



## PROJETO E FABRICAÇÃO DE UMA PRENSA HIDRÁULICA PARA O PROCESSO DE ENFARDAMENTO DE BIG BAGS

Leandro Warmling Savi<sup>1</sup>

Anderson Daleffe<sup>2</sup>

Joélson Vieira da Silva<sup>3</sup>

Hadrian Martins<sup>4</sup>

Henrique Cechinel Casagrande<sup>5</sup>

Gilson de March<sup>6</sup>

**Resumo:** Quando se trata do armazenamento, manuseio ou transporte de produtos granulados, em pó ou pastosos, a maioria das indústrias utiliza a embalagem Big Bags. Uma das vantagens do uso de *Big Bags* é o fato deles poderem ser reutilizados (*Multi way*), e, nesses casos, existem empresas especializadas na recuperação destas embalagens já utilizadas. Na finalização da recuperação, os Big Bags devem ser separados por tamanhos e tipo, principalmente, e enfardados a fim de reduzir volume e facilitar o transporte. Entretanto, em uma empresa, localizada na região sul de Santa Catarina, e especializada na recuperação de Big Bags, evidenciou-se que a mesma utilizava um processo manual, utilizando somente o peso e força humana para este processo, o que acaba gerando um gargalo na expedição da indústria. Dessa forma, a fim de solucionar este problema de gargalo na produção da empresa, o objetivo deste estudo consistiu em projetar e fabricar uma prensa hidráulica que aumente a eficiência no processo de enfardamento de Big Bags. O foco consistiu em eliminar, assim, o processo manual, ocupando menos espaço de armazenamento e possibilitando à empresa atualização no mercado e incremento de faturamento. Dessa forma, com a implementação da prensa em uma das frentes de trabalho, a empresa teve um aumento na sua capacidade produtiva de aproximadamente 55 %, reduzindo também a folha salarial para o setor pois a partir de então precisou-se de menos mão de obra para uma produção maior de fardos. Com esta redução, verificou-se um retorno do investimento de aproximadamente 2,4 meses.

**Palavras-chave:** Big Bag; Prensa Hidráulica; Projeto.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, ano 2022:2. E-mail: [leandro\\_w\\_savi@hotmail.com](mailto:leandro_w_savi@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professor do Centro Universitário UniSATC. E-mail: [anderson.daleffe@satc.edu.br](mailto:anderson.daleffe@satc.edu.br)

<sup>3</sup> Professor do Centro Universitário UniSATC. E-mail: [Joelson.silva@satc.edu.br](mailto:Joelson.silva@satc.edu.br)

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, UniSATC. E-mail: [hadrian.martins@satc.edu.br](mailto:hadrian.martins@satc.edu.br)

<sup>5</sup> Mestrando em Eng. Metalúrgica. UniSATC. E-mail: [henrique\\_cechinel@hotmail.com](mailto:henrique_cechinel@hotmail.com)

<sup>6</sup> Professor do Centro Universitário UniSATC. E-mail: [gilson.march@satc.edu.br](mailto:gilson.march@satc.edu.br)



## 1 INTRODUÇÃO

Um grande número de indústrias utiliza Big Bags para armazenamento, manuseio e transporte de produtos granulados, em pó ou pastosos. Estes são utilizados em diversos segmentos, tais como: indústrias químicas, farmacêuticas, alimentícias, siderúrgicas, de mineração, e outros.

Fabricados em diversos tamanhos, os Big Bags são produzidos em tecido de polipropileno e, também, podem ser laminados ou ter um forro para proteção. Outra vantagem oferecida é que eles podem ser dobráveis e compactados após o uso (descarga) e reforma, quando for o caso.

Quando necessário reforma, existem empresas especializadas na recuperação destas embalagens já utilizadas. Esse processo inicia com uma severa seleção das embalagens possíveis de recuperação, evitando assim, que as mesmas sejam descartadas e proporcionando a sua reutilização com segurança, economizando na compra de novos. Entre os serviços e etapas envolvidas na recuperação destes produtos, destacam-se: troca de alças, fundos e tampas; troca de válvulas; costura dos furos e lavagem. E na finalização da recuperação, os Big Bags devem separados por tamanhos e tipo, principalmente, e enfardados a fim de reduzir volume e facilitar o transporte.

Em uma empresa, localizada na região sul de Santa Catarina, e especializada na recuperação de Big Bags, evidenciou-se que a mesma utilizava um processo manual, utilizando somente o peso e força humana para este processo, o que acaba gerando um gargalo na expedição da indústria.

Encontrou-se dessa forma, um obstáculo para o aumento da produtividade e faturamento, sendo necessário trabalhar para reduzir ou eliminar o gargalo que impõe restrições na sua produção e conseqüentemente nas suas vendas. Além disso, a empresa em questão não realizava o acompanhamento e gestão através da análise de indicadores de desempenho. Sendo esta, uma outra necessidade encontrada, a fim também de mensurar a eficiência e produtividade da automatização implementada.

Ao discorrermos sobre as diversas tecnologias disponíveis, é comum pensar que a mais recente seja a mais eficaz. No entanto, ao apresentar um produto, é recomendável possuir argumentos consistentes em mãos. O mesmo vale



ao considerar investir em um produto (Miot, Daleffe, Fernandes, 2020). Dessa forma, a fim de solucionar este problema de gargalo na produção da empresa, o objetivo deste estudo consistiu em projetar e fabricar uma prensa hidráulica que aumente a eficiência no processo de enfardamento de Big Bags.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONTETORES FLEXÍVEIS - *BIG BAGS*

Os contentores flexíveis, mais conhecidos como *Big Bags*, são considerados uma embalagem flexível super-resistente, versátil, econômica e que possibilitam uma facilidade na armazenagem e transporte de produtos sólidos. Esta embalagem possui dois modelos para comercialização o tipo *One Way* que são descartáveis, e, o tipo *Multi Way* que são reutilizáveis (Packaging, 2022).

Este tipo de embalagem é produzido a partir de um plástico reciclável, sendo uma alternativa de embalagem sustentável e eficiente, ajudando a minimizar o fluxo de resíduos, pois não necessitam de uma segunda embalagem. O armazenamento de produtos de neste tipo de embalagem são fáceis de manusear e de maior capacidade, o que acarreta menores perdas durante o transporte, diminuindo também as perdas econômicas.

No Qd. 1, podem ser verificadas as principais vantagens na utilização de Big Bags:

Quadro 1 - Vantagens no uso de Big Bags

Embalagens extremamente econômicas
Fáceis de manusear, otimizam as operações logísticas dos seus clientes
Cumprem inteiramente as normas de higiene estritas a nível da indústria alimentar e farmacêutica
Podem transportar até mil vezes o seu próprio peso em segurança
Não necessitam de uma segunda embalagem
Peso reduzido, menor espaço de ocupação – economia no armazenamento
Ajudam a minimizar os fluxos de resíduos
Reciclagem e acondicionamento

Fonte: PACKAGING (2018)



Como visto no Qd. 1, umas das vantagens do uso de *Big Bags* é o fato deles poderem ser reutilizados (*Multi way*), claro que sempre respeitando um número limitado de enchimento e descarga, garantindo a segurança das operações.

## 2.2 PRENSAS

Prensa é uma máquina capaz de proporcionar uma forte pressão, aproveitando a energia previamente acumulada mecanicamente, ou por meio de algum fluido. Geralmente trabalha com impacto seco quando usada em um processo de estampagem, ou com pressão contínua quando utilizada em processo de forja ou embutimento. Nesses processos, existe sempre um martelo (punção) cujo movimento é proveniente de um sistema hidráulico (cilindro hidráulico) ou de um sistema mecânico (em que o movimento rotativo é transformado em linear através de um sistema de bielas, manivelas ou fusos) (Polack, 2004).

Dessa forma, as prensas podem ser classificadas em dois grandes grupos de acordo com seu sistema de acionamento: mecânicas, onde o acionamento da corrediça é conseguido através de um sistema biela-manivela; ou hidráulicas, onde quem provê o acionamento do sistema é uma bomba hidráulica através de um motor que aciona os cilindros do equipamento e coordenam os movimentos de subida e descida (Botto; Neves; Camargo, 2016).

### 2.2.1 Prensas hidráulicas

A hidráulica é a ciência que estuda o comportamento e as aplicações dos fluídos para transformação e condução de energia. O princípio de qualquer sistema hidráulico é a realização de um trabalho através do esforço de um fluído. Dessa forma, a prensa hidráulica é uma máquina de prensar que usa a pressão de fluido, a fim de exercer força sobre um objeto (Groche; Schneider, 2007).

O funcionamento básico das prensas hidráulicas se dá através da injeção de óleo por bombas hidráulicas de alta pressão de motores potentes exercendo pressão sobre o martelo, ou seja, o martelo é movimentado por uma força de um pistão que se desloca através de um fluido, normalmente óleo, dentro de um cilindro.



Os principais acessórios das prensas hidráulicas são: bomba, canalizações e válvula de controle de óleo (Machado, 2011).

Prensas hidráulicas são equipamentos utilizados em diversos setores da mecânica industrial. Possuem uma variedade muito grande de restrições de operação, tamanho e capacidade, podendo ser utilizadas em operações de conformação de chapas metálicas de grandes dimensões até dispositivos micro mecânicos, os quais demandam alta exatidão com tolerâncias estreitas (Groche, Schneider, 2007).

As prensas hidráulicas mais utilizadas em grande parte das empresas e indústrias no Brasil, dividem-se em lentas para processo de embutimento, e prensas hidráulicas rápidas para processos de estampagem (Polack, 2004).

Estes equipamentos têm como principal característica utilizar a força mecânica rotativa, proveniente geralmente de um motor elétrico, sendo convertida em força hidráulica pela rotação da bomba hidráulica de deslocamento positivo nele acoplada. Esta, por sua vez, recalca o fluido (óleo hidráulico) que é transportado por tubulações ou mangueiras com trama de aço até o pistão hidráulico, responsável por receber esse fluido em alta pressão, transferindo essa energia à finalidade de projeto ao qual foi construído o equipamento (Tibúrcio, 2020).

### **2.2.2 Componentes hidráulicos**

Os componentes hidráulicos são todos os itens necessários para montagem de um sistema hidráulico, como, bombas hidráulicas, motores elétricos, cilindros, filtros, unidades reservatório, comando hidráulicos e mangueiras.

#### *2.2.2.1 Bombas hidráulicas*

As bombas hidráulicas são dispositivos mecânicos que movem os líquidos com o objetivo de transmitir a energia no corpo de fluido através da pressão que é encontrada pela restrição da passagem do mesmo (Botto; Neves; Camargo, 2016).

De todos os componentes de um sistema hidráulico, a bomba é o mais importante, já que sua função é converter a energia mecânica em energia hidráulica,



enviando um fluxo determinado de óleo do reservatório para o circuito hidráulico, a fim de executar o movimento.

Para isso a bomba precisa ser perfeitamente dimensionada de forma que o sistema seja atendido, podendo assim entregar o rendimento esperado pelo equipamento. O cálculo segue conforme Eq. 1, 2, 3 e 4:

$$Q = v \cdot A \text{ ou } v = \frac{Q}{A}; \text{ ou } A = \frac{Q}{v}; Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

$$V = Q \cdot t \text{ ou } t = \frac{V}{Q}; Q = V_t \cdot n \quad V_t = V1 + V2 \quad (2)$$

$$A = \frac{\pi \times D^3}{4} \quad (3)$$

$$v = \frac{s}{t} \quad (4)$$

Onde:

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s)

v = velocidade (m/s)

V = volume (m<sup>3</sup>)

A = área (m<sup>2</sup>)

T = tempo (s)

V<sub>t</sub> = volume total (L)

V<sub>1</sub> = volume para estender o pistão (L)

V<sub>2</sub> = volume para retrain o pistão (L)

n = número de ciclos

s = curso (m)

D = diâmetro (m)

#### 2.2.2.2 Atuadores hidráulicos

Os atuadores são responsáveis por transformar energia de trabalho em energia mecânica (Gomes; Andrade; Ferraz, 2008).

Basicamente são dois os tipos de atuadores hidráulicos: lineares e rotativos. Os lineares são utilizados na transformação de energia mecânica a partir



da energia hidráulica, realizando movimentos lineares, elevando, descansando, bloqueando e deslocando cargas (Botto Neves; Camargo, 2016).

O que mais interessa em um cilindro, é a força que ele pode fornecer, assim como, a velocidade de trabalho ou tempo de avanço e retorno, sendo as fórmulas empregadas conforme Eq. 5, 6, 7 e 8:

$$P = \frac{F}{A} \quad (5)$$

$$Q = v \times A ; Q = \frac{V}{t} \quad (6)$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} ; D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \quad (7)$$

$$v = \frac{s}{t} \quad (8)$$

Onde:

P = pressão (N/m<sup>2</sup>)

F = força (kgf)

A = área (m<sup>2</sup>)

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s)

v = velocidade (m/s)

V = volume (m<sup>3</sup>)

t = tempo (s)

D = diâmetro (m)

s = curso (m)

### 2.2.2.3 Comandos Hidráulicos

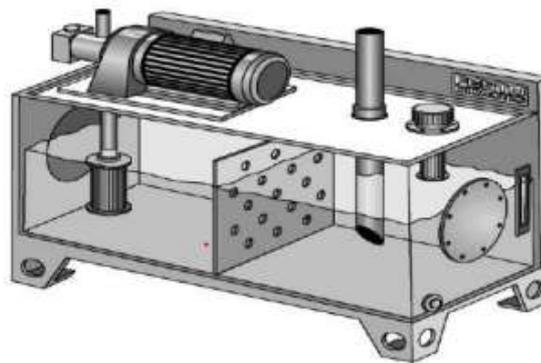
O comando hidráulico é o componente do circuito hidráulico que permite controlar e direcionar o fluxo do fluido para os atuadores da máquina. Dessa forma, a energia hidráulica do óleo em movimento será transportada para os atuadores que realizam diversos trabalhos. Exemplos destes atuadores são: Motores Hidráulicos, Cilindros e prensas. (Pavani, 2011)

Através dos comandos, é possível que o operador controle o sistema através de botões ou alavancas, ou até mesmo, através de sistemas automatizados.

#### 2.2.2.4 Reservatórios de óleo

A função de um reservatório hidráulico é conter ou armazenar o fluido hidráulico de um sistema (Botto; Neves, Camargo, 2016). Os reservatórios hidráulicos são formados por quatro paredes (geralmente de aço); uma base abaulada; um topo plano com uma placa de apoio, quatro pés; linhas de sucção, retorno e drenos; plugue do dreno; indicador de nível de óleo; tampa para respiradouro e enchimento; e, tampa para limpeza e placa defletora, conforme pode ser verificado na Fig. 1.

Figura 1 - Reservatório Hidráulico



Fonte: Gomes; Andrade; Ferraz (2008)

#### 2.2.2.5 Filtros

Todos os fluidos hidráulicos contêm certa quantidade de contaminantes. Dessa forma, a função de um filtro é remover as impurezas destes fluidos, e a sua necessidade em um sistema hidráulico é reconhecida, devido a maioria dos casos de mau funcionamento de componentes e sistemas ser causada por contaminação (Gomes; Andrade; Ferraz, 2008).

A contaminação causa problemas nos sistemas hidráulicos porque interfere no fluido, o qual tem quatro funções: transmitir energia; lubrificar peças internas que estão em movimento; transferir calor, e; vedar folgas entre peças em movimento (Gomes; Andrade; Ferraz, 2008).



#### 2.2.2.6 Manômetros

O manômetro é um aparelho que mede um diferencial de pressão. Dois tipos de manômetros são utilizados nos sistemas hidráulicos: o de Bourdon e o de núcleo móvel. O principal deles, o tubo de Bourdon (Fig. 2), consiste de uma escala calibrada em unidades de pressão e de um ponteiro ligado, através de um mecanismo, a um tubo oval, em forma de "C". Esse tubo é ligado à pressão a ser medida (Gomes; Andrade; Ferraz, 2008).

Conforme a pressão aumenta no sistema, o tubo de Bourdon tende a endireitar-se devido às diferenças nas áreas entre os diâmetros interno e externo do tubo. Esta ação de endireitamento provoca o movimento do ponteiro, proporcional ao movimento do tubo, que registra o valor da pressão no mostrador (Botto; Neves; Camargo, 2016).

### 2.3 PRODUTIVIDADE NA INDÚSTRIA

Dentro da indústria brasileira e mundial, sempre existiu uma preocupação em relação à produtividade das máquinas, pessoas e da empresa em geral.

Pode-se conceituar produtividade como “a capacidade da empresa gerar produto no seu processo produtivo” (Macedo, 2012). Dessa forma, a produtividade é basicamente definida como a relação entre a produção e os fatores de produção utilizados. A produção é definida como os bens produzidos e aceitos, ou seja, produtos que são rejeitados por falta de qualidade prejudicam a produção e por consequência a produtividade em certo período de tempo. Os fatores de produção são definidos como sejam pessoas, máquinas, materiais e outros. E, quanto maior for a relação entre a quantidade produzida por fatores utilizados maior é a produtividade (Botto; Neves; Camargo, 2016).

Dessa forma, as medidas de produtividade medem a quantidade produzida em função dos recursos utilizados.

Segundo Pereira, “para aumentar a produtividade é necessário melhorar a forma de fazer as tarefas”. E, muitas vezes as ferramentas utilizadas podem ser melhoradas para permitir fazer mais trabalho com o mesmo ou menor esforço (Pereira, 2018).



## 2.4 PROJETOS DE MÁQUINAS

O projeto mecânico é um processo complexo que exige várias habilidades. Relações abrangentes precisam ser subdivididas em uma série de tarefas mais simples. Primeiro trata-se da natureza do projeto em geral e, depois, do projeto de engenharia mecânica em particular. Projeto é um processo repetitivo com muitas fases interativas. O engenheiro de projeto precisa desenvolver competências em seu campo, mas também cultivar um forte senso de responsabilidade e ética no desempenho da profissão (Budynas; Nisbeth, 2016).

Os ativos eletrônicos são elementos fundamentais no desenvolvimento do projeto, compondo toda estrutura elétrica e eletrônica do protótipo e, através deles, consegue-se obter todas as condições de ajuste de medidas proporcionadas pelos softwares (Stanger, et. al 2020).

O estudo de projeto de máquinas trata da criação de uma máquina que funcione bem, atendendo todos os seus requisitos, com segurança e confiabilidade e na busca um equipamento funcional, confiável e seguro, o projeto mecânico visa soluções de deficiências, por meio de cálculos estruturais e dimensionamento de elementos, para a obtenção do design das peças (Bada et. al, 2020)

Dessa forma, o objetivo final do projeto é dimensionar e dar forma às peças (elementos de máquina) e escolher os materiais e os processos de manufatura apropriados, de modo que a máquina resultante possa desempenhar a função desejada sem falhar. Isso requer que o engenheiro seja capaz de definir e calcular movimentos, forças e mudanças de energia, determinando assim as dimensões e os materiais necessários. Além de que, é necessário calcular e prever o modo e as condições de falha de cada elemento e, então, projetá-lo para prevenir tal falha, integrando assim, a essência do projeto de máquinas (Norton, 2013).

## 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O desenvolvimento do estudo e implementação seguiu as etapas analisadas através do planejamento estratégico feito para a produção da prensa apresentadas na Fig. 3, sendo elas, o dimensionamento estrutural da prensa, o

breve desenho e simulação do solidworks®, aquisição dos materiais necessários para a construção da prensa, construção da estrutura, cálculos de itens hidráulicos necessários para a prensa, testes hidráulicos, acabamentos e ajustes na prensa, análise dos resultados benéficos que a implementação da prensa gerou para a empresa, sendo eles, financeiros mas também de equipe.

Figura 2 - Processo de Desenvolvimento



Fonte: Autor (2022)

### 3.1 DIMENSIONAMENTO, DESENHO E SIMULAÇÃO DO PROJETO

O trabalho começou a partir da idealização de uma prensa hidráulica de baixa capacidade de carga para empregá-la em uma empresa de recuperação de bags. Para iniciar com o desenvolvimento do projeto, foi realizado uma visita à empresa JR RAMOS, conforme pode ser visto na Fig. 4.

Figura 3 - Visita a empresa JR RAMOS



Fonte: Autor (2022)

Através de uma reunião com a equipe da empresa, foram coletados inicialmente as medidas necessárias e como o processo é realizado, para se assim poder coletar os parâmetros para construção da prensa, conforme pode ser verificado na Tab. 1:

Tabela 1 - Dados para dimensionamento

<b>Largura x Comprimento</b>	1100 x 600mm
<b>Altura da mesa</b>	900mm
<b>Altura total da prensa</b>	2100mm
<b>Área de estampo</b>	600mm <sup>2</sup>
<b>Espaço de Prensagem</b>	1100mm

Fonte: Autor (2022)

Além da coleta dos dados de dimensões, foi constatado a carga necessária. Até então, o processo de enfardamento era feito com o peso de duas pessoas de joelho fazendo pressão em cima do bag, pessoas em média com 90 kg, precisando de mais uma para fazer a amarração. Esse processo levava em média 6 a 7 minutos para formação do fardo, além de todo esforço pelo funcionário e também deixando o bag com formato não harmonioso, conforme pode ser observado na Fig. 5:

Figura 4 - Enfardamento manual



Fonte: Autor (2022)

Conforme dados coletados, foi projetado e simulado a carga na estrutura, e aplicada uma carga de 500 kg na mesa, para que se garantisse um bom desempenho da estrutura.

Com o uso de software *SolidWorks*®, foi simulado uma breve estrutura que comportaria os demais itens da prensa, como: estampo, mesa de prensagem e todos os componentes hidráulicos, cujo fator de segurança adotado foi de maior que 1,0 e material adotado para a simulação foi aço ASTM A-36 com um limite de escoamento de 250 N/mm<sup>2</sup>.

A simulação pode ser na Fig. 6, validando-se que o perfil para construção da estrutura havia sido feito de forma assertiva.

Figura 5 - Simulação da estrutura



Fonte: Autor (2022)

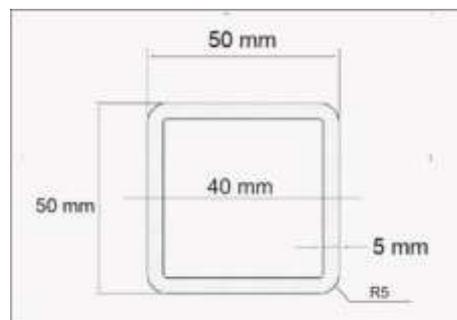
Com o resultado da simulação foi constatado que a estrutura da prensa suportaria a necessidade, pois além de ter sido simulado com uma carga muito maior do que ela irá receber, também foi utilizado um fator de escala de distorção de 70988, constatando-se que mesmo que haja algum deslocamento seria notável.

### 3.2 AQUISIÇÃO DOS MATERIAIS NECESSÁRIOS

Com o projeto desenvolvido e validado, foi realizada a aquisição dos materiais necessários para a construção da estrutura da prensa. Para isso, foi realizado um orçamento em distribuidores de aço, com o objetivo de encontrar o melhor orçamento, minimizando assim os custos com o projeto.

O perfil escolhido para construção e que foi validado na simulação do software foi um perfil quadrado 50mm x 50mm com uma espessura de parede de 5mm, conforme observado na Fig. 7:

Figura 6 - Perfil utilizado na construção da estrutura



Fonte: Autor (2022)

### 3.3 CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA DA PRENSA

A estrutura da prensa foi desenvolvida por uma empresa de caldeiraria parceira, e que realiza um trabalho profissional e de excelência na cidade de Criciúma/SC.

Foi adicionado uma chapa na mesa de espessura de 8mm para mesa da prensa. A estrutura desenvolvida pode ser observada na Fig. 8:

Figura 7 – Estrutura da prensa



Fonte: Autor (2022)

### 3.4 CÁLCULO E CONSTRUÇÃO DA UNIDADE HIDRÁULICA

Para prosseguir com a construção da prensa, fez-se necessário a produção da unidade hidráulica, a qual é composta por: motor elétrico, bomba hidráulica, reservatório de óleo, mangueiras, cilindro hidráulico, comando hidráulico e manômetro de pressão.

Considerando que era necessária uma força para prensagem de em média 200kg, foi desenvolvido um sistema hidráulico que utilizasse no máximo 150 a 210bar de pressão.

Dessa forma, foram desenvolvidos os cálculos (apresentados nos tópicos a seguir) para determinar o dimensionamento de cada componente hidráulico a ser utilizado, seguido da compra e montagem destes componentes.

#### 3.4.1 Dimensionamento do cilindro hidráulico

Considerando a força que o cliente precisava para o sistema de 200 kg, adotou-se um sistema para 500 kgf, para deixar com uma margem de segurança para que se no futuro, se quisesse aumentar a potência do sistema, a estrutura aguentasse essa alteração. Para determinação do cilindro hidráulico, adotou-se os cálculos abaixo, através das Eq. 1 a 6:



$$A_p = \frac{F}{P} = \frac{500}{214,07} = 2,33 \text{ cm}^2$$

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \times A_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2,33}{3,1416}} = 2,96 \text{ cm ou } 30 \text{ mm}$$

$$A_c = \frac{F_2}{P} = \frac{200}{214,07} = 0,93 \text{ cm}^2$$

$$A_h = 2,33 - 0,93 = 1,40 \text{ cm}^2$$

$$D_h = \sqrt{\frac{4 \times A_h}{\pi}} = 1,78 \text{ cm}$$

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \times A_c}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,93}{3,1416}} = 1,088 \text{ cm}$$

Através dos cálculos de pistão e camisa do cilindro optou-se por adotar um cilindro que ficaria mais acessível comercialmente, portanto, ficou estabelecido o uso do seguinte cilindro: diâmetro de haste ( $\theta_h$ ) = 25mm (2,5cm) / diâmetro da camisa ( $\theta_p$ ) = 55mm (5,5cm). Para evitar a flambagem da haste foi utilizado dois guias com buchas de bronze fixados na estrutura da máquina e no estampo, correndo junto com o cilindro duas hastes de 25 mm como guia, evitando assim a flambagem da haste do cilindro.

Depois de selecionar o cilindro, foi verificado se a pressão do sistema seria válida, considerando o superdimensionamento do cilindro. A verificação foi realizada através da Eq. 7:

$$N_{Ap} = \frac{\pi \times \theta_p^2}{4} = \frac{3,1416 \times 30,25}{4} = 23,37 \text{ cm}^2$$

$$N_{Ah} = \frac{\pi \times \theta_h^2}{4} = \frac{3,1416 \times 6,25}{4} = 4,90 \text{ cm}^2$$

$$N_p = \frac{F}{N_{Ap}} = \frac{500}{23,27} = 21,39 \text{ bar}$$

Através desse cálculo, foi possível validar que o sistema usará uma pressão baixa para sua operação.

### 3.4.2 Dimensionamento da bomba hidráulica

Para o dimensionamento da bomba hidráulica, considerou-se a sequência de cálculo, conforme apresentado a seguir, considerando:

$$\varnothing p = 5,5\text{cm}$$

$$\varnothing h = 2,5\text{cm}$$

$$s \text{ (curso)} = 90\text{cm}$$

$$\text{Prensagem} = 20\text{s (subida + descida)}$$

$$n = 3$$

$$A_p = \frac{\pi \times \varnothing p^2}{4} = \frac{3,1416 \times 30,25}{4} = 23,75 \text{ cm}^2$$

$$V_1 = A_p \times s = 23,75 \times 90 = 2137,5 \text{ cm}^3$$

$$A_h = \frac{\pi \times \varnothing h^2}{4} = \frac{3,1416 \times 6,25}{4} = 4,90 \text{ cm}^2$$

$$A_c = A_p - A_h = 23,75 - 4,90 = 18,85 \text{ cm}^2$$

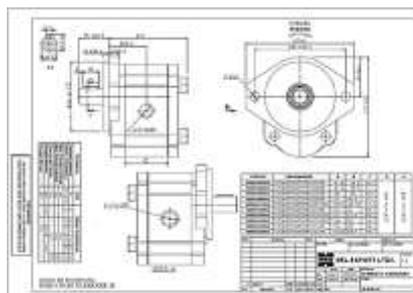
$$V_2 = A_c \times s = 18,85 \times 90 = 1696,5 \text{ cm}^3$$

$$V_t = V_1 + V_2 = 2137,5 + 1696,5 = 3834,0 \text{ cm}^3$$

$$Q = V_t \times n = 3834 \times 3 = 11502 \text{ cm}^3/\text{min} = 11,50 \text{ L/min}$$

Dessa forma, foi escolhida uma bomba de engrenagem de 11,2 L/min, do fornecedor Hybel, conforme desenho técnico apresentado na Fig. 9:

Figura 8 - Desenho técnico da bomba



Fonte: Hybel (2022)

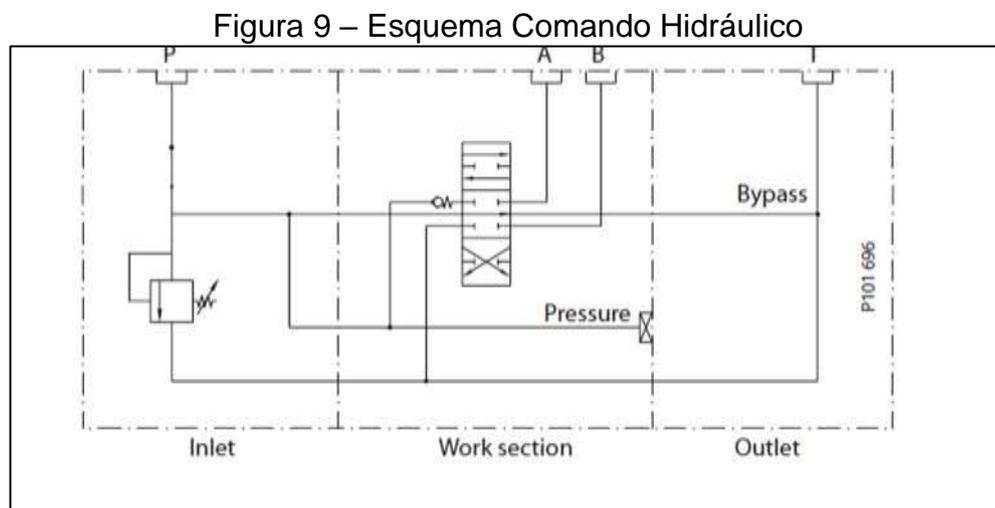
### 3.4.3 Dimensionamento do motor elétrico

Para a definição do motor elétrico a ser utilizado, foi questionado o fabricante da bomba (a partir do dimensionamento da mesma). Dessa forma, o motor indicado possuía uma potência de 2 cv e uma rotação de 1750 rpm.

### 3.4.4 Definição do comando hidráulico

Através da vazão e pressão do sistema foi escolhido um comando hidráulico com um regime de trabalho de 60 lpm, da marca DANFOSS, que pode ser observado na Fig. 11.

Como, P sempre está aberto para T, ao acionar a alavanca o comando direciona o fluido para a saída A, onde B retorna para o tanque, e assim a cada sequência de acionamento da alavanca. Com esse comando, é possível simplificar o sistema hidráulico, fazendo com que não necessite do uso de uma válvula neste sistema.



Fonte: Palmieri (1997)

### 3.4.5 Dimensionamento do reservatório hidráulico

Conforme Palmieri, o reservatório deve ter no mínimo 3 vezes o valor da vazão da bomba, para sistemas hidráulicos simples. Dessa forma, considerando uma vazão de 11,2 L/min, o reservatório para atender o sistema teria que ter no



mínimo 40 Litros. Logo, foi dimensionado um pouco maior para colocação também dos componentes da unidade, considerando as medidas e volume conforme abaixo:

$$V = C \times l \times h = 60 \times 30 \times 30 = 54000 \text{ cm}^3 = 54 \text{ L}$$

Para o reservatório, foram adquiridos alguns itens para compor o mesmo, como filtro de sucção, flange para motor e bomba e medidor de nível do óleo e respiro.

O reservatório foi todo pensado para que quando no futuro se fizer necessário uma manutenção, seja de fácil acesso aos componentes do sistema. Por isso sua parte superior é aberta e a tampa é fixada com parafusos que sustentam os componentes do sistema.

Figura 10 - Reservatório Hidráulico



Fonte: Autor (2022)

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com todos os materiais necessários em posse da empresa, foi feita a montagem do sistema hidráulico na estrutura da prensa e iniciaram-se os testes durante o período de uma semana a fim de validar a eficiência do sistema e, também, da estrutura da prensa. As imagens dos testes podem ser observadas na Fig. 17:

Figura 11 - Montagem e Teste do Sistema Hidráulico



Fonte: Autor (2022)

Através dos testes, foi possível validar todo o estudo e trabalho desenvolvido na construção da prensa.

Com a prensa finalizada, foi feita a instalação na empresa para poder fazer a medição dos resultados e avaliação do investimento, visando lucro e produtividade.

Antes da aplicação da prensa, com o processo manual, havia 02 frentes de enfardamento, contendo nelas 06 pessoas no total. Fazendo um levantamento de sua produtividade foi constatado os resultados apresentados na Tab. 2

Tabela 2 - Produtividade (processo manual)

	Frente 01	Frente 02
<b>Fardos prontos por hora</b>	8	10
<b>Tempo médio por fardo</b>	6-7 min	5-6 min
<b>Quantidade de pessoas</b>	3	3
<b>Salário médio</b>	R\$ 2000,00	R\$ 2000,00
<b>Custo mensal MO</b>	R\$ 6000,00	R\$ 6000,00

Fonte: Autor (2022)

Portanto para uma produção de 18 bags por hora, em média, e considerando uma produção sem paradas, tinha-se um custo mensal de R\$ 12.000,00 reais com funcionários.

Para seguir com a validação do estudo, colocou-se a prensa em uma das frentes de serviço (Fig. 18) e analisou-se os resultados.

Figura 12 - Prensa instalada na empresa



Fonte: Autor (2022)

Os dados de produção podem ser observados na Tab. 3:

Tabela 3 - Produtividade (após instalação da prensa)

	Frente 01	Ganho
Fardos prontos por hora	18	+ 125%
Tempo médio por fardo	3-4 min	- 46%
Quantidade de pessoas	2	- 33%
Salário médio	R\$ 1900,00	-
Custo mensal MO	R\$ 3800,00	- 37%

Fonte: Autor (2022)

De imediato os resultados são visíveis, de 03 colaboradores, passou-se a se ter 02 pessoas na frente, um responsável pela prensagem e outro ajudante, diminuindo assim custos mensais com funcionário, em aproximadamente 37%.

Analisando a Tab. 3 e comparando com a Tab. 2, pode-se verificar que o tempo médio para produção de um fardo caiu em média para 3-4 minutos, fazendo com que se produza 18 fardos por hora em apenas uma das frentes de serviço, um aumento na produtividade em aproximadamente 125%. Além disso, a rotatividade do setor na frente 01 diminuiu, pois não necessita de esforço físico para a prensagem e colocação do fitilho no bag.

A qualidade dos fardos e o espaço de armazenamento também tiveram melhorias, através de uma padronização nos fardos e redução do espaço necessário para estocagem. Além disso, para o transporte dos bags na entrega para o cliente,

também melhorou, pois, a carga carregada aumentou pelo fato do tamanho do bag após a prensagem e, também, a colocação de 03 lances de fitilho ao invés de apenas 02, conforme apresentado na Fig. 19:

Figura 19 – Fardos após a prensagem da prensa



Fonte: Autor (2022)

Em relação ao tamanho dos fardos, os resultados podem ser analisados na Tab. 4, onde verificou-se uma redução no volume em aproximadamente 50%, possibilitando aumentar sua capacidade de armazenamento dos fardos assim como o aumento da sua capacidade de transporte, fazendo uma entrega para o cliente muito mais rápida e com um número muito maior de fardos prontos.

Tabela 4 – Tamanho dos fardos

<b>Volume final prensagem manual</b>	0,33 m <sup>3</sup>
<b>Volume final – prensagem mecânica</b>	0,19 m <sup>3</sup>
<b>Redução</b>	50 %

Fonte: Autor (2022)

Considerando todos estes ganhos, com a implementação da prensa, as frentes passaram a produzir 28 bags, em média, por hora, diminuindo a folha salarial para o setor pois a partir de então precisou-se de menos mão de obra para uma produção maior de fardos.

Atualmente a empresa está rodando somente com uma linha de frente para produção dos fardos, visto que, com a prensa uma frente produz a mesma quantidade que as duas frentes produziam antes, impactando no custo mensal com folha dos funcionários, pois antes tinha um custo mensal com folha de R\$ 12.000,00, em média, e hoje tem-se apenas R\$ 3.800,00, acrescido de impostos.



Além disso, o preço médio de venda do fardo de bags recuperados, contendo 10 bags, é de R\$ 120,00. Logo, fazendo um comparativo entre custo mensal de antes e depois, sua lucratividade aumentou em mais de 100%, visto que antes para suprir seus custos com folha teriam que ser fabricados 100 fardos, hoje com a prensa 31 fardos cobrem seus custos.

Na Tab. 5 podem ser observados os resultados com retorno do investimento:

Tabela 5 – Retorno do investimento

<b>Custo de implementação</b>	<b>R\$ 22000,00</b>
<b>Custo médio inicial</b>	R\$ 12000,00
<b>Custo médio final</b>	R\$ 3800,00
<b>Redução mensal</b>	R\$ 8200,00
<b>Payback</b>	2,6 meses

Fonte: Autor (2022)

O custo para produção e implementação da prensa em sua produção foi de R\$ 22.000,00 reais, e considerando uma redução no custo mensal de aproximadamente R\$ 8200,00, o retorno do investimento se dará em 2,6 meses se tratando apenas do custo mensal com MO, sem contar com a produção que aumentou e, também, com o fato de um menor espaço para armazenamento e transporte, economizando assim na logística para entrega dos fardos. Outro ponto muito positivo foi a parada de rotatividade de funcionários no setor, pois, com o trabalho manual, as pessoas não paravam muito tempo no setor por conta do esforço físico exigido, hoje o pessoal se encontra muito contente no setor e com outra perspectiva para médio e longo prazo dentro da empresa.

## 5 CONCLUSÕES

Na atualidade, as empresas estão pensando cada vez mais em redução de custos e redução dos impactos ambientais. Logo, está cada vez mais frequente a procura por materiais reutilizados, como no caso das reformas de Big Bags, tornando-se importante a melhoria constante das empresas responsáveis pela recuperação destes produtos, principalmente para se manter competitiva no mercado.



E, a substituição da mão-de-obra humana, por equipamentos é uma das formas de redução de custos e aumento da produtividade, como pode ser observado no caso aplicado. Nesta situação, com a implementação da prensa em uma das frentes de trabalho, a empresa teve um aumento na sua capacidade produtiva de aproximadamente 55% (18 para 28 fardos por hora), considerando o trabalho com apenas uma frente de produção. Um processo que levava em média 6 a 7 minutos para produção de um fardo, no processo manual, com a prensa reduziu-se o tempo de enfardamento para 3-4 minutos.

Hoje a empresa acabou optando por reduzir uma frente de trabalho, já que a utilização da prensa supriu a produção das duas frentes. Entretanto, agora a empresa tem a possibilidade de expandir as vendas e reativar uma linha de trabalho manual, ou até mesmo colocar uma prensa na segunda linha, aumentando ainda mais a sua produtividade e atuação competitiva.

Com esta redução de uma frente de trabalho, a empresa obteve uma redução mensal de aproximadamente R\$ 8200,00 na folha salarial. E, considerando o investimento de R\$ 22000,00 para implementação do equipamento, obteve um retorno do investimento (*Payback*) de aproximadamente 2,6 meses, tornando a implementação muito atrativa e lucrativa para a empresa.

## REFERÊNCIAS

ABIMAQ. **Manual de Instruções da Norma Regulamentadora NR-12**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://abimaq.org.br/wp-content/uploads/2021/07/2021070066546001626974368.pdf>. Acesso em: 12 Abr. 2022.

BADA, E.A.; DALEFFE, A.; DE MARCH, G.; ROSA, M. **Projeto e Desenvolvimento Estrutural para Automação do Abrasômetro Roda de Borracha e Areia Seca**. Revista Vincci – Periódico Científico da Faculdade SATC, v. 5, n. 2, p. 223-242. 2020

BOTTO, C.V.O.; NEVES, F.E.; CAMARGO, R.F. **Projeto de uma prensa hidráulica: dimensionamento e seleção dos componentes**. USF: São Paulo, 2016. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2957.pdf>. Acesso em: 13 Abr. 2022.

BUDYNAS, R. G.; NISBETH, J. K. **Elementos de Máquinas de Shigley**. 10ª ed. McGraw Hill Brasil, 2016.



GOMES, M.R.; ANDRADE, M.; FERRAZ, F. **Hidráulica**. Unidade de ensino de Santo Amaro: Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia, 2008. Disponível em: <https://www.movicontrol.com.br/pdf/artigos-tecnicos1/APOSTILA%20HIDRAULICA%20B%C3%81SICA.pdf>. Acesso em: 18 Abr. 2022.

GROCHE, P. SCHNEIDER, R. **Method for the optimization of form presses for the manufacturing of micro parts**. Institute for Production Engineering and Forming Machines, Technische Universitat Darmstadt, Darmstadt, Alemanha, 2007.

LC PACKAGING. **As vantagens de um big bag**. Disponível em: <https://bigbags.com/pt-pt/porque-os-nossos-big-bags/vantagens-de-um-big-bag/>. Acesso em: 01 Abr. 2022.

MACEDO, M.M. **Gestão da produtividade nas empresas**. Revista Organização Sistêmica, vol. 1, nº 1, 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/65-Texto%20do%20artigo-191-1-10-20120629.pdf>. Acesso em: 11 Abr. 2022.

MACHADO, C. I. **Prensas**. 2011. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/cimachado/prensas> . Acesso em: 12 Abr. 2022.

MIOT, J.; DALEFFE, A.; FERNANDES, W.Z. **Estudo Comparativo de Eficiência e Confiabilidade entre Elevadores à Relé Associados à Máquinas com Engrenagem e Elevadores Microprocessados Associados à Máquinas sem Engrenagem**. Revista Vincci. Periódico Científico da Faculdade SATC, v.5, n. 2, p. 154-171. 2020

MORAES, G. **Normas Regulamentadoras Comentadas e Ilustradas**. 8. ed. Rio de Janeiro: GVC, 2011.

NORTON, R.L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PALMIERI, A.C. **Manual de Hidráulica Básica**. Porto Alegre: 1997.

PAVANI, S.A. **Comandos Pneumáticos e Hidráulicos**. Santa Maria: UFSM, 2011.

PEREIRA, L.B.V. **Abertura comercial e produtividade**. Rio de Janeiro: UERJ, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Lia-Pereira/publication/321491054\\_Abertura\\_comercial\\_e\\_produtividade/links/5a255cdf0f7e9b71dd0789de/Abertura-comercial-e-produtividade.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Lia-Pereira/publication/321491054_Abertura_comercial_e_produtividade/links/5a255cdf0f7e9b71dd0789de/Abertura-comercial-e-produtividade.pdf). Acesso em: 16 Mai. 2022.

POLACK, A.V. **Manual prático de estampagem**. Hemus, 2004.

SESI. **NR 12 - Comentários ao novo texto geral (Portaria nº 916, de 30/07/19)**. 2019. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/6a/43/6a436eae-fb22-42be-bc27-](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/6a/43/6a436eae-fb22-42be-bc27-)



[9f554fb3ab72/nr\\_12\\_comentarios\\_ao\\_novo\\_texto\\_geral\\_portaria\\_n\\_916\\_de\\_300719.pdf](#). Acesso em: 17 Mai. 2022.

STANGER, H.; DALEFFE, A.; TINELLI, E.P.; ROSA, M. **Fabricação mecânica, Montagem e Ajuste do Protótipo Didático de uma Máquina de Corte Plasma CNC**. Revista VINCCI. Periódico Científico da Faculdade SATC, v.5, n. 2 , p. 199-222 , 2020

TIBÚRCIO, M.A.S. **Adequação de prensa hidráulica vertical compactadora de papelão a N-12**. Centro Universitário do Sul de Minas. Varginha: 2020. Disponível em:  
<http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1511/1/Marco%20Aur%c3%a9lio%20Sarto%20Tib%c3%barcio.pdf>. Acesso em: 04 Abr. 2022.