°C, pressão de vapor de 355mmHg e densidade de 1,32g/cm<sup>3</sup>.

Figura 10 - Solvente para limpeza B120



Fonte: o autor.

Figura 11 - "Fita Mágica"



Fonte: o autor.

### 3.2 Método

As peças produzidas na injetora são dispostas em esteiras através de um robô, em que chega ao alcance dos operadores e são colocadas diretamente no suporte da máquina de gravação para o processo iniciar com o tratamento superficial e depois passar ao tampão para a gravação em si.

### 3.2.1 Preparação da tinta

Como o tratamento superficial atual é feito por plasma, a mistura da tinta tem as seguintes proporções: 80% de tinta, 5% de catalisador e 15% de solvente. Porém essa quantidade pode sofrer alterações por interferências externas como a umidade do ar, por exemplo, que quanto mais úmido, menos solvente deve ser usado na tinta. Caso a quantidade de solvente não esteja adequada, a gravação pode apresentar diversos defeitos como: gravação borrada, falha de preenchimento, vazamento de tinta entre o copo e o clichê, etc.

### 3.2.2 Preparação do copo e do clichê da máquina

Além da preparação da tinta, a operação envolve preparar o tinteiro. Essa máquina funciona com o tinteiro selado que possui os componentes clichê, copo e tampão e funciona da seguinte forma:

- A tinta é colocada no interior do copo e este ficará selado ao clichê da máquina através de um alicate que fixa os dois componentes;
- O clichê e o copo já são preparados antes para facilitar o processo;
- O copo e o clichê são encaixados em um tipo de berço que com a ajuda de um alicate, conseguem se manter fixados um ao outro e assim, podem ser encaixados na máquina;
- A peça sai da injetora e é encaixada em um suporte presente na máquina pelo operador e faz o movimento na horizontal para a esquerda para ter o tratamento superficial e prepara a peça para receber a tinta;
- A peça se movimenta na horizontal de novo até o outro lado da máquina para que o tampão tenha alcance à superfície e possa transmitir a gravação ou arte;
- A tinta fica em contato direto com a arte gravada no clichê e quando o tampão recebe o sinal de descer sobre o ele, este sai da máquina tendo o excesso da tinta retirado da gravação ao fazer um processo de raspagem do clichê pela própria borda do copo fixado e o tampão poderá descer sobre a gravação e transmiti-la às peças.

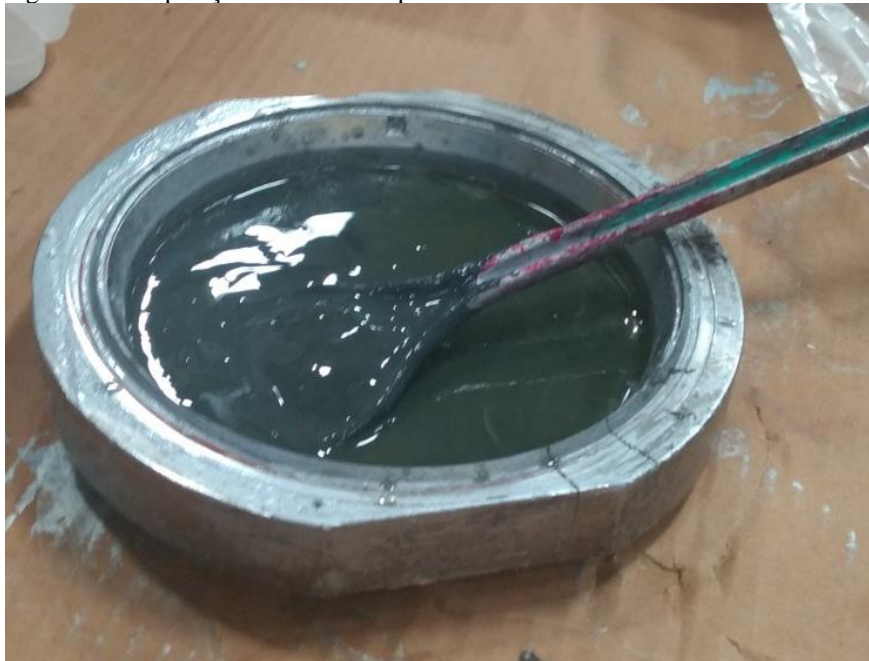
A seguir algumas figuras que ilustram o processo acima, sobre os componentes utilizados e a forma que são preparados. Nas Figuras 12 e 13 são mostrados o copo e a sua estrutura e a deposição da tinta no copo.

Figura 12 - Copo para deposição da tinta



Fonte: o autor.

Figura 13 - Preparação da tinta no copo



Fonte: o autor.

Já nas Figuras 14 e 15 é mostrado o berço para encaixe dos componentes copo e clichê. É uma estrutura que apresenta encaixes para o copo e para o clichê e que permite com que os dois fiquem em contato durante todo o procedimento.



Figura 14 – Berço para encaixe do copo e do clichê



Fonte: o autor.

Figura 15 - Encaixe do clichê sobre o copo

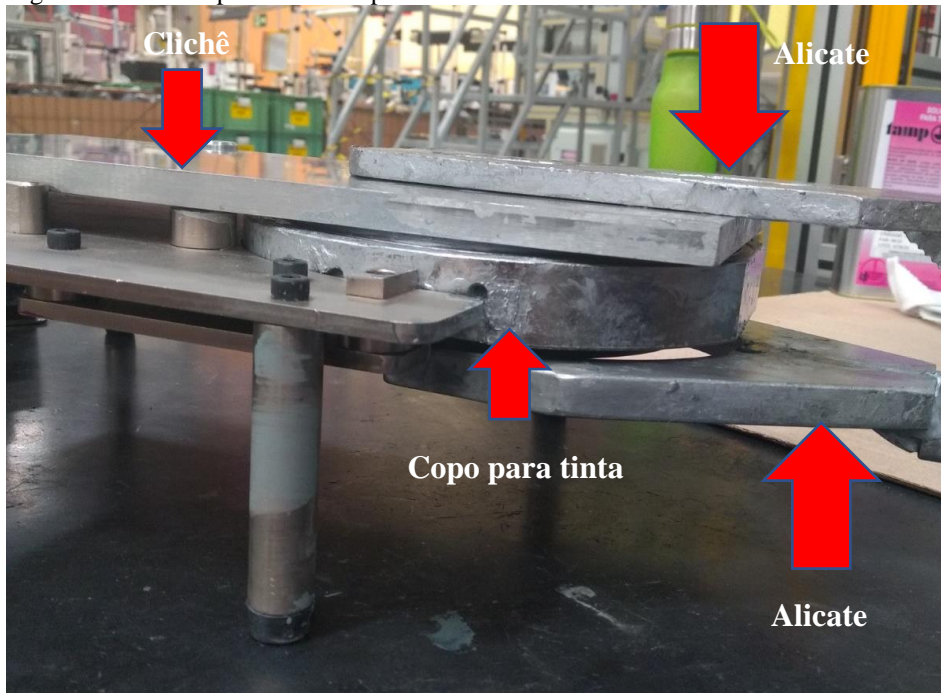


Fonte: o autor.

Na Figura 16 pode ser visto o componente que trava o berço com o clichê e copo, mais conhecido como alicate, esse componente encaixa na estrutura e possui uma trava que

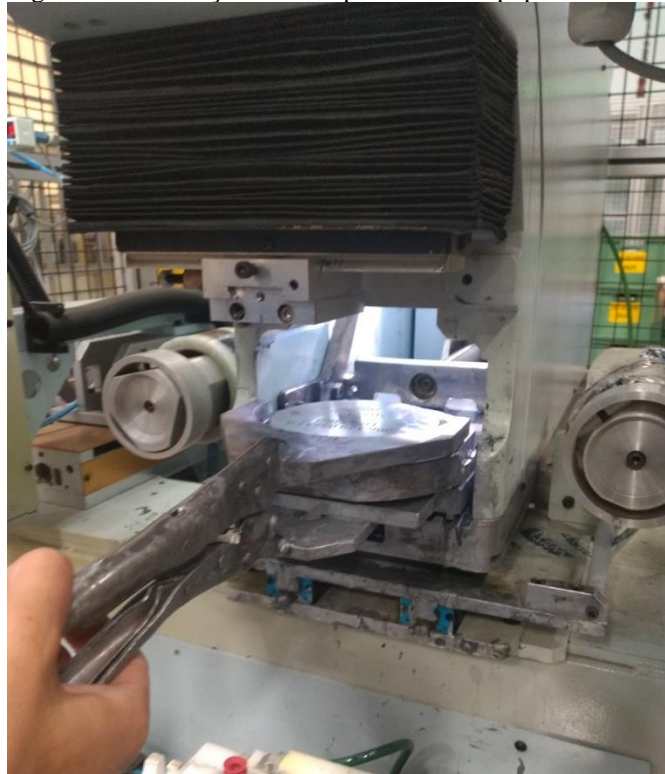
manualmente o operador consegue deixar na posição correta para posteriormente colocar na máquina, o que pode ser ilustrado pela Figura 17.

Figura 16 - Alicate para selar o copo e o clichê



Fonte: o autor.

Figura 17 - Colocação dos componentes no equipamento



Fonte: o autor.

A maior parte dos clichês utilizados na empresa são feitos de aço inoxidável com 10mm de espessura, sendo suas dimensões de comprimento e largura determinadas de acordo com cada tipo de máquina e a arte neles gravada geralmente não excede 0,03mm ou 30  $\mu m$  de profundidade, o que impacta bastante também sobre o processo, visto que quanto maior a profundidade, maior o acúmulo de tinta e possivelmente ocorrerão problemas como borrar a gravação na superfície da peça, como por exemplo.

Figura 18 - Clichê com arte gravada



Fonte: o autor.

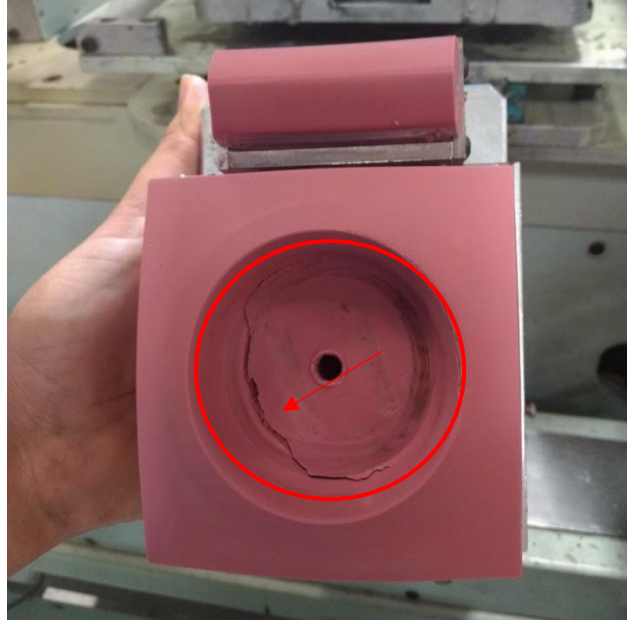
Na figura acima pode ser visto a gravação de velocidade e potência do produto estudado que ficarão gravados na parte central da peça.

### 3.2.3 Preparação dos tampões

Os tampões são um dos componentes mais importantes da máquina de gravação por serem os responsáveis pela absorção da tinta e por passarem a gravação às peças. Nesse caso serão usados dois tamanhos diferentes do tampão vermelho, que de acordo com a ABNT 11:300.03-009 é dada em dureza Shore A e podem ser classificados como moles (entre 0 a 4 Shore A), intermediários (entre 5 e 10 Shore A) e duros (superior a 10 Shore A), sendo nesse caso classificado como um tampão mole, pois as superfícies plásticas dos produtos em questão

são superfícies mais frágeis. Foi utilizado um tampão menor para as gravações da marca do produto e um maior que abrange a área dos botões e que faz a gravação das velocidades e da potência.

Figura 19 - Tampões utilizados para gravação da peça em estudo



Fonte: o autor.

Como pode ser visto na foto acima, o tampão já está um pouco degradado e foi importante fazer um estudo em paralelo para entender a relação entre as tensões que a máquina provoca nos componentes, sendo os tampões os que mais sofrem com elas e de acordo com isso, uma análise de desgaste foi feita em cima do material de silicone para garantir um estudo de até quanto de força aplicada o material aguenta e quais as principais tensões que comprometem sua superfície e durabilidade.

O estudo foi baseado em um aplicativo de simulação conhecido como Ansys, que faz as análises de tensões sobre as superfícies do próprio material, objetivando demonstrar exatamente em que ponto a força aplicada é maior e em que ponto a força é menor, cujo detalhes será relatado adiante no decorrer dos resultados do projeto.

### 3.3 Falhas na Gravação

As pesquisas para este estudo se iniciaram na linha de produção da empresa em questão, com análises na produção desses eletrodomésticos e na queda da produtividade devido



ao alto número de defeitos que estavam ocorrendo nestes produtos, principalmente no processo de tampografia.

O processo de gravação pelo método de tampografia está sempre sujeito a alterações, visto que depende de muitos parâmetros que influenciam sensivelmente a qualidade do processo, por isso, foram analisadas as principais falhas de gravação nesses produtos que podem ser visualizados abaixo com suas possíveis causas:

Nesse primeiro quadro podemos visualizar a falha da tinta pela não absorção da tinta pelo tampão para repassá-la à peça. Isso pode acontecer devido a vários fatores como descritos na imagem abaixo:

Quadro 1 – Falha de gravação: pouco curso em tinta

| FALHA  | POUCO CURSO EM TINTA                     |   |
|--------|--|---|
|        | Possível Causa                           | Possível Solução  |
| Tinta  | 1. Secou no clichê                       | 1. Refazer a tinta e limpar clichê com solvente.          |
|        | 2. Muito grossa ou fina                  | 2. Grossa: adicionar solvente; fina: excesso de solvente. |
| Tampão | 1. Pouca descida do tampão (32,8mm)      | 1. Aumentar o curso do tampão sobre o clichê.             |
|        | 2. Superfície danificada                 | 2. Troca do tampão.                                       |
|        | 3. Superfície oleosa                     | 3. Limpeza do tampão até que a oleosidade diminua.        |
| Clichê | 1. Profundidade insuficiente             | 1. Confeccionar um novo clichê com maior profundidade.    |
| Outros | 1. A pressão do tampão sobre clichê alta | 1. Diminuir o curso e a pressão do tampão sobre o clichê  |

Fonte: o autor.

No segundo quadro, pode ser visto que a tinta está se desprendendo da peça, criando uma aparência de estática, o que faz com que a tinta não tenha aderência suficiente à peça e impacta diretamente no quesito estético e de qualidade.

Quadro 2 – Falha de gravação: efeito estático nas gravações


| FALHA  | EFEITO ESTÁTICO NAS GRAVAÇÕES                          |  |
|--------|--|--|
|        | Possível Causa   | Possível Solução   |
| Tinta  | 1. Grossa  | 1. Adicionar solvente para afinar a tinta.   |
|        | 2. Seca  | 2. Avaliar a colocação de mais solvente ou refazer tinta.  |
|        | 3. Tinta acumulada tampão                              | 3. Usar mistura com viscosidade menor.   |
| Clichê | 1. Gravação da arte no clichê muito profunda           | 1. Confeccionar um novo clichê com a profundidade correta da arte.   |
| Tampão | 1. Formato errado                                      | 1. Usar tampão com o formato correto para a superfície.  |
|        | 2. Superfície danificada                               | 2. Substituição do tampão  |
| Outros | 1. Tempo de descida e subida do tampão lento (7,5 seg) | 1. Aumentar o tempo de descida e subida do tampão para que ele não permaneça sobre a peça por muito tempo. |
|        | 2. Tampão com pressão alta sobre a peça                | 2. Diminuir o valor de pressão aplicado pelo tampão sobre a peça.  |



Fonte: o autor.

No terceiro quadro, mostra um outro defeito bastante comum na tampografia de produtos plásticos, mas em sua maioria em peças pretas. A marca de plasma é uma “queimadura” na superfície da peça, que faz com que a peça queime ao invés de abrir os poros para receber a tinta, embora a imagem ainda consiga ser gravada. Em relação a esse defeito, caso ocorra uma mancha como a da foto, o produto deve ser refugado, pois não há como retrabalhar a peça e tentar fazer uma nova regravação.

Quadro 3 – Falha de gravação: defeitos de plasma

| FALHA  | PEÇAS MANCHADAS PELO PLASMA  |  |
|--|--|--|
|  | Possível Causa   | Possível Solução   |
| Velocidade   | 1. Baixa: o plasma consegue "abrir" os poros da peça plástica, porém há marcação da peça e pode ser que a tinta não se adere com qualidade.              | 1. e 2. Regulagem da velocidade da passagem do plasma na peça que não seja rápida e nem devagar demais para que a peça "sofra" as mudanças necessárias para o recebimento da arte de gravação. |
|  | 2. Alta: o plasma não "abre" os poros da peça plástica, causando a não aderência da tinta.   |  |
| Altura   | 1. Baixa: o plasma fica quase em contato direto com a peça, causando "queimaduras" na peça que fazem com que a peça seja descartada.                     | 1. e 2. Regulagem da altura da chama do arco voltaico do plasma para que ele não fique em contato direto com a peça e que nem se distancie demais para não ter contato com a mesma.            |
|  | 2. Alta: o plasma não entra em contato com a peça, impossibilitando conseguir atingir a aderência da arte na peça, por não atingir a tensão superficial. |  |
|  |  |  |

Fonte: o autor.

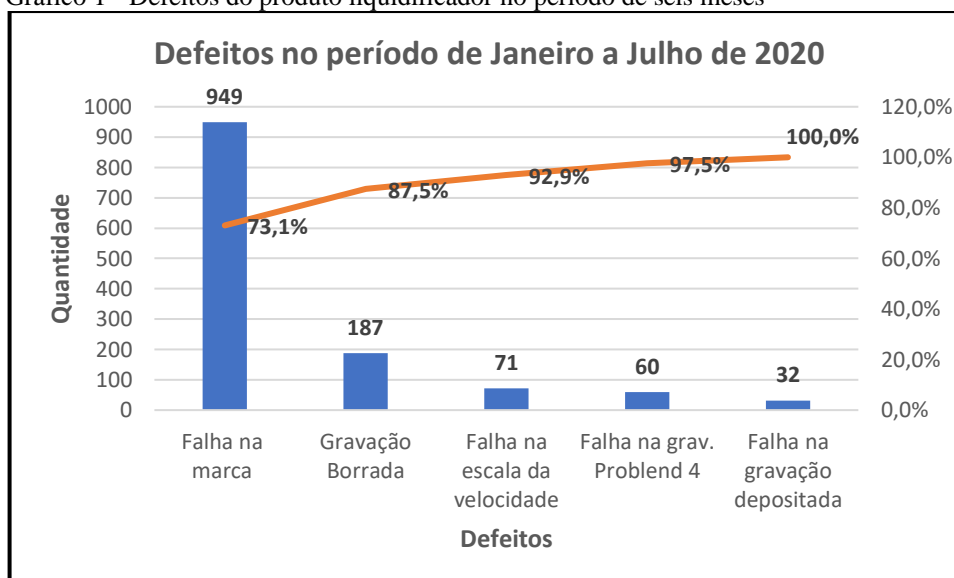
### 3.4 Análises dos defeitos de gravação

Foi realizado um acompanhamento na máquina durante o período de nove meses desse ano de 2020, considerando a quantidade de produção e o número de defeitos nas peças pela tampografia para uma análise posterior. O defeito mais encontrado, representando 73,1% de

todos os casos, foi o defeito de falha na marca do produto e ocorria por dois principais motivos, o de falta de aderência da tinta e do pouco curso de tinta, ou seja, o tampão não coleta tinta suficiente para passá-la à superfície da peça. Um terceiro motivo possível é o tratamento superficial de plasma, que dependendo da distância que se encontra da peça, pode causar queimaduras ou então não abrir os poros da superfície para receber a tinta, prejudicando a gravação.

Esses resultados podem ser encontrados no gráfico de Pareto abaixo:

Gráfico 1 - Defeitos do produto liquidificador no período de seis meses



Fonte: o autor.

Analisando o gráfico, podemos definir alguns parâmetros para o acontecimento dos defeitos e que podem ser modificados para uma melhora do processo:

- O tempo de descida do tampão recomendado encontra-se dentro da variação de 2 a 7 segundos, devido ao tempo que a tinta permanece e ao tempo de sua secagem. Na máquina estava variando de 7,5 a 8 segundos, a tinta secava e quando chegava para entrar em contato com a peça, estava mais viscosa, o que poderia falhar a gravação ou criar o processo de estática, que é a tinta “sair” da superfície;
- O curso em tinta fora do recomendado (varia entre 36,5mm a 39,5mm) e estava com 32,5mm. Essa distância interfere no contato que o tampão tem com o clichê no momento da coleta de tinta, quando menos contato, menos tinta coletada e maior a chance de ausência de gravação ou falhas na mesma;



- O curso em peça também fora afetado, pois como havia uma diferença no curso de tinta de 4mm, o curso em peça também variava e com isso o tampão não mantinha contato com a peça suficiente para transferir a gravação;
- A pressão em que o tampão se comprimi na superfície do clichê e na peça estava instável também, ocorrendo assim um desgaste precoce desse componente e que será mostrado com mais profundidade em estudos posteriores neste mesmo trabalho.

O processo de tampografia é muito delicado e qualquer modificação, mesmo pequena, faz com que alterações ocorram por grandes períodos e afetem com grande intensidade a produção e desempenho da empresa. Foram diversas análises e comparações que fizeram com que o problema fosse cada vez menor até não prejudicar

### **3.5 Análise não – linear do desgaste dos tampões no processo de tampografia**

Como foi descrito no decorrer do trabalho, os tampões são componentes essenciais para o processo de tampografia, pois sem eles, a transferência da tinta para a peça com a imagem a ser gravada fica impraticável. Por isso, fez-se necessário esse adendo para que pudesse analisar as condições em que os tampões se encontram e qual o comportamento desse componente em relação às tensões de compressão sofridas e forças aplicadas, devido a desgastes prematuros no material e trocas indevidas destes itens.

As máquinas mais antigas de tampografia funcionavam com cilindros pneumáticos e o que ocorria com grande frequência era as paradas de máquinas e muitas vezes no momento exato da gravação e devido à essa instabilidade no processo, foram trocados os cilindros sob pressão por servo-motores, que conseguem garantir maior precisão de atuação e estabiliza o procedimento de gravação. Mesmo com essa garantia, os parâmetros são muito sensíveis e qualquer alteração pode afetar o procedimento por inteiro.

Os tampões são fabricados pela empresa alemã *CHT – Smart chemistry with character* e que possuem em sua composição o método de cura por estanho ou platina e alguns aditivos que podem auxiliar no processo de garantir uma característica especial como a eliminação da estática, por exemplo. Além disso, possuem diferentes durezas (flexibilidade do tampão) e estão de acordo com a norma ABNT 11:300.03-009 e geralmente são dadas em Shore A, sendo o caso dos que estão sendo estudados nessa análise que apresentam uma dureza de 43 Shore A, são classificados como duros para processos que necessitam de maior estabilidade.

Então, a partir dos primeiros dados encontrados dos componentes, a coleta de dados passou a ser por informações mais específicas para conseguir aplicar os cálculos necessários e desenvolver a análise de carga. Primeiramente, dimensionou os dois tampões: o maior apresenta uma largura de 95mm, um comprimento de 90mm e uma altura de 50mm, enquanto o menor apresenta uma largura de 35mm, um comprimento de 65mm e uma altura de 30mm. Depois, buscou-se as informações do servo-motor como potência de entrada e saída, rendimento e torque no intuito de calcular a força que ele libera para a máquina utilizar no processo de tampografia, como mostrado na figura (20), demarcado com a cor vermelha.

Figura 20 – Dados do servo-motor

| Item                                 |   | Model (R88M-)<br>Unit              | 200 VAC                   |           |           |           |
|--------------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                                      |   |                                    | 1M10030T                  | 1M20030T  | 1M40030T  | 1M75030T  |
| Rated output *1 *2                   |   | W                                  | 100                       | 200       | 400       | 750       |
| Rated torque *1 *2                   |   | N-m                                | 0.318                     | 0.637     | 1.27      | 2.39      |
| Rated rotation speed *1 *2           |   | r/min                              | 3,000                     |           |           |           |
| Maximum rotation speed               |   | r/min                              | 6,000                     |           |           |           |
| Momentary maximum torque *1          |   | N-m                                | 1.11                      | 2.2       | 4.5       | 8.4       |
| Rated current *1 *2                  |   | A (rms)                            | 0.84                      | 1.5       | 2.5       | 4.6       |
| Momentary maximum current *1         |   | A (rms)                            | 3.10                      | 5.6       | 9.1       | 16.9      |
| Rotor inertia                        | Without brake                               | $\times 10^{-4}$ kg-m <sup>2</sup> | 0.0890                    | 0.2232    | 0.4452    | 1.8242    |
|                                      | With brake                                  | $\times 10^{-4}$ kg-m <sup>2</sup> | 0.0968                    | 0.2832    | 0.5052    | 2.0742    |
| Applicable load inertia              |   | $\times 10^{-4}$ kg-m <sup>2</sup> | 1.62                      | 4.80      | 8.40      | 19.4      |
| Torque constant *1                   |   | N-m/ A (rms)                       | 0.42                      | 0.48      | 0.56      | 0.59      |
| Power rate *1 *3                     |   | kW/s                               | 11.9                      | 18.5      | 36.6      | 31.4      |
| Mechanical time constant *3          |   | ms                                 | 1.2                       | 0.78      | 0.56      | 0.66      |
| Electrical time constant             |   | ms                                 | 0.83                      | 2.4       | 2.6       | 3.3       |
| Allowable radial load *4             |   | N                                  | 68                        | 245       | 245       | 490       |
| Allowable thrust load *4             |   | N                                  | 58                        | 88        | 88        | 196       |
| Weight                               | Without brake                               | kg                                 | 0.52                      | 1.0       | 1.4       | 2.9       |
|                                      | With brake                                  | kg                                 | 0.77                      | 1.3       | 1.9       | 3.9       |
| Radiator plate dimensions (material) |   | mm                                 | 250 x 250 x t6 (aluminum) |           |           |           |
| Brake specifications                 | Excitation voltage *5                       | V                                  | 24 VDC $\pm$ 10%          |           |           |           |
|                                      | Current consumption (at 20°C)               | A                                  | 0.27                      | 0.32      | 0.32      | 0.37      |
|                                      | Static friction torque                      | N-m                                | 0.32 min.                 | 1.37 min. | 1.37 min. | 2.55 min. |
|                                      | Attraction time                             | ms                                 | 25 max.                   | 30 max.   | 30 max.   | 40 max.   |
|                                      | Release time *6                             | ms                                 | 15 max.                   | 20 max.   | 20 max.   | 35 max.   |
|                                      | Backlash                                    | °                                  | 1.2 max.                  | 1.2 max.  | 1.2 max.  | 1.0 max.  |
|                                      | Allowable braking work                      | J                                  | 9                         | 60        | 60        | 250       |
|                                      | Allowable total work                        | J                                  | 9,000                     | 60,000    | 60,000    | 250,000   |
|                                      | Allowable angular acceleration              | rad/s <sup>2</sup>                 | 10,000 max.               |           |           |           |
|                                      | Brake lifetime (acceleration/ deceleration) | ---                                | 10 million times min.     |           |           |           |
| Insulation class                     |   | ---                                | Class F                   |           |           |           |

For models with an oil seal, the following derating is used due to increase in friction torque.

| Model (R88M-) |         | 1M10030T-O/<br>-OS2/ -BO/ -BOS2 | 1M20030T-O/<br>-OS2/ -BO/ -BOS2 | 1M40030T-O/<br>-OS2/ -BO/ -BOS2 | 1M75030T-O/<br>-OS2/ -BO/ -BOS2 |
|---------------|---------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Item          | Unit    |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Derating rate | %       | 95                              | 95                              | 80                              | 90                              |
| Rated output  | W       | 95                              | 190                             | 320                             | 675                             |
| Rated current | A (rms) | 0.84                            | 1.5                             | 2.1                             | 4.2                             |

Fonte: o autor.

O cálculo utilizado se encontra abaixo:

$$\eta = \frac{P_s}{P_e} = \eta = \frac{675}{750} = \eta = 0,9 \text{ ou } 90\% \quad (6)$$

Sendo:

$\eta$  = rendimento do servo-motor

$P_s$  = Potência de saída (W)

$P_e$  = Potência de entrada (W)

Com esse primeiro cálculo, conseguimos achar o rendimento que será aplicado na fórmula de torque e que contribuirá para achar a força aplicada nesse sistema. Nesse caso, notará que na fórmula precisa-se da área da superfície e como precisa-se da força aplicada em relação a área de contato dos tampões com a superfície da peça e com o clichê e para que isso fosse possível, foi feito uma marcação na peça com o cobrimento dos tampões com tinta, visto que quando estes entrassem em contato com a peça, pudessem “gravar” na peça a área que teria contato, igual a foto abaixo:

Figura 21 - Análise de área de contato do tampão na peça



Fonte: o autor.

As áreas de contato do tampão na superfície da peça foram dimensionadas e utilizadas as áreas demarcadas, sendo:

- Marcação menor: 58mm de largura e 22,5mm de altura
- Marcação maior: 95mm de largura e 103,5mm de altura

É importante dizer que a gravação não é feita na superfície toda, igual pode ser notada na Figura 6 em que aparece as peças com a gravação correta em suas superfícies, porém os tampões sofrem tensões de compressão numa área muito maior do que a necessária, aumentando assim as deformações do material, o que contribui para um maior desgaste também, levando em consideração os parâmetros da máquina. Conseguiu-se então, com a coleta desses dados, calcular a força como mostra a Equação 7 e as tensões de compressão superficiais nos tampões contra a peça, Equações 7 e 8, e contra o clichê, Equação 9, como segue abaixo:

$$T = \frac{F \times passo}{2\pi x \eta} = 2,39 = \frac{F \times 0,006}{2\pi \times 0,9} = F = 2252,52N \quad (7)$$

$$\tau_c = \frac{F}{A} = \tau_c = \frac{2252,52}{(95 \times 103,5)} = \tau_c = 0,23N/mm^2 \quad (8)$$

$$\tau_c = \frac{F}{A} = \tau_c = \frac{2252,52}{(58 \times 22,5)} = \tau_c = 1,73N/mm^2 \quad (9)$$

$$\tau_c = \frac{F}{A} = \tau_c = \frac{2252,52}{(140 \times 143)} = \tau_c = 0,11N/mm^2 \quad (10)$$

Sendo:

T= torque (N.mm)

F= força aplicada (N)

$\tau_c$ = tensão de compressão (N/mm<sup>2</sup>)

A= área de contato na superfície (mm<sup>2</sup>)

Uma outra área indicada na Figura 20 na região do botão também foi necessária de análise devido ao corte na região central, representado na Figura 19 e que provoca um desgaste rápido no tampão, impossibilitando-o da operação de tampografia. Para calcular a tensão

presente neste ponto, utilizou-se as equações abaixo, sendo a primeira da área dessa região (uma área muito pequena comparada com as outras em contato) e a segunda da tensão aplicada:

$$A_{tampão}=A_1 - A_2= A_{tampão}=(\pi \times 25,2^2) - (\pi \times 23,7^2) = A_{tampão} = 223,6mm^2 \quad (11)$$

Com a área calculada, aplica-se na equação de tensão:

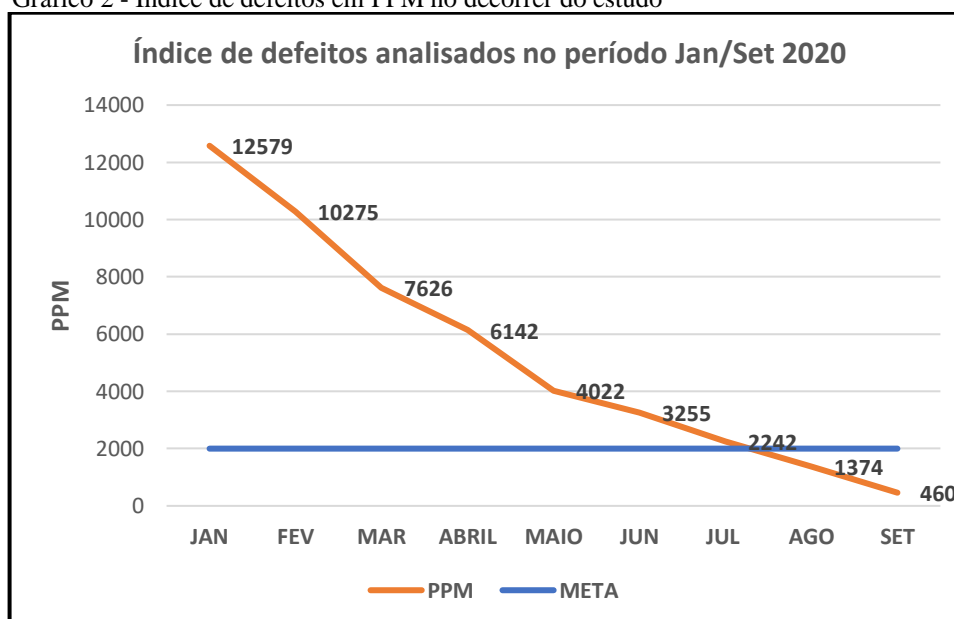
$$\tau = \frac{F}{A} = \tau = \frac{2252,52}{223,6} = \tau = 10,07N/mm^2 \quad (12)$$

Partindo-se dessas informações obtidas, pode serem iniciadas as análises feitas nos tampões, demonstrando a deformação que podem sofrer de acordo com a carga exercida e poderão ser indicados os pontos que sofrem maiores e menores tensões o que garante um estudo de melhoria na superfície desses materiais, evitando os desgastes precoces que estão frequentemente acontecendo na empresa.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o período analisado, pode-se chegar a resultados satisfatórios para a produtividade e melhoria dos indicadores de desempenho da empresa. A padronização dos parâmetros da máquina e o acompanhamento das peças refugadas foi de extrema importância para o projeto e proporcionou a empresa uma melhoria 96,3% na quantidade em PPM da relação entre o que foi produzido e o que foi descartado e conseguiu-se manter na meta de peças com defeitos de 2000 PPM por mês. Esse resultado pode ser melhor visualizado no gráfico abaixo, que mostra claramente que ao final do mês de setembro, atingiu-se a meta e o refugo abaixou 27 vezes.

Gráfico 2 - Índice de defeitos em PPM no decorrer do estudo



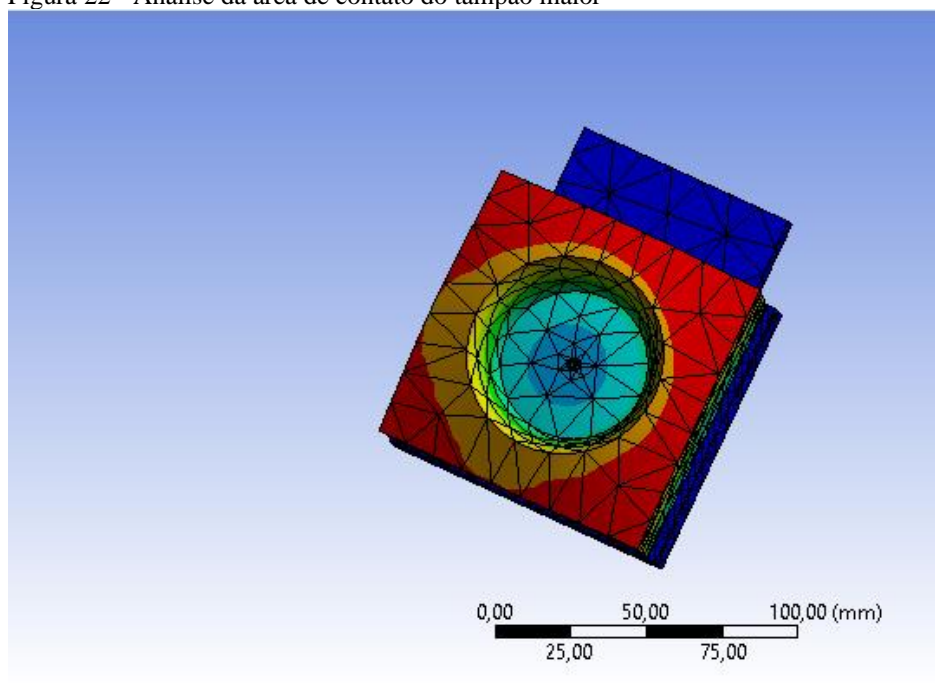
Fonte: o autor.

Além disso, outro fator que contribuiu bastante para os resultados foram as análises feitas através do software Ansys das tensões e forças aplicadas sobre o tampão. Foram realizadas três análises com o objetivo de buscar as áreas de contatos mais críticas e assim estudar uma forma da diminuição de desgaste desse componente nessas regiões.

A primeira análise foi realizada na área de maior contato do tampão maior, visto que ela sofre grande deformação ao entrar em contato com a peça e com o clichê da máquina. Pôde-se notar que a região sofre a compressão causada pela máquina e isso faz com que o componente tenha uma deformação média de 8,25mm quando atinge a peça e o clichê e para uma altura de 50mm, ela chega, no momento de compressão máxima a uma altura de 42,5mm. Na análise

notou-se que a região tem uma área de contato grande e de acordo com a força aplicada, sua tensão é baixa se comparada às outras áreas e apesar de ser bastante comprimida (como mostra a Figura 21, sua superfície consegue se moldar bem ao movimento, sem alterar o material devido a sua elasticidade ser maior. É importante lembrar que é essa área responsável pela transmissão da tinta (arte gravada) para a peça, exigindo-se que esteja com a superfície perfeita para contribuir com que a gravação saia na melhor qualidade possível.

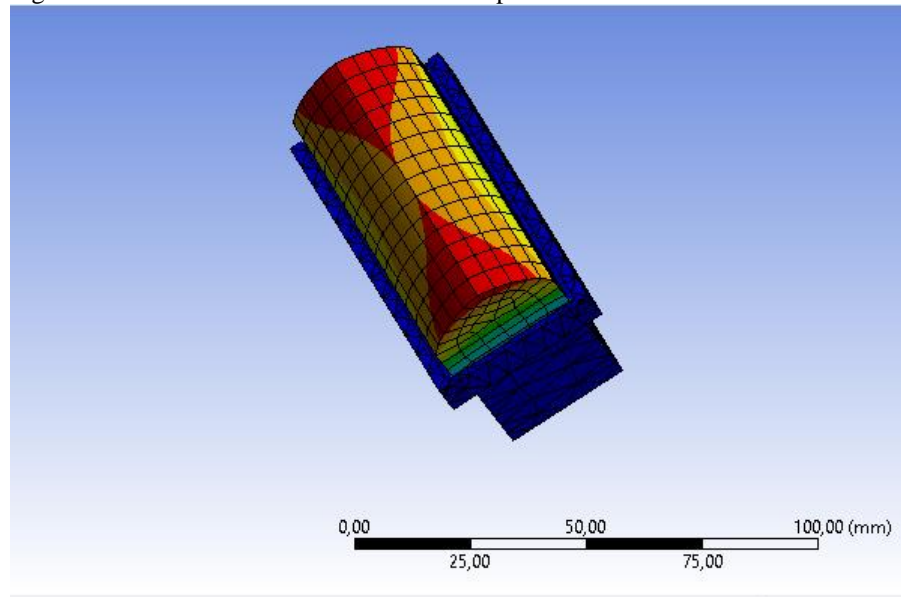
Figura 22 - Análise da área de contato do tampão maior



Fonte: o autor.

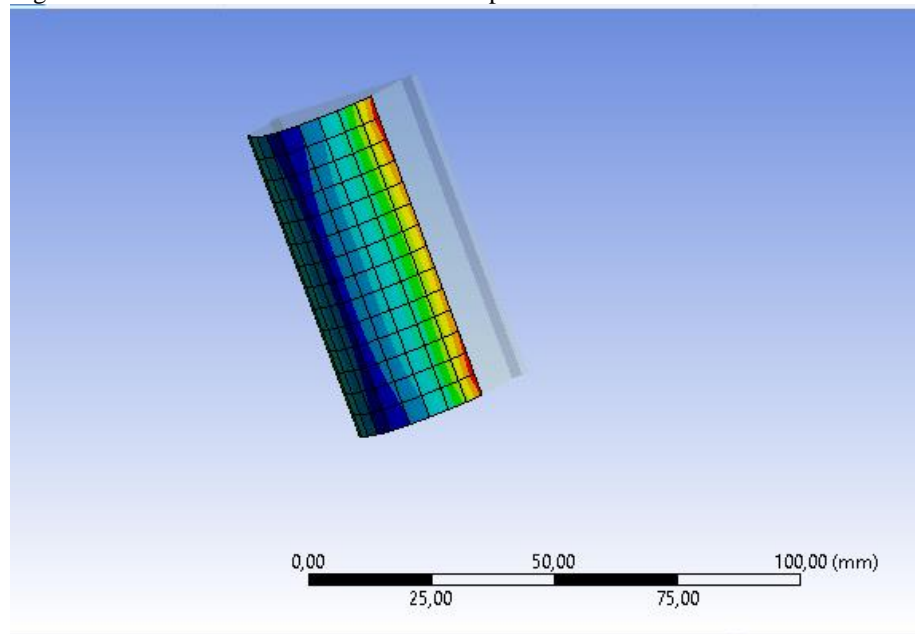
A segunda análise foi feita sobre o tampão menor, que é responsável pela gravação da marca na peça. O tampão menor tem uma média de deformação de 12,3mm, levando em consideração a área de contato que os tampões possuem com o clichê e com a peça. Pode-se notar pela análise que o tampão menor sofre uma deformação crítica na região das extremidades (indicadas de vermelho), em que geralmente ocorreram as falhas de “rachadura” na região.

Figura 23 - Análise da área de contato do tampão menor



Fonte: o autor.

Figura 24 - Análise das extremidades do tampão menor



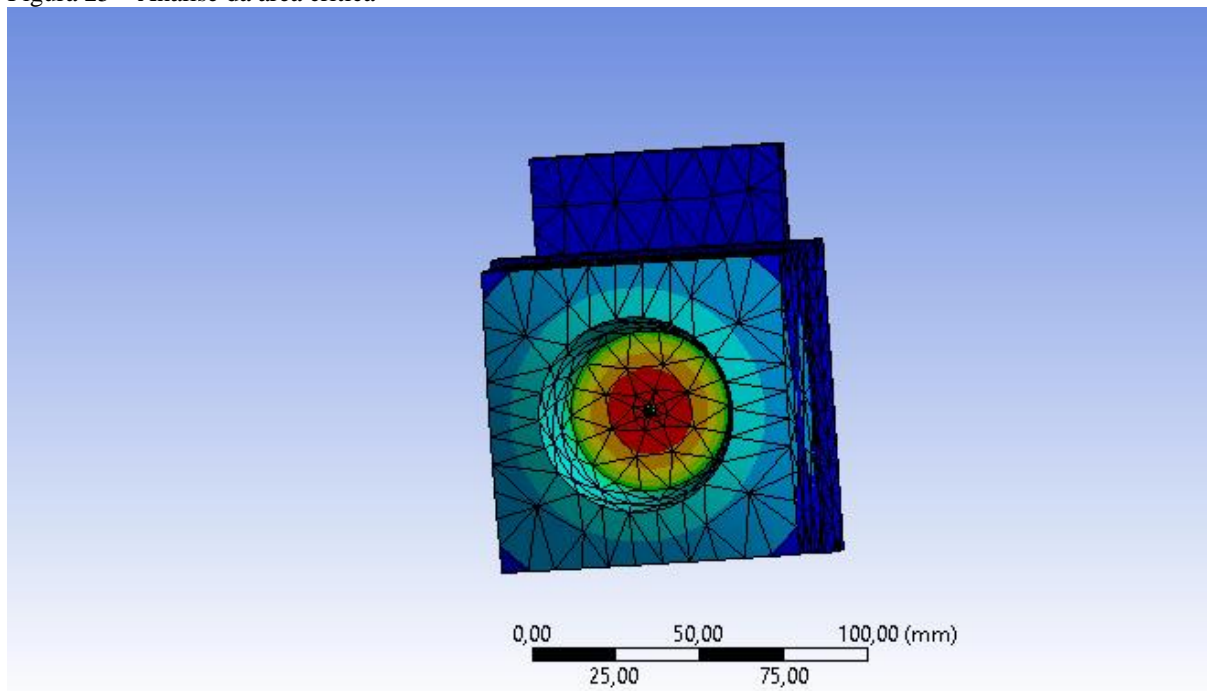
Fonte: o autor.

E a última análise foi feita na região do botão do corpo, uma área muito pequena entre o diâmetro interno e externo do botão em que é aplicada a mesma carga de entrada da máquina. Por ser uma área muito pequena, será a de maior tensão e assim transmitirá a mesma para o tampão e afetará principalmente sua área central, causando uma deformação cisalhante no material, o que justifica o corte representado na Figura 19. Na figura da análise a seguir pode-se notar a região de carga máxima no centro do tampão por se manter sempre em contato, o que



causa repentina troca desse componente e notou-se que uma das causas principais era a profundidade do diâmetro do encaixe do botão.

Figura 25 – Análise da área crítica

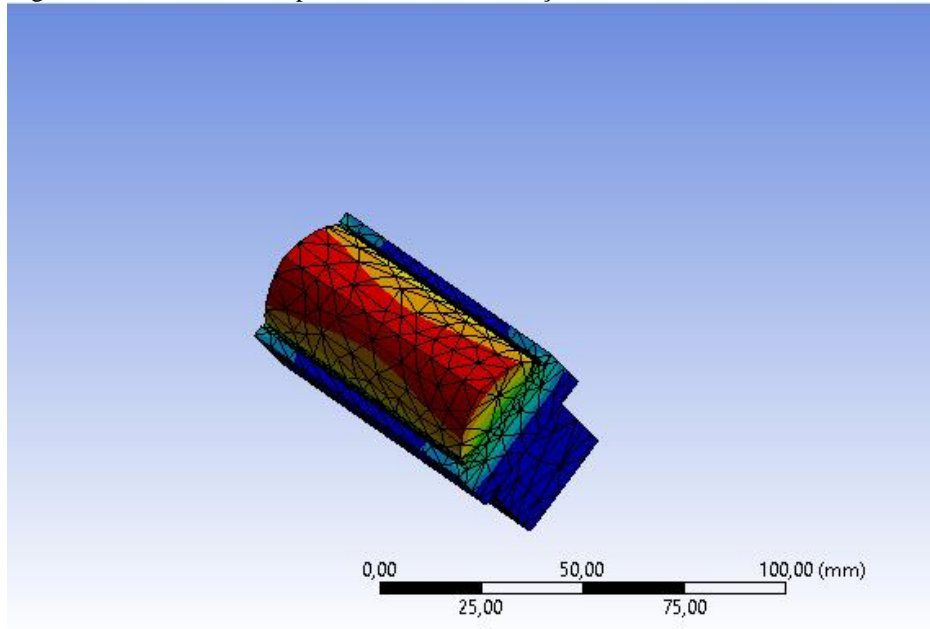


Fonte: o autor.

Depois de todas as análises feitas, foi pensado uma forma de diminuir as tensões, principalmente na área crítica, que causa a maior deformação do componente. Em relação à área de contato maior do tampão, foi entendido que apesar de estar sinalizada uma alta carga em vermelho, essa carga de compressão é normal e o material aguenta esse tipo de deformação sem comprometer o material.

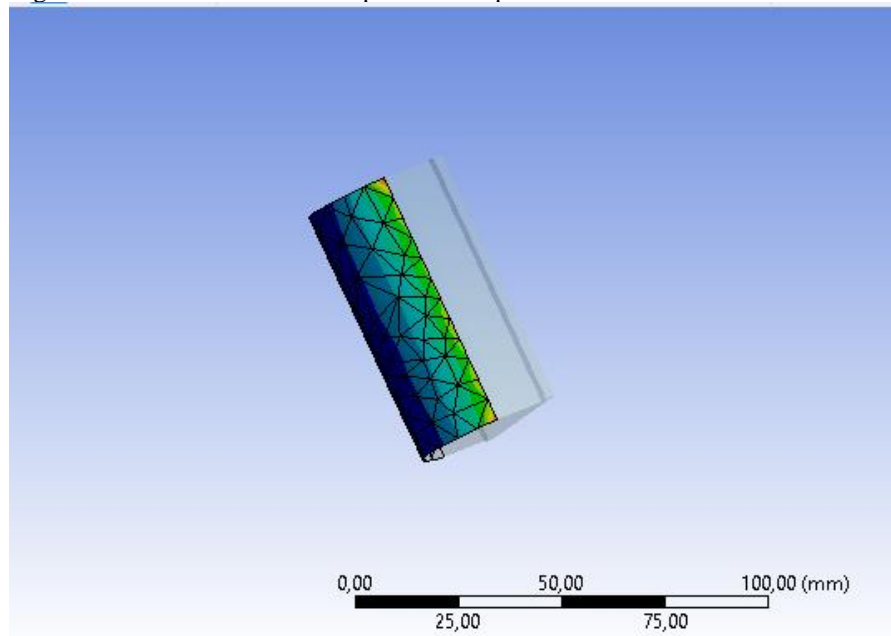
Já o tampão menor, caso aumente a base fixa deste, a tensão se torna melhor distribuída e não fica sobrecarregada somente nas extremidades, aumentando assim a distribuição da força, diminuindo-se o desgaste na região. Pode ser observado nas figuras a seguir, que com o aumento dessa base, a região vermelha se distribui, mostrado na Figura 26 e quase deixa de existir nas extremidades, mostrado na Figura 27.

Figura 26 - Análise do tampão menor com mudança na base fixa



Fonte: o autor.

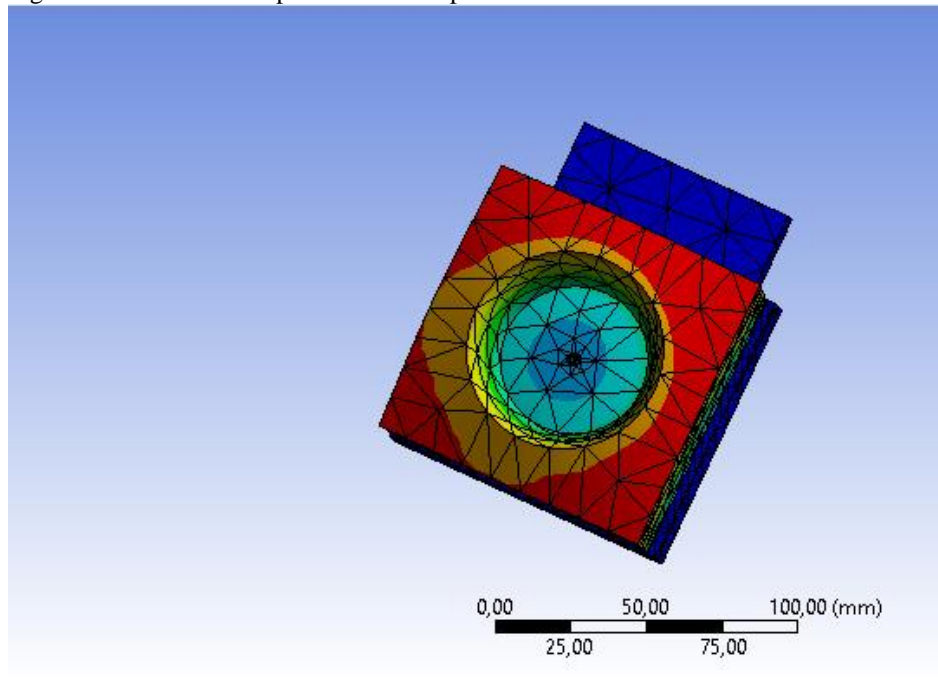
Figura 27 - Extremidades do tampão menor após aumento da base fixa



Fonte: o autor.

Por último, fez-se uma mudança na fabricação do componente que pudesse aumentar a região afetada, tanto na profundidade, quanto no diâmetro para que esse não houvesse contato com a área menor que fará com que o material cisalhe, sem haver qualquer tipo de alteração da gravação da arte na peça, sendo essa região maior do que a considerada afetada.

Figura 28 - Área crítica após aumento da profundidade e diâmetro



Fonte: o autor.

Nesse caso, a análise feita demonstrou os mesmos resultados da primeira análise, concluindo que a deformação passou a ser somente na área de contato do tampão e possivelmente vai ser eliminado o “rasgamento” nessa região.

## 5 CONCLUSÕES

Após todas as análises e recursos apresentados no decorrer desse projeto e acompanhamentos teóricos e práticos do processo de tampografia e dos defeitos recorrentes da linha de produção, foi possível concluir que todos os resultados foram satisfatórios e atingiu-se o objetivo principal de melhorar os indicadores de desempenho da empresa.

De acordo com todo o processo analisado, foram revisados todos os parâmetros dos maquinários para poder atender melhor o procedimento de gravação e diminuir 27 vezes o número de refugo apresentado no liquidificador em específico e o que pôde ser acompanhado nas última semanas, depois das conclusões do estudo, que o procedimento se manteve melhorando e já houve outras pequenas melhoras na operação.

Além disso, o estudo do principal componente da tampografia que é o tampão contribuiu para entender as causas de desgaste e com elas saber exatamente o que evitar para não haver gastos precoces e desnecessários. O tempo médio de troca do tampão é anual, porém estavam ocorrendo trocas antes de completarem os seis meses de uso, o que acarreta um gasto dobrado por ano pela empresa. São comprados em média 2 a 3 pares dos tampões para cada máquina tampográfica, com um valor de R\$420,00 por par, mas como a troca estava pela metade do tempo, acabavam gastando R\$840,00 por par. Uma outra vantagem de se entender essas tensões é que pode ser feito um novo projeto de tampões, utilizando um pouco menos de material na parte central (para evitar o contato com a peça e cisalhamento do material), o que possivelmente abaixará o preço dos tampões também.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 11003: Tintas - Determinação da aderência**. Brasília: ABNT, 2009. 13p. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EME715/Normas%20AT/NBR11003%20Determina%C3%A7%C3%A3o%20ader%C3%Aancia.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020
- ADAMSON, A. W.; GAST, A. P. **Physical chemistry of surfaces**. 6. ed. California: Publishing company Wiley-Interscience, 1997. 190 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/165286999/Adamson-and-Gast-Physical-Chemistry-of-Surfaces>. Acesso em 10 mar. 2020
- ANASTÁCIO, M. O. **Segurança do trabalho em máquina tampográfica numa empresa de gravações técnicas**. 2015. 61 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2015. Disponível em: [http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/709/1/Marcelo%20Oliveira%20Anastacio\\_seg.pdf](http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/709/1/Marcelo%20Oliveira%20Anastacio_seg.pdf). Acesso em: 10 mar. 2020
- ANGELINI, J. M. G. **Estudo de Tensões Residuais em Policarbonato Moldado por Injeção**. 1999. 122p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/267510/1/Angelini\\_JoceliMariaGiacomini\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/267510/1/Angelini_JoceliMariaGiacomini_D.pdf). Acesso em: 10 mar. 2020
- AWAJA, F. *et al.* Adhesion of polymers. Separata de: **Progress in Polymer Science**. 34. v. Geelong: Elsevier Journal, 2009. p. 948-968. Disponível em: [https://www.academia.edu/15686501/Adhesion\\_of\\_polymers](https://www.academia.edu/15686501/Adhesion_of_polymers). Acesso em: 11 mar. 2020
- BIANCHEZZI, V. **Influência dos parâmetros de injeção na tensão residual e sua consequência no comportamento mecânico dos componentes termoplásticos**. 2014. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/129083/328187.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 mar. 2020
- CALADO, R. D. **Aplicação de conceitos de manufatura enxuta no processo de injeção e tampografia de peças plásticas**. 2006. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/264422/1/Calado\\_RobisomDamasceno\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/264422/1/Calado_RobisomDamasceno_M.pdf). Acesso em: 10 mar. 2020
- HARADA, J. **Moldes para injeção de termoplásticos: projetos e princípios básicos**. 1. ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2004. 310p.
- ISRAELACHVILI, J. N. **Intermolecular and surfaces forces**. 3. ed. California: Publishing company Elsevier, 2011. 706 p.
- MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Edgard Blucher, 1999. 208 p.

MICROPRINT. **The pad printing book**. Schaffhausen: 2015. (Apostila).

PROLL. **Pad Printing – Theory and practice**. Weissenburg in Bayer: 2015. (Apostila).

TECA-PRINT. **The Pad Printing Process**. Thayngen: 2018. (Apostila).

TINO, V. F. **Utilização de análise de Componentes Principais na Regulagem de Máquinas de Injeção Plástica**. 2005. 90p. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Elétricas) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2005042901.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020

WUTZL. **Curso de tampografia**. São Paulo 2017. (Apostila).

ZURICH TERMOPLÁSTICOS. **Injeção de termoplásticos**. São Bernardo do Campo, 2020. Disponível em: <https://www.injecaoeplasticos.com.br/home/>. Acesso em: 02 jun. 2020