



PROJETO DE UM DISPOSITIVO COM ESTEIRA PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE SECAGEM DE SACOLAS PLÁSTICAS NO PROCESSO DE SERIGRAFIA

Leonardo do Carmo Lelis Dias, leonardolelisdias@gmail.com¹
Erivaldo Pereira Nunes, erivaldo_pn@yahoo.com.br¹
Ludimilla Barbosa Ferreira, ludimillabarbosa18@gmail.com²

¹ Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

² Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, Av. Amazonas, 5253 - Nova Suíça, Belo Horizonte - MG, 30421-169

Resumo. *O presente trabalho tem como intuito apresentar um sistema para redução do tempo de secagem para o processo de serigrafia de sacolas plásticas. A serigrafia nada mais é do que um processo de impressão no qual se transfere a tinta de uma tela preparada para uma determinada superfície. A primeira etapa do projeto, foi verificar a real necessidade deste dispositivo, em seguida, foi dimensionado um dispositivo para aumentar a taxa de troca de calor das sacolas para reduzir o tempo de secagem do processo. Por fim, dimensionou-se uma esteira, na qual sua estrutura foi validada via MEF (método dos elementos finitos). Ao final do projeto, obteve-se um dispositivo que atendeu as expectativas e objetivos esperados, além disso, ele possui um menor valor quando comparado aos sistemas disponíveis no mercado.*

Palavras chave: *Serigrafia; Projeto; Secagem; Sacolas plásticas;*

1. INTRODUÇÃO

O processo de serigrafia é um dos meios de impressão mais antigo existente. Segundo Biegeleisen (1963) o processo não está atrelado a um criador, ou seja, a origem de tal atividade não está associada a somente uma pessoa. Lotufo (apud DALLEY, 1982) ainda cita que as impressões com estênceis do Japão e da China são as origens da serigrafia conhecida atualmente.

O *silk screen*, como também é conhecido o processo, se dá através da transferência da tinta para uma matriz serigráfica devidamente preparada. Essa matriz é comumente chamada de tela e em geral é feita de nylon ou poliéster e é estendida sobre um quadro de madeira ou alumínio. A passagem da tinta para o material é feita através da pressão exercida por um rodo sobre a tela, conforme ilustrado na Fig 1.

Figura 1. Exemplificação do processo de serigrafia (RXSilk 2018 – Adaptada)



Essa técnica é muito utilizada para personalizar os mais diversos tipos de materiais, superfícies e objetos de diversos tamanhos, modelos e espessura. Sua vasta utilização se dá pelas suas boas características tais como: alta durabilidade, resistência a luz e qualidade nos traços. Sendo assim, essa é a maneira mais comum de personalização de sacolas plásticas.

Sabe-se que sacolas plásticas além da sua função básica de transporte de objetos, também são utilizadas como um meio de divulgação de marca, logotipo da instituição etc. Logo a sua aparência é de suma importância para que o *marketing* atinja os resultados esperados.

Em consequência, tem-se que o processo de serigrafia é fundamental para que essa estratégia seja atingida. Segundo apontado por Dias (2018), o processo de serigrafia ou grande parte dele é feito de forma manual, o que compromete a saúde do colaborador e a qualidade do produto. Ainda de acordo com o autor o principal gargalo de produção é o tempo de secagem das sacolas.

A secagem no processo geralmente é feita colocando as sacolas estendidas num varal para secarem ao ar livre, o que demanda maior tempo para sua finalização, além de ser necessário um colaborador para colocar e retirar as sacolas do local onde irão curar. No mercado existe algumas soluções que contam com estufa e um sistema de aquecimento para secagem, mas elas possuem um alto valor, o que inviabiliza a aquisição para pequenos empreendedores. Além deste alto preço, estas apresentam estruturas superdimensionadas e raramente é possível adaptações ou modificação de lugar.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo geral elaborar um projeto de um dispositivo que reduz o tempo de secagem das sacolas no processo de *silk screen* e como objetivo específico o dimensionamento de um sistema de aquecimento, uma esteira e a estrutural geral do dispositivo.

2. METODOLOGIA

Baseando na metodologia de projetos apresentado por Norton (2013), que é resumida na Tab. 1 apresentada a seguir, deu-se início ao projeto de um dispositivo que reduzisse o tempo de secagem do processo de serigrafia em sacolas plásticas. Vale ressaltar que o seguinte trabalho foi feito até a etapa 8 da metodologia proposta.

Tabela 1. Metodologia de Projetos (Norton, 2013 – Adaptado)

<i>Metodologia de Projeto</i>	
Etapa	Descrição
1	Identificação da necessidade
2	Pesquisa de Suporte
3	Definição dos Objetivos
4	Especificações de tarefas
5	Síntese
6	Análise
7	Seleção
8	Projeto detalhado
9	Protótipo e teste
10	Produção

A primeira etapa foi verificar a real necessidade de tal projeto, para isso foram coletadas informações com pessoas que atuam no segmento e foi feita uma revisão bibliográfica em pesquisas já existentes, o que caracterizou a segunda etapa da Tab.1.

Partindo do objetivo geral de elaborar um sistema para reduzir o tempo de secagem do processo de *silk screen*, começou-se a buscar soluções para tal problema. Após uma avaliação das propostas, verificou-se que a melhor solução para um custo reduzido era o projeto de uma esteira com uma espécie de estufa de secagem aquecida por lâmpadas Ultravioletas (UV).

A primeira etapa do projeto foi o dimensionamento do sistema de secagem. Segundo informa Agasilk (2019), existem dois tipos de secagem, uma denominada secagem ao toque e outra denominada secagem definitiva. Para este trabalho a primeira é a mais importante, pois ela já permite a armazenagem da sacola finalizada.

De acordo com o boletim técnico da fabricante de tintas para serigrafia Genises Tintas, o tempo de secagem das tintas para sacolas plásticas preparadas é de aproximadamente 5 minutos para secagem ao ar livre. Sabendo que a troca de calor na secagem ao ar livre pode ser considerada sem grandes erros apenas convecção, tem-se que uma solução para reduzir o tempo de secagem é aumentar a taxa de convecção do processo.

Sabe-se que a transferência de calor por convecção é dada pela Eq. (1) conhecida como lei do resfriamento de Newton.

$$q'' = h(T_s - T_\infty) \quad (1)$$

Onde q'' é o fluxo térmico por convecção (W/m^2), T_s é a temperatura da superfície, T_∞ é a temperatura do fluido e h é a constante de proporcionalidade ($W/m^2 K$) denominada coeficiente de transferência de calor por convecção.

Sabe-se que as sacolas plásticas são feitas de PEBD (Polietileno de Baixa Densidade) e que a sua temperatura de deformação varia de $100^\circ C$ a $115^\circ C$, logo tem-se que abaixo dessa temperatura a mesma não deforma. Portanto uma maneira de aumentar o fluxo térmico é elevando a temperatura superficial do dispositivo e aumentar a constante de proporcionalidade. O primeiro pode ser aumentado colocando-se uma fonte que gere calor, no caso como já definido serão utilizadas lâmpadas UV e o segundo aumenta quando se acrescenta uma fonte externa para movimentar o fluido que neste caso é o ar. Como a sacola possui baixo peso, foi utilizado mini ventiladores para movimentar o ar e definiu-se como temperatura superficial ideal como sendo $80^\circ C$, para não deformar a sacola. Na Tab.2 é mostrado alguns valores típicos de coeficiente de transferência de calor por convecção.

Tabela 2. Valores típicos de coeficiente de transferência de calor por Convecção

Processo	h ($W/m^2 K$)
Convecção livre – Gases	2 – 25
Convecção livre – Líquidos	50 – 1000
Convecção forçada – Gases	25 – 250
Convecção forçada – Líquidos	100 - 20000

Utilizando a Eq. (1), empregando o menor valor da convecção forçada para gases ($h=25$) e considerando que o fluido entre na temperatura ambiente, tem-se que fluxo térmico por convecção seja igual a:

$$q'' = 25(353 - 298) = 1375 W/m^2$$

Tendo que as maiores sacolas personalizadas têm área superficial de aproximadamente $0,5 m^2$. Multiplicando essa área pelo fluxo térmico acima, tem-se a potência necessária das lâmpadas UV. Com isso, tem-se que as lâmpadas devem ter uma potência de $687,5 W$. Portanto, serão utilizadas 2 lâmpadas de $350 W$ com $250 mm$ de comprimento semelhante à mostrada na Fig 2.

Figura 2. Lâmpada UV de média pressão (Helio Quarts – 2009 – Adaptada)



Para evitar a troca de calor com o ambiente, foi desenvolvido uma estrutura onde as lâmpadas serão acopladas. Ela é feita com uma chapa de metal de $2 mm$, uma camada de isopor de $20 mm$ e uma camada de compensado de $10 mm$. Essa estrutura será acoplada na esteira por onde passarão as sacolas.

Finalizada a etapa anterior, deu-se início ao dimensionamento da estrutura da esteira que irá transportar as sacolas. Para o projeto de uma correia transportadora, se faz necessário a definição de alguns parâmetros que serão mostrados na Tab.3.

Tabela 3. Parâmetros para dimensionamento de uma esteira (Caetano – 2009)

Parâmetros para dimensionamento de uma esteira	
Comprimento da esteira	$l = 3500 mm$
Largura da esteira	$y = 800 mm$
Velocidade máxima	$V_{max} = 1 m/s$
Velocidade mínima	$V_{min} = 0,1667 m/s$

Com os valores acima definidos e utilizando a norma ABNT NBR 6172 pode-se definir o valor dos tambores do transportador, eles têm como função transferir o movimento e tracionar a correia. Como isso, chegou-se em um tambor

de 950 mm de comprimento e diâmetro de 150 mm. Para ajuste dos roletes, utilizou-se mancais do tipo tensor para poder alinhá-lo na posição correta. A próxima etapa foi a seleção do material para confecção da correia, como ela passará por uma zona aquecida, tem-se que ela deverá resistir a deformação causada pela alta temperatura. Sendo assim, optou-se por malha de fibra de vidro com teflon, muito utilizada no meio, além disso, ela apresenta boa resistência mecânica e a altas temperaturas.

Em seguida, foi dimensionado o motor para dar movimento a esteira. Segundo Caetano (2010), a potência de acionamento de um transportador pode ser encontrada somando-se três potências, sendo elas: P_1 – Potência da correia transportadora em vazio; P_2 – O deslocamento horizontal da carga e P_3 – Descolamento vertical da carga. Como a carga possui massa desprezível a potência de acionamento será a mesma que a da correia em vazio que é dada pela Eq. (2).

$$P_1 = \frac{C \cdot f \cdot L \cdot V_{Max} (2 \cdot Pc \cdot \cos \delta + M)}{75} \quad (2)$$

Onde C é o coeficiente proporcional ao comprimento da correia, f é o coeficiente de atrito, L é a distância entre os eixos (m); V_{max} é a velocidade máxima do transportador, Pc é o peso linear por metro da correia, δ é o ângulo de inclinação do sistema e M é o peso das partes móveis.

Os valores de C, f, M são tabelados e podem ser facilmente encontrados e vistos no trabalho de Caetano (2010). Empregando os melhores valores para a realidade do problema e utilizando a Eq. (2) obteve-se a seguinte potência:

$$P_1 = \frac{7,6 \cdot 0,035 \cdot 3,5 \cdot 1 (2 \cdot 0,75 \cdot \cos 0^\circ + 2)}{75} = 0,0434 Cv$$

Sabendo que o rendimento de um motor monofásico é de aproximadamente 0,8, tem-se que a potência do motor de acionamento deve ser 0,0543 cv. Conhecendo a potência do motor para movimentar e a velocidade máxima do mesmo, é possível pela Eq. (3) definir a rotação do motor.

$$\omega = \frac{V}{R} \quad (3)$$

Onde ω é velocidade angular em rad/s, V é a velocidade do sistema e R é o raio do tambor (m). Sendo assim, conclui-se que a velocidade angular necessária do sistema é 13,333 rad/s ou 127,29 RPM. Com esses valores é possível ir ao catálogo de um fabricante e definir qual o melhor para a situação. Para o projeto em questão, optou-se pelo motorreductor Ibram MR50 mostrado na Fig. 3.

Figura 3. Motorreductor Ibram MR50 (Ibram 2019 – Adaptada)



Para transferência do torque do motor para o eixo do tambor foi feita uma transmissão por correia, pois segundo informa Melcoriam (2009), ela possui um alto rendimento e é indicada para baixos e médios torques. A relação utilizada foi de um para um.

Por fim, foi dimensionada a estrutura da esteira, como ela não será submetida a grandes solicitações, pois irá transportar sacolas que possuem massa quase desprezível, pode-se concluir que a estrutura estará sujeita a somente esforços do próprio peso e ao peso do sistema de secagem. Com o intuito de produzir uma estrutura de baixo custo, optou-se por fazer a mesma com metalon de 40 mm x 60 mm x 1,5 mm e tubo “U” enrijecido 50 mm x 100 x 1,5 mm, ela poderá ser visto no tópico de resultados.

Para validar a estrutura, foi feita uma simulação estática, utilizando como carregamento de força distribuída representando os esforços causados pelo peso da estrutura de secagem. Para estimar esse peso utilizou-se um *software* de desenho 3D.

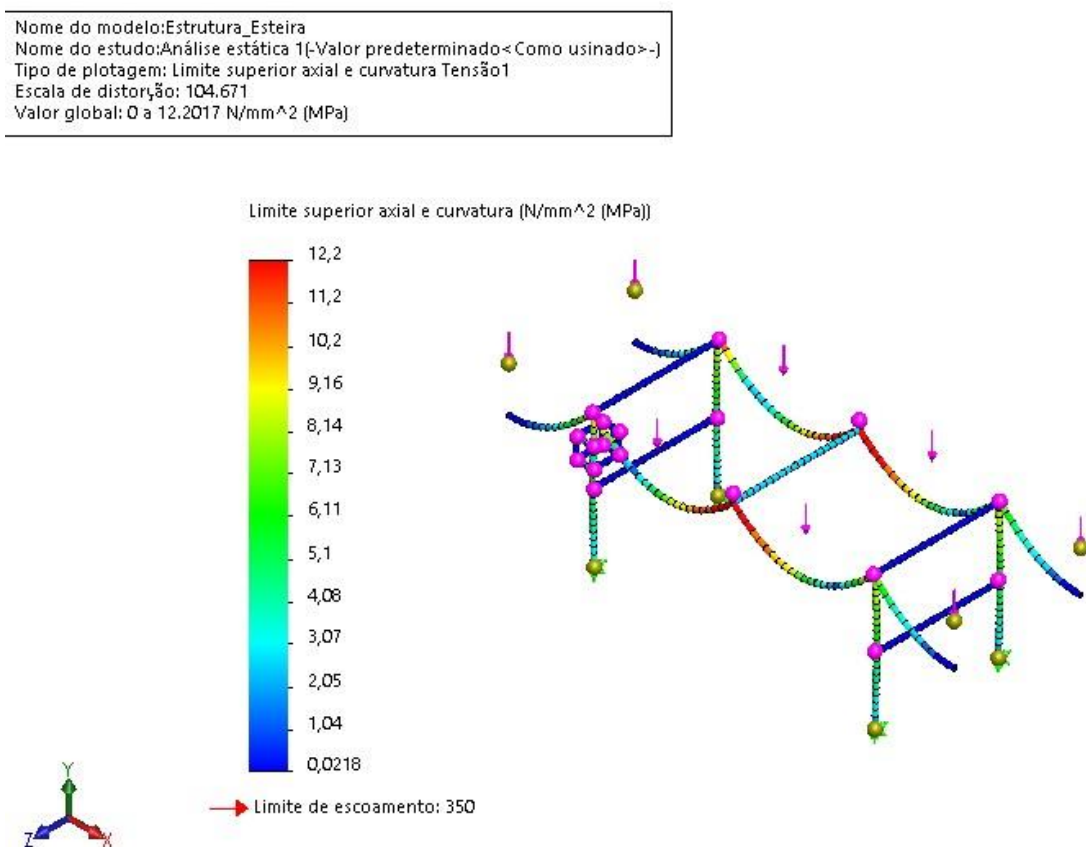
3. RESULTADOS

Como mencionado no tópico anterior, para validar a estrutura foi feita uma análise estática em elementos finitos. Sabendo que o peso do sistema de secagem tem aproximadamente 110 Kg e utilizando a Eq. (4) foi possível determinar a força peso causada pelo sistema de secagem.

$$F = m \cdot a \tag{4}$$

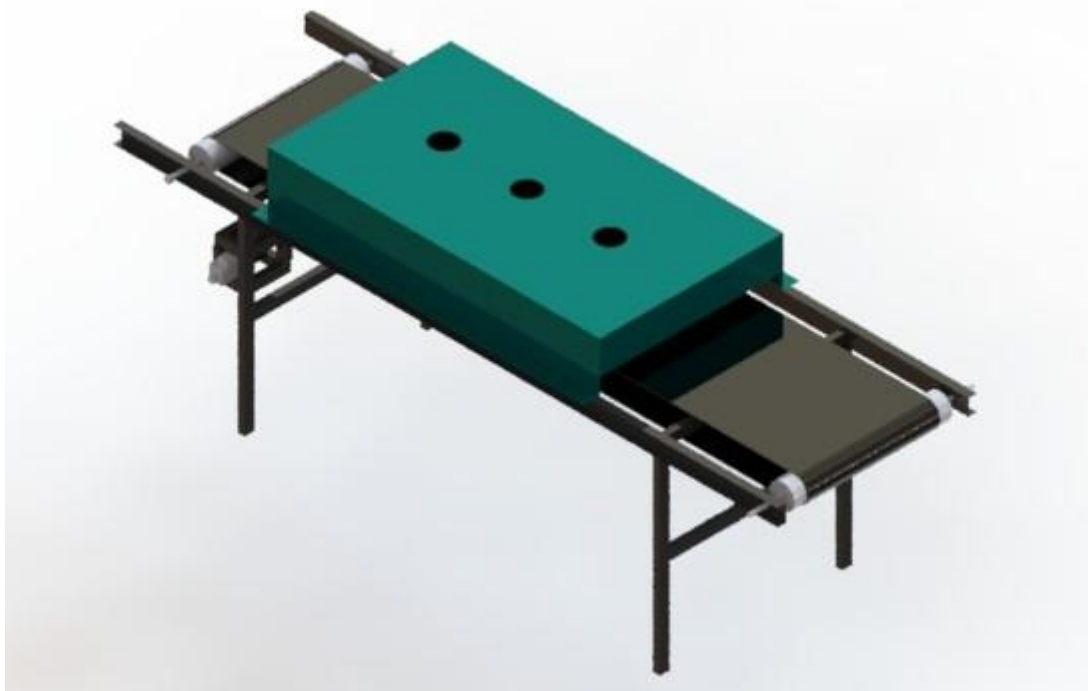
O resultado da simulação estática feita com a carga citada acima é apresentada na Fig. 4

Figura 4. Análise estática da estrutura da esteira.



Como pode-se observar, as maiores tensões estão bem abaixo do limite de escoamento do material, sendo assim, nota-se que a estrutura é mais do que suficiente para suportar os esforços aos quais serão submetidos. O desenho do projeto final do dispositivo é apresentado na Fig. 5.

Figura 5. Projeto Final do sistema de secagem de sacolas



E por fim, foi feito um orçamento para verificar se o projeto realmente apresenta uma melhoria no custo quando comparado aos sistemas encontrados no mercado. O orçamento pode ser visualizado na Tab. 4 a seguir

Tabela 4. Orçamento do projeto.

Orçamento do Projeto			
Descrição	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total
Mini ventiladores	3	R\$ 20,00	R\$ 60,00
Lâmpadas Ultravioletas	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00
Motor redutor Ibram	1	R\$ 400,00	R\$ 400,00
Polias 100 mm	2	R\$ 30,00	R\$ 60,00
Mancais de tensor	2	R\$ 25,00	R\$ 50,00
Chapa dobrada para estufa	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Compensado	1 chapa	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Isopor	6 chapas de 20 mm	R\$ 5,00	R\$ 300,00
Material para correia	7 metros	R\$ 18,00	R\$ 126,00
Tubo "U" enrijecido 50x100	8 metros	R\$ 100,00 (barra 6 m)	R\$ 120,00
Metalon 40x60x1,5	12 metros	R\$ 90,00 (barra 6m)	R\$ 180,00
Serviços de Soldas	-	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Montagem	-	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Pintura	-	R\$ 200,00	R\$ 200,00
TOTAL			R\$ 2466,00

Fazendo uma rápida pesquisa no mercado, encontra-se sistemas com funções semelhantes com custo médio próximo a R\$6000,00. Logo, pode-se notar que o valor do projeto em questão é bem mais em conta que os encontrados no mercado, o que mostra sua viabilidade.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho atingiu seu objetivo final que era o projeto de um dispositivo que reduzisse o tempo de secagem do processo de serigrafia em sacolas plásticas. E ainda foi feito um projeto devidamente dimensionado e com um custo mais baixo que as soluções existentes no mercado indo de acordo com os objetivos específicos propostos. Portanto, pode-se dizer que o trabalho foi concluído com sucesso devido ao cumprimento do que foi proposto. Ademais, o

desenvolvimento deste projeto foi de grande valia para aprendizagem dos autores pois o problema aqui proposto é algo real e que apresenta um grande valor mercadológico, visto que o mercado serigráfico de sacolas plásticas é algo ainda muito arcaico e pouco tecnológico, estando aberto a novas tecnologias.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que tem feito em minha vida, me abençoando e guiando meus passos. Agradeço também meus familiares, amigos pelo apoio dado. E agradeço a professores e empresas que me possibilitaram fazer este trabalho.

6. REREFÊNCIAS

- AGASILK (São Paulo). **Como Pintar Sacolas**. Disponível em: <<http://www.agasilk.com.br/como-pintar-sacolas>>. Acesso em: 01 jul. 2019.
- BIEGELEISEN, Jacob Israel. **The complete book of silk screen printing production**. New York: Dover Publications, 1963.
- CAETANO, Mario J.I. **Calculo e Seleção de Correias Transportadoras**. Disponível em: <<https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/correias-transportadoras/calculo-e-selecao-de-correias-transportadoras/>>. Acesso em: 01 jul. 2019
- DIAS, Leonardo do Carmo Lelis. **PROJETO DE MÁQUINA AUTÔNOMA PARA O PROCESSO DE SERIGRAFIA EM SACOLAS PLÁSTICAS**. 2019. 162 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecatrônica, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Cefet - Mg, Divinópolis, 2018.
- LOTUFO, Edith. **Introdução à serigrafia**. Goiânia: Mimeo, 2006
- NORTON, Robert L. **Projeto de Máquinas, uma visão integrada**. São Paulo: Pearson, 2013.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.