



**KEVIN LUCAS DE FARIA**  
**MARCOS PAULO FERNANDES SOARES**

**ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO EM UMA  
EMPRESA PROCESSADORA DE CAROÇO DE ALGODÃO  
COM AUXÍLIO DO CICLO PDCA A FIM DE MELHORAR  
A QUALIDADE DO PRODUTO FINAL**

**LAVRAS–MG**  
**2022**

**KEVIN LUCAS DE FARIA  
MARCOS PAULO FERNANDES SOARES**

**ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA  
PROCESSADORA DE CAROÇO DE ALGODÃO COM AUXÍLIO DO CICLO  
PDCA A FIM DE MELHORAR A QUALIDADE DO PRODUTO FINAL**

Concepção Básica apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Engenharia  
Mecânica para obtenção do título de  
Bacharel.

Prof. Dr. Fábio Lúcio Santos  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus por nos conceder o dom da vida e por ter nos proporcionado a chegar até aqui.

À nossa família, principalmente aos nossos pais, por todo apoio, paciência e compreensão nessa trajetória.

Aos nossos queridos professores, em especial ao Professor Fábio Lúcio, pelo auxílio na execução deste trabalho.

A todos que contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta.

## RESUMO

O presente trabalho tem por desígnio realizar um estudo em uma empresa multinacional processadora de algodão, localizada no Brasil, com o objetivo de propor melhorias no processo para beneficiar a qualidade do produto final que atualmente está com baixo teor de celulose. Inicialmente foi realizado um estudo *on site* em uma das unidades da empresa para conhecimento do processo, em seguida foi definido qual parte do processo será trabalhado. Assim foi realizada uma revisão bibliográfica referente aos equipamentos, matéria prima e ferramentas da qualidade. Com o auxílio do ciclo PDCA, Diagrama de Ishikawa, Cinco Porquês e a partir das informações levantadas, foi possível organizar e encontrar as causas raízes, buscando assim, soluções para mitigar o baixo teor de celulose. Dessa forma, com o aumento do teor de celulose a empresa irá se tornar mais competitiva no mercado internacional.

**Palavras-chave:** PDCA, ferramenta da qualidade, caroço de algodão, línter.

## **ABSTRACT**

The purpose of this work is to carry out a study in a multinational cotton processing company, located in Brazil, with the objective of proposing improvements in the process to benefit the quality of the final product, which currently has a low cellulose content. Initially, an on-site study was carried out in one of the company's units to learn about the process, then it was defined which part of the process will be worked on. Thus, the bibliographic review was carried out regarding equipment, raw materials and quality tools. With the help of the PDCA cycle, Ishikawa Diagram, Five Whys and from the information gathered, it was possible to organize and find the root causes, thus seeking solutions to mitigate the low cellulose content. Thus, with the increase in the cellulose content, the company will become more competitive in the international market.

**Keywords:** PDCA, quality tool, cottonseed, lint.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: A) Rosca-sem-fim. B) Elevador de caneca.....	15
Figura 2: Seed Cleaner. ....	16
Figura 3: Máquina Deslintadeira. ....	17
Figura 4: 200 Saw Delinter.....	18
Figura 5: Disco de serra com diâmetro e perfil de dentes. ....	19
Figura 6: 7 Stage Lint Cleaner.....	20
Figura 7: Prensa hidráulica para enfardamento de algodão.....	21
Figura 8: Ciclo PDCA. ....	24
Figura 9: Exemplo do Diagrama de Ishikawa. ....	26
Figura 10: Iteração 5 Porquês.....	27
Figura 11: Carço de algodão com línter. ....	30
Figura 12: Etapas do processo de produção dos fardos de línter. ....	31
Figura 13: Diagrama de Ishikawa para o processo de produção dos fardos de línter. ....	35
Figura 14: Investigação Cinco Porquês.....	37
Figura 15: Chapa perfurada com furos oblongos. ....	40
Figura 16: Seed Cleaner. ....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Causas raízes e plano de ação.....	38
Tabela 2: Faixa de frequência de alimentação ideal para as peneiras. ....	43
Tabela 3: Grau de impureza na saída de cada peneira.....	43
Tabela 4: Problemas comuns no setor de batedores.....	45
Tabela 5: Impureza antes e depois da limpeza dos batedores de línter. ....	50

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CAPEX	<i>Capital Expenditure</i> (Despesas de capital ou investimentos em bens de capitais)
PCM	Planejamento e Controle das Manutenções
PDCA	<i>Plan, Do, Check e Act</i> (Planejar, Fazer, Checar, Agir)
POP	Procedimento Operacional Padrão
TQM	<i>Total Quality Management</i> (Gestão da qualidade total)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Específico .....</b>	<b>13</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Matéria Prima .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. Etapas do Processo.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.1. Peneiras de Pré-Limpeza .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.2. Deslintadeiras .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.3. Disco de Serra .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.4. Peneira de Segurança.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.5. Batedores de línter .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.6. Prensa de Fardos .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3. Procedimento Operacional Padrão (POP) .....</b>	<b>21</b>
<b>3.4. Gestão da Qualidade Total.....</b>	<b>22</b>
<b>3.5. Ciclo PDCA .....</b>	<b>23</b>
<b>3.5.1. PLAN (Planejar).....</b>	<b>24</b>
<b>3.5.2. DO (Fazer) .....</b>	<b>24</b>
<b>3.5.3. CHECK (Checar) .....</b>	<b>25</b>
<b>3.5.4. ACT (Agir).....</b>	<b>25</b>
<b>3.6. Diagrama De Ishikawa .....</b>	<b>25</b>
<b>3.7. 5 Porquês .....</b>	<b>27</b>
<b>3.8. Ferramenta 5S.....</b>	<b>27</b>
<b>3.9. Manutenção Industrial .....</b>	<b>28</b>
<b>3.10. Planejamento e Controle das Manutenções .....</b>	<b>29</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1. Área de estudo .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2. Etapa analisada .....</b>	<b>31</b>
<b>4.3. Definição do método .....</b>	<b>31</b>
<b>4.4. Coleta de dados .....</b>	<b>32</b>
<b>4.5. Análise Econômica.....</b>	<b>32</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1. Causa Raiz .....</b>	<b>34</b>
<b>5.2. Primeira Causa Raiz.....</b>	<b>38</b>

5.2.1. Plan .....	39
5.2.2. Do .....	41
5.2.3. Check .....	42
5.2.4. Act .....	44
5.3. Segunda Causa Raiz .....	44
5.3.1. Plan .....	44
5.3.2. Do .....	46
5.3.3. Check .....	46
5.3.4. Act .....	47
5.4. Terceira Causa Raiz .....	47
5.4.1. Plan .....	47
5.4.2. Do .....	49
5.4.3. Check .....	49
5.4.4. Act .....	50
5.5. Análise Econômica .....	50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	52
REFERÊNCIAS .....	53

## 1. INTRODUÇÃO

Para a atual competitividade no mercado mundial de produção, as empresas se deparam com novos desafios, que fazem com que não seja o bastante apenas produzir em larga escala, sendo extremamente importante e necessário aliar a alta qualidade aos produtos. Deste modo, existem várias ferramentas da qualidade que podem auxiliar nesta busca por altos padrões de qualidade.

A qualidade, segundo Mello (2011) é um indicador que precisa ser gerido em todo o conjunto de uma organização. Desta forma, todos os gestores de uma companhia e todos os empreendedores em geral necessitam ter conhecimento sobre a gestão da qualidade. Para Silva e Correia (2021), em todas as organizações, independentemente do segmento em que se enquadra, é possível compreender e visualizar a importância da gestão da qualidade e a necessidade de se criar políticas para certificar o seu controle.

Existem vários métodos para gerir a qualidade de um produto, sendo o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) um dos mais utilizados. O ciclo se trata de uma técnica que pode ser repetida continuamente em qualquer processo ou produto. Para Granero (2014), o ciclo tem como objetivo analisar os dados e problemas, e através deles, traçar um plano visando melhorias. Posteriormente, faz-se a implantação do que foi planejado para, em seguida, verificar os resultados obtidos. Caso o efeito da implantação seja positivo e validado, é realizada padronização para garantir sua continuidade.

O local de estudo deste trabalho se trata de uma das unidades de uma empresa multinacional localizada no Brasil. A matéria prima processada na fábrica em questão é o caroço de algodão, que passa por várias etapas de processamento, gerando três produtos principais semiacabados que são comercializados pela companhia. O produto foco a ser analisado é o línter, que possui como principal indicador global de qualidade para comercialização, o alto teor de celulose. Este indicador é diretamente afetado de acordo com as diversas variáveis do processo produtivo e com as características e propriedades da matéria prima processada.

O alto teor de celulose está diretamente relacionado à competitividade da empresa no mercado internacional. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar toda a etapa do processo de produção de uma das unidades da empresa processadora de algodão, com o auxílio de ferramentas da qualidade, a fim de se identificar melhorias pontuais em

equipamentos, regulagens ou procedimentos, que possam propiciar o alcance com maior assertividade do teor de celulose mínimo estabelecido pela companhia, de forma que a empresa se posicione com maior competitividade no mercado mundial e consiga atender à demanda exigida.

## **2. OBJETIVOS**

Realizar um estudo de uma etapa do processo de produção de uma empresa multinacional processadora de algodão a fim de investigar as causas do baixo teor de celulose no produto final através de ferramentas da qualidade para posteriormente sugerir melhorias no processo.

### **2.1. Específico**

- Analisar o processo de produção e buscar as causas raízes do baixo teor de celulose;
- Indicar pontos de melhoria no processo para atingir um melhor parâmetro de qualidade.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Matéria Prima**

O algodão chegou ao Brasil há muito tempo e está presente nas lavouras brasileiras desde o período colonial. Atualmente, segundo Costa e Bueno (2014), o país é um dos maiores produtores dessa oleaginosa, cujo principal produto é a pluma, composta das fibras mais longas que cobrem a semente, majoritariamente destinada à indústria têxtil. Além das fibras, o caroço do algodão também pode ser industrializado para diversas aplicações, o que torna o fruto do algodoeiro um produto que não tem nada desperdiçado (SIQUEIRA e SILVA, 2013).

O algodoeiro produz diversos subprodutos de grande importância econômica. O línter se destaca já que corresponde a cerca de 10% da semente do algodão; o óleo bruto corresponde em média a 15%; a torta ou farelo corresponde a quase 50%, a casca a cerca de 20% e o resíduo a cerca de 4,9% do total (EMBRAPA, 2010).

Devido a maiores exigências com relação à qualidade do línter, criou-se um mercado consumidor próprio para atender às expectativas do mercado, o que propiciou o desenvolvimento de um produto com melhor qualidade, características diferentes, mas aparências semelhantes. Uma dificuldade encontrada na indústria é justamente a identificação de amostras, para segregar o produto com diferentes níveis de qualidade, já que a inspeção é feita de forma visual, sendo este um método sujeito a falhas. A qualidade do línter é determinada de acordo com o seu grau de pureza, ou seja, quanto mais limpo e com menor contaminação de suas fibras por presença de matéria estranha como fragmentos de corpo vegetal (folhas, caules, casca e caroço), material plástico, açúcares (pegajosidade), minerais (areia, poeira), químicas (óleo, graxa) ou material metálico (ALGOTEC, 2010).

#### **3.2. Etapas do Processo**

A indústria onde a pesquisa foi desenvolvida tem como matéria prima bruta a semente ou caroço de algodão desplumado, como mostrado na Figura 1. Esse caroço é processado por diversos tipos de equipamentos, passando por diferentes etapas e setores, até chegar em alguns produtos semiacabados. O produto final que será abordado é a fibra curta que envolve o caroço, conhecida como línter e que é armazenada e vendida na forma de fardos prensados (SILVA, VICENTE, SOUTO e LEÃO, 2018).

Toda movimentação e transporte do caroço dentro da fábrica acontece por meio de correias transportadoras, roscas helicoidais, elevadores de rosca e elevadores de caneca, como mostrado na Figura 1.

Figura 1: A) Rosca-sem-fim. B) Elevador de caneca.



Fonte: Queiroga e Cavalcanti-Mata (2016).

O caroço vem do setor responsável pelo recebimento, onde é descarregado em uma moega, e é direcionado diretamente para a fábrica ou para um silo. Antes de ser mandado para o processo, são realizadas algumas análises do caroço, como por exemplo análise de densidade, para mensurar o seu peso com relação ao seu volume. Tal dado é extremamente importante para se obter uma boa moagem da matéria prima.

O caroço selecionado para ser processado vai por meio de uma correia transportadora até o setor principal do deslintamento, onde passa por diferentes tipos de equipamentos e maquinários, sendo divididos em algumas etapas, citadas a seguir:

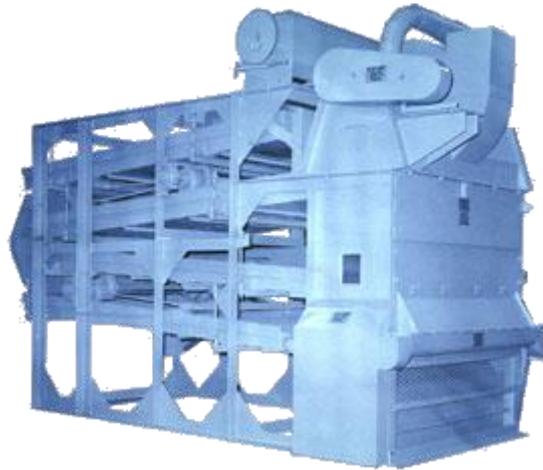
### **3.2.1. Peneiras de Pré-Limpeza**

No setor do deslintamento, o caroço é inicialmente armazenado em um silo pulmão, para depois percorrer um caminho seguido de roscas e elevadores, até chegar na primeira fase de processamento, que acontece nas peneiras de pré-limpeza. Segundo SILVA, VICENTE, SOUTO e LEÃO (2018), as peneiras de pré-limpeza têm a função de eliminar impurezas dos grãos recebidos pela empresa.

Tais equipamentos são fundamentais para a obtenção de um produto de qualidade. Elas são responsáveis por separar as impurezas do caroço em um primeiro estágio, e por separar a polpa livre do caroço em um segundo estágio. A impureza impacta diretamente na qualidade

dos fardos de línter, já que representa somente matéria pobre em celulose. A polpa livre também tem influência significativa, pois nos processos subsequentes, ela se quebra e acaba soltando óleo, que se prende às fibras do algodão e é responsável por diminuir o teor de celulose dos fardos. Sendo assim, as peneiras exercem papel fundamental no processo. A peneira de pré-limpeza pode ser compreendida pela Figura 2.

Figura 2: *Seed Cleaner*.



Fonte: Cantrell Worldwide Inc (2022).

### 3.2.2. Deslintadeiras

Após passar por uma série de peneiras de pré-limpeza, o caroço segue para uma próxima fase do processo, em que é processado pelas principais máquinas do setor, que são as deslintadeiras.

As deslintadeiras são uns dos principais equipamentos de uma planta de processamento de caroço de algodão. Essas máquinas removem o línter do caroço de algodão, através de um deslntamento mecânico que utiliza um sistema de escova rotativa. Uma máquina deslintadeira é representada pela Figura 3 (MAHALE e PANCHVE, 2016).

Figura 3: Máquina Deslintadeira.



Fonte: Mahale e Panchve (2016).

Nas deslintadeiras, o caroço é dosado por um alimentador que abastece a máquina de forma automática de acordo com o nível de produto. O caroço cai dentro da máquina, entrando em contato direto com um rolo de serras afiadas, que executam o deslinteramento do caroço, ou seja, separam o caroço propriamente dito, da lã / línter. As máquinas também possuem um rolo de escova, que direciona esse línter para a parte de cima da máquina, onde é succionado por ventiladores.

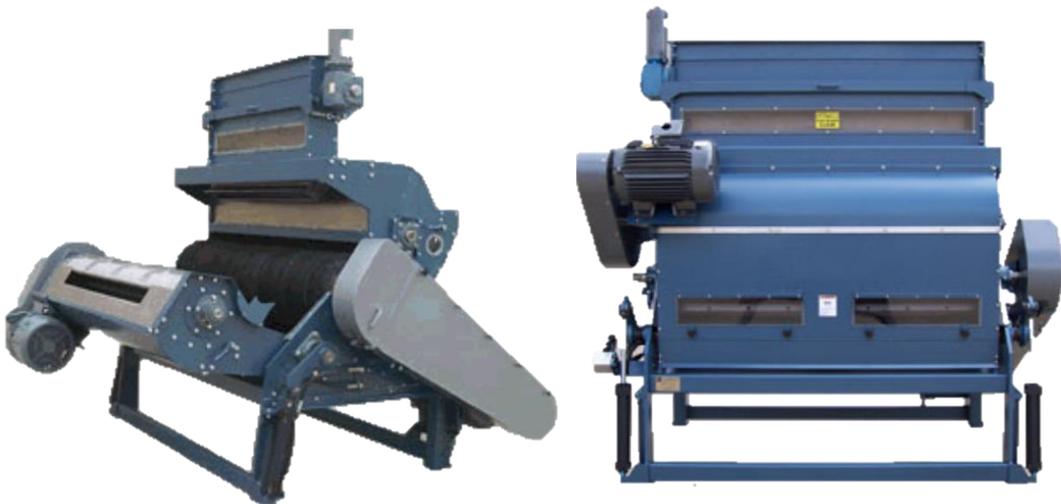
Todo línter que é succionado no processo, é direcionado até alguns ciclones, que tem a função de segregar o material de acordo com sua massa. Junto ao línter, podem ser succionados também polpa livre, cascas e caroços inteiros. O material mais pesado, e que não é importante para ser direcionado aos fardos, cai no fundo do ciclone, onde será transportado por roscas e será reprocessado, enquanto ao línter é ciclonado e succionado por outros ventiladores e seguem o processo.

A *Worldwide Inc* desenvolveu uma deslintadeira *Cantrell* de 200 serras (Figura 4) que combina alta capacidade de remoção de línter com pouca necessidade de manutenção do equipamento (CANTRELL WORLDWIDE INC, 2022). A deslintadeira possui características como:

- Ajuste manual do acionamento do motor do rolo de serra, sem necessidade de roletes pneumáticos;
- Cilindros amortecedores duplos de movimentação do costelado, que promovem equilíbrio na abertura e fechamento do peito da máquina fora do corredor de operação, prevenindo danos;

- Pivôs com rolamento de esfera, que elimina necessidade de manutenção em buchas;
- Motores posicionados em locais de fácil acesso, permitindo funcionamento ventilado a frio e evitando superaquecimento;
- Cilindro flutuante robusto, com alto desempenho e baixa manutenção;
- Polia do rolo de serra em alumínio robusto e de fácil remoção;
- Câmara de alimentação estendida, que proporciona densidade extra no flutuador para um deslincamento mais uniforme;
- Perfil baixo, melhorando a ergonomia da operação e manutenção;
- Proteção reforçada e que proporciona fácil acesso aos acionamentos;
- Acabamento em metal em pó avançado, que facilita a limpeza e prolonga a durabilidade (CANTRELL WORLDWIDE INC, 2022).

Figura 4: 200 *Saw Delinter*.



Fonte: Cantrell Worldwide Inc (2022).

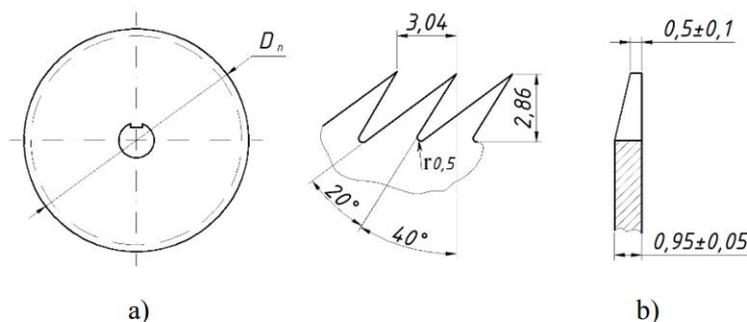
### 3.2.3. Disco de Serra

A preparação tecnológica das lâminas de serra para o trabalho envolve várias operações preparatórias: processamento em banho de areia, retificação das superfícies laterais dos dentes, endireitamento em caso de planicidade (mais de 0,5 mm) das superfícies dos discos. As superfícies de contato de trabalho dos dentes da lâmina de serra que entram em interação de força com o caroço de algodão dentro da câmara da máquina devem ter uma rugosidade superficial inferior a 1,25...0,63 microns (SHODMONKULOV, Z. A., SHIN, I., 2019) e (NAGORNOV, YU, YASNIKOV, I., TYURKOV, M., 2012).

Uma superfície mais grosseira no processo de separação das fibras das sementes pode aumentar drasticamente os danos mecânicos nas fibras na forma de cortes microscópicos ou mesmo no corte das fibras, o que piora suas propriedades naturais (diminui a resistência, diminui o comprimento da fibra e, conseqüentemente, o número de fibras curtas), o que afeta diretamente o processo de fiação (SHODMONKULOV, Z., ATAKHANOV, A., GULAMOV, A., SHIN, I., 2019).

A segunda etapa de separação das fibras, associada à remoção do material fibroso remanescente, é realizada através da raspagem e corte das fibras curtas com a ponta afiada dos dentes e suas bordas nas faces frontal e lateral, representando superfícies de transição. A qualidade dos dentes e a durabilidade das lâminas de serra afetam diretamente a eficiência das máquinas de descaroçamento, que se expressa na produção de produtos de alta qualidade - fibras de algodão, línter e sementes. Além disso, as lâminas de serra são as peças mais comuns dessas máquinas, podendo ser agrupadas em quantidades de 90, 160 ou até 200 unidades de lâminas em cada rolo de serra (SPIRIDONOV, A., 1981). A Figura 5 representa uma ilustração de um disco de serra com um perfil geométrico de dente.

Figura 5: Disco de serra com diâmetro e perfil de dentes.



Fonte: Shin, Shodmonqulov, Nazarov e Iskandarova (2021).

#### 3.2.4. Peneira de Segurança

Após passar por uma série de deslintadeiras, a próxima etapa do processo consiste em um novo sistema de peneiramento, composto por peneiras de segurança. Tais peneiras tem telas com diâmetros menores que as primeiras peneiras de pré-limpeza, e por isso, conseguem separar a lã e demais impurezas que passam junto ao caroço nas deslintadeiras. O material que passa por essas peneiras é o caroço deslintado, e a lã que é segregada no primeiro estágio é direcionada até um batedor, onde passa por um processo de recuperação (SILVA, VICENTE, SOUTO e LEÃO, 2018).

### 3.2.5. Batedores de línter

Após todas as etapas iniciais de processamento, todo o línter que foi retirado do caroço passa por alguns pares de batedores, chamados de batedores de línter. Segundo Neiva (2016) os batedores batem e espadam para que as impurezas se desprendam com maior facilidade da fibra, mas diferente dos algodoeiros que tem os batedores inclinados, o batedor de línter utilizado em um processo fabril está posicionado na horizontal. Ou seja, faz com que as impurezas sejam separadas e caiam em uma caixa de pó, assim, a lã passa por uma série desses batedores até chegar mais limpa ao final do último par, onde é destinada ao último equipamento do processo. O batedor de línter é representado pela Figura 6.

Figura 6: 7 Stage Lint Cleaner.



Fonte: Cantrell Worldwide Inc (2022).

### 3.2.6. Prensa de Fardos

O último equipamento do processo é a confecção dos fardos que segundo Neiva (2016) é realizada por meio de prensas, na maioria das vezes, do tipo pivotante, de dupla caixa, que permite o fluxo contínuo do algodão em pluma. No geral, os fardos pesam entre 195 e 210 kg (no caso da fábrica em estudo, entre 195 e 205 kg). Ainda segundo Neiva (2016) as prensas normalmente são dimensionadas para produzir até 30 fardos/turno, ou seja, até 90 fardos/dia (na fábrica em estudo, até 40 fardos/turno, equivalente a até 120 fardos/dia). Tais fardos são identificados e armazenados em lotes, analisados por amostragem para determinação do principal parâmetro de qualidade, o teor de celulose. A Prensa de Fardos é exposta na Figura 7.

Figura 7: Prensa hidráulica para enfardamento de algodão.



Fonte: Busa (2022).

### 3.3. Procedimento Operacional Padrão (POP)

O Procedimento Operacional Padrão (POP) é um documento elaborado com a finalidade de auxiliar na realização de uma determinada atividade, seja uma manutenção preventiva, uma limpeza periódica ou uma atividade rotineira, de forma a padronizar todas as etapas e assegurar a qualidade dos serviços executados. O procedimento pode ser realizado por diversos tipos de profissionais de um setor, como os operadores, auxiliares, mecânicos e eletricitas. Sendo assim, para que o serviço final realizado por cada um seja homogêneo, é necessário que todos sigam o protocolo e executem de forma mais padronizada possível (VILHENA et al., 2018).

Sendo assim, para elaborar o procedimento, o autor do documento precisa conhecer bem o princípio de funcionamento do equipamento mencionado para entender suas funcionalidades, maneiras de operar e de se realizar limpeza ou manutenção. O manual do fabricante é uma fonte complementar de conhecimento, e a busca por informações complementares também deve ser feita. Cada equipamento deve ser tratado de uma forma específica, sendo assim, é importante apontar os requisitos mínimos necessários, como por exemplo, os materiais definidos para cada componente, ferramentas corretas para cada serviço realizado, adequando à realidade do setor (DUARTE, 2005).

O procedimento operacional é então elaborado seguindo algumas orientações básicas do fabricante. O documento utiliza de linguagem simples, visando ser o mais direto e objetivo possível, e ao mesmo tempo ser completo e intuitivo, evitando deixar pontos duvidosos com relação ao que deve ser realizado. A utilização de imagens ilustrativas é extremamente benéfica

para complementar a informação redigida. Assim, tendo à disposição o equipamento, o POP e as ferramentas citadas no documento, a atividade proposta pode ser realizada com segurança, qualidade e padronização (FREITAS, 2020).

### **3.4. Gestão da Qualidade Total**

Rocha e Sousa (2021) definem gestão da qualidade como um padrão fundamental para administrar e gerenciar uma organização, com o foco na melhoria contínua do desempenho a longo prazo e focado no cliente.

A gestão da qualidade total foi proposta por Deming (1900-1993) em 14 pontos que descrevem um conjunto de elementos desenvolvidos para alcançar a satisfação do cliente. Marshal e Kiser (1994, apud SILVA, GHIZONI E PALADINI, 2018) explicam os 14 pontos, como:

- (1) Instituir como objetivo permanente o aprimoramento dos produtos e serviços, o que enfatiza a qualidade em detrimento ao lucro, tendo esta como a meta principal;
- (2) Adotar a nova filosofia, onde ressalva o compartilhamento dos objetivos com todos da organização;
- (3) Acabar com a dependência na inspeção em massa, para que assim a qualidade passe a ser alcançada desde o início do processo;
- (4) Acabar com a prática de fazer negócio baseado apenas no preço, passando a desenvolver também em detrimento da qualidade a longo prazo, além de focar em um único fornecedor para cada item, para assim, melhorar o relacionamento e lealdade;
- (5) Aprimorar constantemente e indefinidamente o sistema de produção de modo a buscar constantemente formas de melhorar a qualidade;
- (6) Instituir treinamento, ou seja, promover treinamento no local de trabalho, capacitando sua equipe, reduzindo assim a busca por terceiros para tais serviços;
- (7) Instituir liderança, de modo a auxiliar tudo e todos a executar um trabalho da melhor forma possível, com base na Gestão da Qualidade Total (TQM);
- (8) Eliminar o medo, fazendo com que todos os colaboradores se sintam seguros para que trabalhem de forma eficaz;
- (9) Romper as barreiras entre as áreas, garantindo assim que todas as áreas da empresa compreendam e trabalhem através de um único objetivo, portanto, ele deve estar claro para todos;

- (10) Eliminar slogans para a força de trabalho, ou seja, não utilizar frases prontas de motivação com os trabalhadores, apenas ensinem o caminho certo a seguir;
- (11) Eliminar cotas numéricas, pois elas instigam as pessoas a ignorar a qualidade, portanto faz-se necessária mitigar tais noções pré-estabelecidas pelos números;
- (12) Derrubar as barreiras ao orgulho pelo trabalho, de maneira a não forçar o desempenho, elimine o sistema de avaliação anual e concessão de méritos, apenas projetando um sistema que permita que os trabalhadores executem bem seu trabalho;
- (13) Instituir um programa de educação e aperfeiçoamento, de modo que a equipe exerça o trabalho em conjunto, sustentando a cultura do TQM;
- (14) Tomar atitudes para concretizar a transformação, pois, a qualidade depende tanto da gerência quanto dos trabalhadores tomando atitudes que resultem na cultura TQM.

### **3.5. Ciclo PDCA**

O PDCA (*Plan, Do, Check e Act*) é uma atividade de reparo iterativo para se encontrar uma solução para o problema em questão (FAUZY, FEBRIDIKO E PURBA, 2021). O ciclo PDCA foi criado na década de 20 por Walter A. Shewart, mas foi disseminado apenas na década de 50 por William E. Deming (1900-1993) no Japão, revigorando assim, as indústrias japonesas no mercado internacional com produtos de qualidade (LOPES E, 2017).

Segundo Kumar, Singh e Bhamu (2020), as empresas estão buscando cada vez mais reduzir seus custos, defeitos ou variações no processo a fim de se conseguir melhores resultados finais. Para isso, faz-se necessário o uso de algumas metodologias e tecnologias para agregar valor ao processo.

As ferramentas da qualidade são aplicadas nas indústrias de várias formas, mas o ciclo PDCA é uma das técnicas mais famosas e amplamente utilizadas nos processos industriais, podendo ser definido como um ciclo de melhoria contínua (MUHAMMAD, 2015).

Para Isniah, Purba e Débora (2020) o ciclo é uma ferramenta que começa com pequenas causas e estuda seus possíveis efeitos nos processos, para posteriormente buscar melhorias maiores e mais específicas.

O ciclo PDCA (Figura 8) é uma abreviação das palavras: Plan (Planejar), Do (Fazer), Check (Checar) e Act (Agir).

Figura 8: Ciclo PDCA.



Fonte: Junior (2019).

### 3.5.1. PLAN (Planejar)

A etapa planejar, segundo Mohammad (2015), consiste em observar o processo e estabelecer metas de qualidade, enquanto Isniah, Purba e Débora (2020) acrescentam que somente através disso é possível alcançar resultados específicos.

Para Arredondo-Soto, Fernandez, Ackerman e Quinteros (2021), o passo “Plan” compreende-se em dois grupos de atividades. A primeira faz-se a identificação do problema, estabelece limites, desenvolve métricas e fixa os objetivos. Já a segunda, garante a identificação do processo em que o problema se encaixa, e a partir disso, se torna possível construir um fluxograma básico do processo.

### 3.5.2. DO (Fazer)

Para Mohammad (2015) essa etapa consiste em colher os dados e identificar o problema a ser resolvido. Já Arredondo-Soto, Fernandez, Ackerman e Quinteros (2021), defende que tal etapa é dividida em dois passos, sendo o primeiro a procura por desperdícios e problemas óbvios, verificando no processo o que não tem valor agregado. O segundo passo é identificar as possíveis causas do problema com o auxílio de ferramentas de melhoria.

Ainda segundo Arredondo-Soto, Fernandez, Ackerman e Quinteros (2021), ferramentas da qualidade podem incluir: Princípio de Pareto, diagrama de Ishikawa, Cinco Porquês, entre outros.

### **3.5.3. CHECK (Checar)**

Para Lopes e Alves (2020), essa etapa é a avaliação do que foi desenvolvido na fase de execução, verifica se o realizado está condizente com o programado, comparando os resultados com a meta.

Essa fase pode ser dividida em dois passos, sendo estas, propor soluções e soluções de teste. A primeira consiste em propor soluções através de análise de dados colhidos na etapa “Do”. A segunda, trata-se de utilizar os dados para avaliar soluções e garantir que os objetivos estão sendo alcançados (ARREDONDO-SOTO, FERNANDEZ, ACKERMAN E QUINTEROS, 2021).

### **3.5.4. ACT (Agir)**

A última etapa é a padronização do processo, em que as soluções são documentadas em um fluxograma para implementação, gerenciamento e controle do processo (ARREDONDO-SOTO, FERNANDEZ, ACKERMAN e QUINTEROS, 2021).

Conforme Lopes e Alves (2020), nesse estágio é necessário realizar ações corretivas para mitigar as falhas durante o processo, tornando padrão tudo aquilo que deu certo na nova maneira de realizar as coisas.

## **3.6. Diagrama De Ishikawa**

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, foi popularizado pelo pioneiro nos processos de Gestão da Qualidade, Dr. Kaoru Ishikawa (1915-1989). Essa técnica é fundamentada em diagramas onde é possível refletir sobre todas as possíveis causas de um problema. As causas são coligadas em seis categorias para identificar as fontes de variação, todavia, essas categorias podem ser alteradas com base no tipo de problema que está se tratando. Exemplo de categorias (LILIANA, 2016):

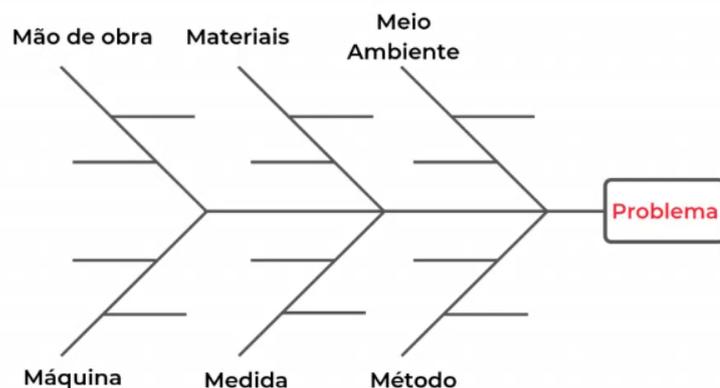
- Pessoas (Mão de obra);
- Material;
- Método;

- Máquinas-ferramentas;
- Medição;
- Meio ambiente.

Quando o problema for algo menor, segundo Muhammad (2015), pode-se utilizar o método 4M, onde se leva em consideração apenas quatro categorias das citadas acima, sendo elas: Pessoas, Materiais, Máquinas e Métodos.

O diagrama de Ishikawa (Figura 9) assume uma forma esquemática de uma espinha de peixe, onde cada categoria converge com uma linha central que forma uma seta, que no final corresponde ao efeito (definição do problema) (AKOUDAD, K.; JAWAB, F., 2018).

Figura 9: Exemplo do Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Escobar (2019).

Segundo Liliana (2016), há quatro etapas para se utilizar a ferramenta, sendo elas:

- (1) Identificação do problema;
- (2) Verificar os principais fatores envolvidos;
- (3) Identificar as possíveis causas;
- (4) Analisar o diagrama.

Para Rodgers e Oppenheim (2019) o diagrama de Ishikawa pode ser utilizado para organizar as causas identificadas, selecionando assim a mais provável. Após selecionar a causa

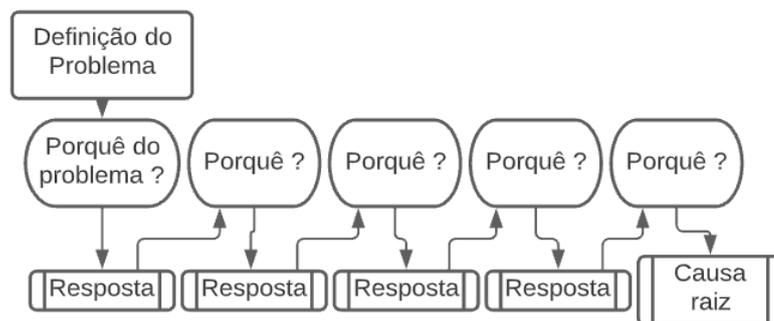
mais provável torna-se possível verificar sua relação entre causa e problema (causa e efeito) e propor medidas para resolvê-la.

### 3.7. 5 Porquês

O método 5 Porquês, foi desenvolvido pela Toyoya Motors Company no Japão, tendo como objetivo encontrar a origem de um problema através de questionamentos (CHIARINI, BACCARANI e MASCHERPA, 2017).

Primeiramente, inicia-se com a definição do problema, se perguntando o porquê de ter ocorrido. Quando respondido a primeira indagação, a pergunta é feita novamente repetindo-se o processo normalmente após a quinta resposta, onde encontra-se a causa raiz do problema (SLACK, N.; CHAMBERS, S. e JOHNSTON, R., 2002, apud VIEIRA, MILARÉ e SOARES, 2019).

Figura 10: Iteração 5 Porquês.



Fonte: Dos autores.

Para Arredondo-Soto, Fernandez, Ackerman e Quinteros (2021), o método 5 Porquês (Figura 10) é um método interrogativo iterativo para resolver um problema, onde sua solução não é tão intuitiva quanto parece. Consiste em chegar até a causa raiz perguntando “Porquê”, cinco vezes. Maarof e Mahmud (2016) confirmam, dizendo que a técnica tem como objetivo descobrir a causa raiz de um problema.

### 3.8. Ferramenta 5S

A ferramenta 5S é uma filosofia concebida por Kaoru Ishikawa no Japão para auxiliar na organização do setor de manufatura através de cinco sentidos (LOPES, 2019). Ribeiro (1999) explica os sentidos, como:

- SEIRI (Senso de Utilização): Identificar úteis e os inúteis a fim de reduzir o desperdício e melhorar a utilização do espaço.
- SEITON (Senso de Ordenação): Organizar os materiais úteis em locais de fácil acesso, assim, reduzindo o tempo e desgaste para encontrá-lo.
- SEISO (Senso de Limpeza): Limpeza do ambiente e materiais, melhorando assim a vida útil.
- SEIKETSU (Senso de Padronização): Preservar a limpeza e organização, melhoria contínua através da padronização.
- SHITSUKE (Senso de Disciplina): Execução das normas conforme determinado.

Segundo Kendangamuwa (2015), o 5S é dado como a porta de entrada para as empresas em busca de qualidade e melhoria de produtividade, trazendo vários benefícios.

### **3.9. Manutenção Industrial**

A manutenção industrial tem como objetivo evitar a deterioração precoce dos equipamentos, causado pelo uso e desgaste natural. Segundo a NBR 5462, a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado a qual possa desempenhar uma função requerida.

Para Calache e Pedroso (2019) a manutenção passou a ser uma estratégia para os resultados, onde as empresas estão buscando adquirir vantagens em relação a custo, serviço, qualidade e prazo de entregas. Visando tal objetivo, a manutenção passou a ser dividida em diferentes tipos que são caracterizados pelo método que a intervenção é feita, sendo as mais usuais: manutenção corretiva, preventiva e preditiva.

O início da manutenção industrial se dá através da manutenção corretiva, que representa uma forma simples de recuperação dos equipamentos, que tem como objetivo a execução de reparos necessários nos equipamentos. Geralmente, essa forma de manutenção é a de maior custo (WOHLFAHRT, 2017).

Para Souza (2017) a manutenção corretiva consiste em realizar uma intervenção no equipamento com a finalidade de corrigir alguma falha ou desempenho inferior, após um ativo estar danificado. Ela pode ser classificada como planejada e não-planejada. A planejada ocorre quando se espera a falha do equipamento para posteriormente seguir com a manutenção.

Normalmente, esse tipo de decisão ocorre quando o custo para se consertar o equipamento antes da falha é maior. A não planejada sobrevém de uma falha ou quebra não esperada do equipamento (OTANI e MACHADO, 2008).

A NBR 5462 informa que a manutenção preventiva é efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento do item.

Sendo assim, a manutenção preventiva de acordo com Otani e Machado (2008) é a ação de realizar procedimentos obedecendo um planejamento baseado em períodos, sendo capaz de reduzir as falhas de um equipamento. Ou seja, é a manutenção que tem o intuito de reduzir alguma falha potencial ou de degradação que surge durante o funcionamento incorreto ou intensivo de uma máquina. Para Reis e Costa (2013), ela busca a prevenção das falhas que podem ocorrer nos equipamentos e deve ser executada num instante predeterminado.

Baldissarelli e Fabro (2019) informam que a manutenção preditiva é baseada na tentativa de especificar o estado futuro de um equipamento por meio de dados coletados ao longo do tempo com o auxílio de instrumentos.

Segundo Marques e Brito através da manutenção preditiva é possível diagnosticar uma falha ainda em seu princípio e assim realizar um bom planejamento e efetuar a manutenção, aumentando assim a vida útil do equipamento.

### **3.10. Planejamento e Controle das Manutenções**

O Planejamento e Controle das Manutenções (PCM) é uma ferramenta para melhor cumprimento dos diferentes tipos de manutenção, proporcionando confiabilidade e manutenibilidade (HUNEMEYER, 2017).

O PCM defini estratégias de manutenção para assegurar a confiabilidade e disponibilidade do equipamento, sendo o suporte do gerenciamento de manutenção (FREITAS, SILVA, AGUIAR, CARDOSO, MARTINS E ARRUDA, 2020).

Segundo Barbosa e Andrade (2019) para consolidar o PCM se faz necessário conhecer todos os equipamentos e quais os processos os quais estão inseridos.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Baseado nos níveis e modalidades das pesquisas, este trabalho pode ser caracterizado como concepção básica que têm foco principal de investigar um problema (real ou fictício) da indústria, propor soluções para o mesmo e realizar uma análise econômica para a solução proposta (RESOLUÇÃO NORMATIVA CGEM Nº 07, de 08 de Abril de 2022).

### 4.1. Área de estudo

Esse estudo teve como referência uma empresa multinacional processadora de caroço de algodão localizada no Brasil. A empresa também está envolvida no setor de agricultura e processamento de alimentos.

O caroço de algodão (Figura 11) é processado através de diversos equipamentos até chegar em produtos semiacabados. Nesse trabalho o produto final que será analisado é a fibra curta, nomeado de línter.

Figura 11: Caroço de algodão com línter.



Fonte: Dos Autores.

Um indicador importante da empresa é o teor de celulose que se encontra nos fardos onde o línter é armazenado no final do processo. Para a análise do teor de celulose inicialmente retira-se uma amostra em cada um dos fardos de línter na parte superior interna da tela de aninhagem. Logo após, todas as amostras são misturadas de modo que fique homogêneas e em seguida leva-se para a análise laboratorial. Atualmente, os fardos obtêm um teor de celulose entre 72-74% onde a faixa ideal é entre 75-77%.

## 4.2. Etapa analisada

Como existem vários processos inseridos na indústria analisada, desde a forma de aquisição e escolha dos fornecedores até o produto final, decidiu-se definir qual parte do processo o estudo será realizado. A parte escolhida segue o ciclo mostrado na Figura 12.

Figura 12: Etapas do processo de produção dos fardos de linter.



Fonte: Dos autores.

## 4.3. Definição do método

A fim de se conseguir melhores resultados na qualidade do produto final, foi escolhido como base o ciclo iterativo PDCA, que além de ser um método muito utilizado existem várias ferramentas da qualidade que o auxilia.

Após definir o processo e os objetivos, buscou-se as causas raízes do problema. Nessa primeira etapa, primeiramente utilizou-se o Diagrama de Ishikawa para auxiliar na organização e visibilidade dos problemas a serem enfrentados. Para a construção do diagrama utilizou-se o software *Lucidchart*. Em seguida, com o apoio da ferramenta interrogativa Cinco Porquês, investigou-se a causa raiz do problema.

Com a finalidade de mitigar a causa raiz, foi proposto melhorias a serem realizadas no processo através de metodologias como, Procedimento Operacional Padrão (POP). Também se averiguou a necessidade de alteração de componentes dos maquinários e buscou os principais problemas que ocorrem nos batedores, elaborando assim um plano de ação. Para checar a necessidade de algumas melhorias, foram feitas visitas em campo e brainstorming com colaboradores da empresa.

#### 4.4. Coleta de dados

Para a pesquisa, foi realizado um estudo em campo (*on site*) no primeiro semestre de 2022 em uma das unidades da empresa. Primeiramente, analisou-se quais etapas do processamento do algodão poderiam ser aprimoradas.

O teor de celulose nos fardos de línter foi coletado com a equipe laboratorial da empresa. As informações referentes ao processo e maquinário foram reunidas com o supervisor de produção. As amostras de línter foram coletadas pelos operadores em cada um dos fardos que foram produzidos em um período de um dia.

O produto na saída de cada peneira de pré-limpeza foi coletado pelos operadores de produção e o grau de impureza foi analisado pelos analistas do laboratório. Foram coletadas amostras em cada um dos turnos de trabalho, totalizando três amostras, e realizada análise composta de todas ao final do dia, seguindo o passo a passo para análise:

1. É coletada uma amostra do produto na saída do *deck* de cada peneira e realiza-se a pesagem;
2. Faz-se um peneiramento do produto para separação da semente e da polpa livre;
3. Faz-se uma classificação manual para segregação das impurezas do restante do produto, que é línter e casca.
4. Tira-se a porcentagem de impureza do produto através da relação entre a massa inicial da amostra e massa final de impureza segregada.

#### 4.5. Análise Econômica

Para análise econômica, a princípio realizou-se a cotação de um equipamento novo com uma empresa especializada e com expertise na fabricação e fornecimento de equipamentos do segmento industrial. Em seguida, foram comparados os parâmetros de capacidade dos equipamentos existentes em operação na fábrica com o equipamento cotado. Para os valores referentes a operação e manutenção, utilizou-se como base o gasto anual do batedor existente.

Após isso, verificou-se com a equipe de representantes comerciais quais os valores médios contratuais de venda do fardo de línter com 72% e 75% de celulose, para que assim seja possível verificar qual seria o ganho anual decorrente da troca dos batedores e aumento de faturamento com a venda do línter 75% de celulose. Em posse dos dados pertencentes ao gasto e ganho anual, foi possível realizar o cálculo referente a quanto tempo a empresa terá o retorno financeiro do investimento.

A empresa tem como principal indicador de qualidade dos fardos de linter o teor de 75% de celulose, e esse indicador é definido para atender à demanda comercial exigida pelos clientes. A grande maioria dos contratos negociados estipula um teor mínimo de 75% de celulose. Sendo assim, a produção tem de atender a esse parâmetro, pois caso os fardos possuam teor abaixo do requerido, há grandes descontos referentes aos valores negociados nos contratos, o que acarreta diminuição de lucro.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

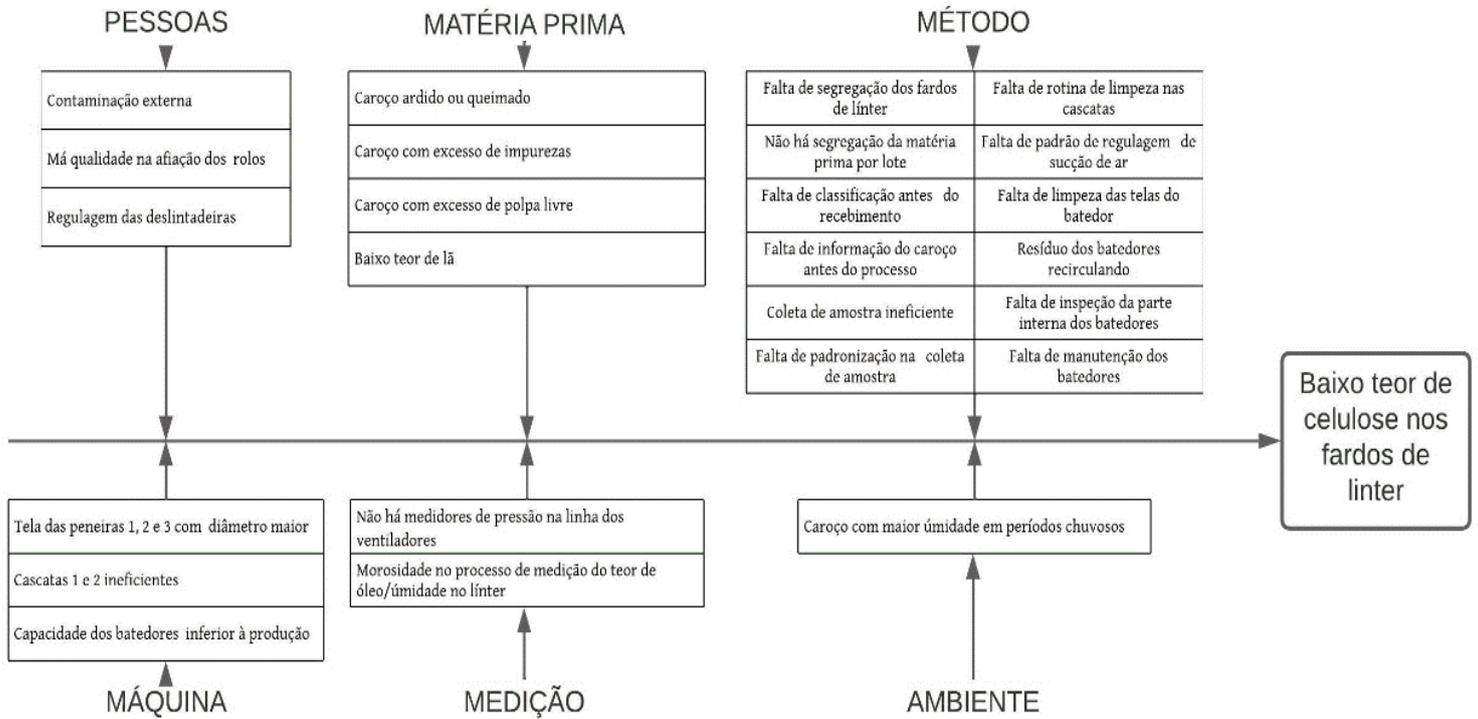
Após realizar visitas em campo em uma das unidades da fábrica e feita uma revisão bibliográfica sobre o assunto, foi possível colher todas as informações relevantes para dar sequência na pesquisa através das ferramentas da qualidade.

### **5.1. Causa Raiz**

O principal problema identificado é o baixo teor de celulose presente nos fardos de línter que são processados pela empresa alvo de estudo. Existem diversas variáveis que podem interferir neste baixo teor de celulose, podendo ser variáveis relacionadas à matéria prima, ao processo ou à operação. Como o teor de celulose é um dos indicadores globais, seu aumento permite que a empresa se torne mais competitiva no mercado internacional.

Conforme a Figura 13, primeiramente utilizou-se o Diagrama de Ishikawa a fim de melhorar a visibilidade e organização dos problemas a serem enfrentados. Com o auxílio do diagrama, a princípio verificou-se que a maioria dos problemas está na coluna “método”, causa relacionada com a forma que se desenvolve o trabalho e as atividades nos setores. É possível constatar também, que esses problemas estão relacionados com a falta de padronização no processo de pré-processamento do algodão e nas rotinas de manutenção dos equipamentos.

Figura 13: Diagrama de Ishikawa para o processo de produção dos fardos de linter.



Fonte: Dos autores.

Para identificação da causa raiz foi utilizado o método interrogativo dos 5 Porquês. Como dito anteriormente tem-se que o problema é a baixa celulose, e após aplicação do método, consta-se que a causa inicial é dada pela contaminação dos fardos de línter com impurezas. A partir deste primeiro problema de contaminação, é possível seguir duas vertentes para análise da causa raiz.

A primeira vertente é relacionada à matéria prima, onde a contaminação dos fardos de línter se dá devido ao processamento de caroço com excesso de impurezas. Ao analisar a matéria prima trabalhada, é possível identificar que o processamento de caroço com excesso de impurezas ocorre principalmente devido recebimento de cargas contaminadas. A separação das plumas das sementes do algodão e o armazenamento correto decorrente do processo de beneficiamento é de extrema importância para garantir uma menor contaminação por impureza e minimizar possíveis perdas de produção (SILVA et al., 2010).

A qualidade das fibras de algodão é determinada de acordo o seu grau de contaminação, devido presença de sisal, restos de cultura como folhas, bráctea e galhos, sementes de plantas daninhas, pedras, materiais metálicos, entre outros (ALGOTEC, 2010).

Com relação aos fatores que determinam a perda na qualidade extrínseca da fibra, encontram-se ainda as condições da pluma, presença de contaminantes externos tais como pelos de animais; fibras sintéticas como polietileno e polipropileno, provenientes de sacos utilizados na colheita ou para armazenagem; além de fungos e outros microrganismos que podem degradar a celulose e que, sob condições incorretas de armazenagem, podem gerar degradação e levar ao escurecimento da fibra, prejudicando muitas de suas propriedades (ARAÚJO, 2010).

Os contaminantes chegam até o processo junto ao caroço devido ineficiência no processo de classificação e segregação da matéria prima, já que tal classificação se faz de maneira visual durante o recebimento da carga nos caminhões e por análises laboratoriais simples.

Outro ponto que corrobora para tais efeitos na segregação se dá devido ausência de verificação de histórico de recebimento de acordo com o fornecedor e de análise prévia das características do caroço recebido. Porém, como o objeto de estudo é o processo, as características da matéria prima não serão detalhadas.

Seguindo a análise da segunda vertente da causa raiz do problema de contaminação, verifica-se que ela pode ser referente aos equipamentos utilizados no processo de limpeza do línter, ressaltando a falta de eficiência destes equipamentos.

Ao analisar os equipamentos responsáveis pela limpeza, é possível verificar que dois equipamentos desempenham função fundamental para o processo: as peneiras de pré-limpeza e os batedores de línter. Através do método dos 5 Porquês, são elencadas as principais causas relacionadas a esses equipamentos, como mostrado na Figura 14.

Figura 14: Investigação Cinco Porquês.

PROBLEMÁTICA	INVESTIGAÇÃO - 5 PORQUÊS					CAUZA RAIZ
BAIXO TEOR DE CELULOSE	Porque 01 CONTAMINAÇÃO DOS FARDOS COM IMPUREZAS	Porque 02 INEFIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS DE LIMPEZA	Porque 03 SOBRECARGA DAS PENEIRAS DE PRÉ-LIMPEZA	Porque 04 FALTA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFORME DA CARGA NAS PENEIRAS	Porque 05 FALTA DE PADRONIZAÇÃO DAS PENEIRAS E DOS PARÂMETROS DE PROCESSO DE PRÉ-LIMPEZA	FALTA DE PADRONIZAÇÃO DAS PENEIRAS E DOS PARÂMETROS DE PROCESSO DE PRÉ-LIMPEZA
		Porque 02 ACÚMULO DE SUJEIRA/IMPUREZAS NAS TELAS DOS BATEDORES DE LÍNTER	Porque 03 ACÚMULO DE SUJEIRA/IMPUREZAS NAS TELAS DOS BATEDORES DE LÍNTER	Porque 04 BATEDORES DANIFICADOS E EM MÁIS CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO	Porque 05 FALTA DE MANUTENÇÃO NOS BATEDORES DE LÍNTER	FALTA DE MANUTENÇÃO NOS BATEDORES DE LÍNTER
			Porque 03 ACÚMULO DE SUJEIRA/IMPUREZAS NAS TELAS DOS BATEDORES DE LÍNTER	Porque 04 FALTA DE LIMPEZA INTERNA DOS BATEDORES	Porque 05 FALTA DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP) DE LIMPEZA DOS BATEDORES DE LÍNTER	FALTA DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP) DE LIMPEZA DOS BATEDORES DE LÍNTER

Fonte: Dos autores.

Ao confrontar os dois métodos utilizados para análise do problema, sendo o Método do Diagrama de Ishikawa e o Método dos 5 Porquês, percebe-se que há convergência de algumas causas que possam interferir no indicador de qualidade do produto final produzido pela empresa. Sendo assim, as causas raízes encontradas são:

1. Falta de padronização do processo de pré-limpeza das peneiras;
2. Falta de manutenção nos batedores de línter;
3. Falta de Procedimento Operacional Padrão (POP) de limpeza dos batedores de línter.

Para as causas raízes encontradas, modelou-se um plano de ação conforme Tabela 1.

Tabela 1: Causas raízes e plano de ação.

<b>Causa</b>	<b>Plano de ação</b>
<b>1</b> Falta de padronização das peneiras e dos parâmetros de processo de pré-limpeza	Elaboração de proposta de padronização dos equipamentos e parâmetros de processo.
<b>2</b> Falta de manutenção nos batedores de línter.	Apontamento das demandas de manutenção
<b>3</b> Falta de procedimento operacional padrão (POP) de limpeza dos batedores de línter	Elaboração de um Procedimento Operacional Padrão (POP) de limpeza dos batedores de línter

Fonte: Dos autores.

Para se alcançar o objetivo utilizou-se o método iterativo do ciclo PDCA.

## **5.2. Primeira Causa Raiz**

A primeira causa está relacionada a falta de padronização e dos parâmetros de processo de pré-limpeza.

### 5.2.1. Plan

Para solucionar a primeira causa raiz, foram propostas algumas alterações relacionadas ao próprio equipamento, ou seja, alterações estruturais, e também algumas alterações dos parâmetros empregados no processo, sendo as velocidades dos inversores de frequência para controle da rotação dos alimentadores de cada peneira.

Através do estudo em campo, verificou-se que existem dois modelos diferentes de peneiras utilizadas para realização da pré-limpeza do caroço de algodão. Cada um dos modelos de peneiras tem uma geometria e diâmetro de tela diferentes entre si. Tal fato exige regulagens também distintas para os parâmetros de processo para cada uma das peneiras, já que as capacidades de processamento de cada uma delas são afetadas de acordo com a sua geometria. Sendo assim, a padronização das peneiras se faz extremamente importante para que haja uma uniformidade durante esta etapa do processo.

Devido às questões de segurança e integridade dos ativos da empresa, mudanças como essa só podem ser implementadas após uma série de avaliações e de aprovações por parte dos níveis superiores e de segurança.

O primeiro passo a ser realizado será levar a ideia até um comitê de MOC (Management of Change), onde todos os pontos deverão ser discutidos entre os integrantes do comitê. Assim será apresentado uma concepção básica da mudança proposta, que será a alteração das telas de um dos modelos de peneiras, cujo essas, serão iguais às do outro modelo.

A proposta inicial será aumentar a granulometria da tela da peneira de 1/8" para 3/16". A Figura 15 representa uma tela semelhante à utilizada nas peneiras, sendo uma chapa com vários furos oblongados, que irão fazer a pré-limpeza através da separação dos produtos.

Figura 15: Chapa perfurada com furos oblongos.



Fonte: Furaço (2022).

Para apresentação desta proposta, os benefícios da padronização deverão ser explorados, a fim de se buscar aprovação do comitê e futuramente dar início a um projeto, que seguirá uma sequência de etapas até a sua execução.

Além dessa proposta de alteração dos equipamentos, outro ponto fundamental é realizar a padronização dos parâmetros do processo de pré-limpeza. Novamente através de um estudo em campo e brainstorming com a equipe de operação da fábrica, foi realizada uma avaliação dos principais parâmetros que são definidos nesta etapa de pré-limpeza.

Verificou-se que cada peneira opera com uma alimentação diferente, o que influencia diretamente na capacidade de processamento de cada uma. O controle da alimentação se dá através de inversores de frequência que limitam a rotação do alimentador. Cada inversor está configurado com uma frequência diferente, e segundo os operadores do setor, a configuração é definida de forma visual da quantidade de caroço que passa pelos decks das peneiras. Isso mostra a falta de embasamento para tomada de decisões com relação à etapa de alimentação das peneiras, o que pode impactar diretamente na eficiência dos equipamentos.

Para definição da frequência ideal de alimentação, deve ser realizada uma análise experimental com várias faixas de rotação. Deve ser buscado um ponto ideal de operação que favoreça a pré-limpeza do caroço e que também consiga atender a uma capacidade de processamento em toneladas por hora capaz de suprir a demanda da fábrica.

Além da parametrização dos inversores de frequência, cada alimentador possui uma regulagem mecânica manual, que possibilita abrir ou fechar o vão de alimentação através de uma válvula manual. A válvula não possibilita a visualização do quanto o vão está aberto ou fechado, já que existe uma chapa para vedação. Sendo assim, não há como mensurar precisamente esta abertura.

Para minimizar as variáveis envolvidas no processo e mitigar alterações indevidas por falha humana, será proposto a regulagem das válvulas manuais, mantendo todos os vãos com a mesma abertura. Assim será possível fazer com que a regulagem da alimentação dos equipamentos seja realizada somente através da rotação do alimentador pelos inversores de frequência.

### **5.2.2. Do**

A padronização das peneiras e dos parâmetros de processo de pré-limpeza depende inicialmente da aprovação dos níveis superiores e de segurança da companhia para seguimento da proposta. Após realizar a apresentação para equipe de MOC e receber o de acordo da empresa, foi solicitado que a equipe de engenharia realizasse o dimensionamento das telas para que posteriormente fosse emitida a ordem de compra.

Referente as válvulas manuais, todas foram reguladas a fim de se manter o mesmo vão na bica de alimentação. Após isso, os parâmetros do inversor de frequência foram configurados individualmente para cada peneira. A frequência ideal de operação dos equipamentos é definida de forma a garantir o máximo desempenho das máquinas, proporcionando uma capacidade de processamento de semente que consiga satisfazer a demanda da fábrica, e que ao mesmo tempo entregue bons resultados de qualidade, que no caso é referente a limpeza realizada na etapa.

A análise de frequência de alimentação ideal é realizada de forma visual. A princípio, coloca-se uma baixa alimentação de semente no processo, que irá seguir para as peneiras. É importante visualizar se todas as peneiras irão suportar a carga, sem transbordar seus *decks* por excesso de produto. O excesso de produto, além de ocasionar a perda por transbordo, também diminui a eficiência de limpeza dos equipamentos.

Quando a alimentação padrão da fábrica for atingida, é preciso verificar qual peneira está trabalhando com menor volume de semente, comparado com as demais. Após serem identificadas, é realizado um teste experimental, aumentando gradativamente a frequência de

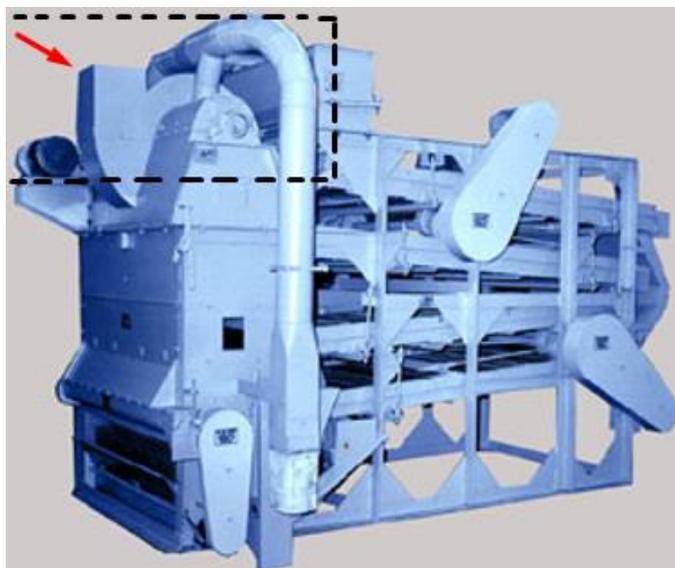
alimentação de cada uma até atingir a uniformidade de volume entre elas. A faixa de alimentação é validada após análise laboratorial, que mensura o grau de impureza na saída de cada peneira, devendo respeitar o valor máximo de impureza definido para o processo.

### 5.2.3. Check

Nesta fase do ciclo PDCA os colaboradores devem focar em coletar dados relativos à qualidade do que está sendo produzido, verificando se o que está sendo realizado está condizente com o planejado.

Na fase de monitoramento dos resultados obtidos com a padronização das peneiras e dos parâmetros de processo, foi observado que o grau de impureza segregado nas peneiras aumentou significativamente devido a maior quantidade de volume destinado ao galpão de biomassa que armazena as impurezas. A segregação se dá por meio de ventiladores industriais instalados na parte superior das peneiras, que fazem o arraste do material menos denso, como mostrado na Figura 16.

Figura 16: Seed Cleaner.



Fonte: Cantrell Worldwide Inc (2022).

Considerando a frequência de alimentação inicialmente definida e ajustada de forma visual de acordo com o volume processado em cada peneira, foram realizados testes para verificar qual a faixa máxima de alimentação de cada uma, mostrada na Tabela 2.

Tabela 2: Faixa de frequência de alimentação ideal para as peneiras.

<b>Peneira 1</b>	23%
<b>Peneira 2</b>	22%
<b>Peneira 3</b>	13%
<b>Peneira 4</b>	48%
<b>Peneira 5</b>	15%
<b>Peneira 6</b>	12%
<b>Peneira 7</b>	9%

Fonte: Dos autores.

Com as peneiras na faixa de alimentação máxima de acordo com o volume, foi possível verificar através de análises laboratoriais o grau de impureza retirada por cada uma delas (Tabela 3). As peneiras estão em paralelo, ou seja, são independentes (o caroço que entra em uma, não entra na outra).

Foram verificados resultados de impureza discrepantes para cada peneira, justificados devido às diferenças na granulometria das telas e nos parâmetros dos inversores de frequência. O valor máximo aceitável de impureza do produto na saída de cada uma é de 2%, sendo assim, mesmo com as diferenças dos resultados analisados, todas as peneiras apresentaram grau de impureza satisfatórios para a etapa do processo.

Tabela 3: Grau de impureza na saída de cada peneira.

<b>Peneira 1</b>	1,02%
<b>Peneira 2</b>	0,89%
<b>Peneira 3</b>	0,96%
<b>Peneira 4</b>	1,08%
<b>Peneira 5</b>	0,79%
<b>Peneira 6</b>	0,83%
<b>Peneira 7</b>	1,03%

Fonte: Dos autores.

Outro fator a ser observado é com relação à operação. Observou-se que houve um ganho de tempo por parte dos operadores devido à diminuição de movimentações desnecessárias para regulagem dos equipamentos. Também se observou ganho de tempo devido a diminuição da

periodicidade de limpeza do setor após garantir que nenhuma peneira trabalhe sobrecarregada e transborde produto para fora das telas.

#### **5.2.4. Act**

Através da análise dos dados de impureza de cada peneira e considerando que a realização da troca das telas está diretamente ligada a ativos da empresa, optou-se por realizar inicialmente o projeto apenas para a peneira com menor eficiência, que é a peneira 4, que apresentou 1,08% de grau de impureza na saída do *deck*. Essa peneira apresentou maior impureza quando comparada às outras devido ao fato de ser a primeira peneira com chapa de menor granulometria, contribuindo para menor segregação das impurezas.

Será realizado monitoramento após a substituição da tela para verificar o real ganho na eficiência da pré-limpeza, e caso seja comprovado, será proposta substituição das telas das demais peneiras.

Em relação a frequência de alimentação utilizada em cada equipamento, verificou-se um ganho de qualidade na pré-limpeza sem afetar a capacidade de produto processado. Dessa forma, padronizou-se o processo.

### **5.3. Segunda Causa Raiz**

A segunda causa é referente a manutenção dos equipamentos.

#### **5.3.1. Plan**

Para a segunda causa raiz encontrada, considerando que um projeto para troca dos equipamentos demanda tempo, foi realizado um brainstorming com a equipe de operação para listar os problemas mais comuns existentes no setor dos batedores e repassar as demandas para a equipe de manutenção elaborar as ações necessárias para resolução desses problemas. O auxílio da operação para definir a programação das atividades é de fundamental importância, e os principais problemas são descritos na Tabela 4.

Tabela 4: Problemas comuns no setor de batedores.

<b>Principais Problemas</b>	<b>Manutenções Necessárias</b>
Fixação das tampas superiores	Alterar fixação das tampas através de parafusos borboleta padronizados
Vedação das tampas superiores	Colocar vedação entre as tampas e o caixote do batedor
Bocal de saída de resíduos	Fabricar funil para direcionamento dos resíduos para sucção
Proteção dos equipamentos (NR 12)	Adequar todas as proteções à Norma, incluindo proteção dos motores, redutores, polias, eixos, engrenagens e correias.
Vazamento nas tubulações	Consertar todos os vazamentos nas tubulações de sucção de lã, retirando remendos e reparando as fixações
Visores da caixa dos batedores	Substituir visores em acrílico quebrados, e reparar suportes de fixação dos visores
Danificação das chapas	Substituir chapas podres, furadas ou danificadas nos batedores
Bocais de sucção	Reformar e reposicionar os bocais de sucção de lã superiores, inferiores, frontais e traseiros
Iluminação (NR 17)	Instalar mais lâmpadas e refletores na parte superior dos batedores.

Fonte: Dos autores.

Essas manutenções têm objetivos diferentes, sendo eles: adequação a normas vigentes, disponibilidade dos equipamentos e mitigação de vazamentos para evitar contaminação externa.

### **5.3.2. Do**

Para a segunda causa raiz do problema, foi necessário entrar em contato com outro setor da empresa, que é o setor de manutenção mecânica. A equipe de PCM (Planejamento e Controle da Manutenção) da companhia é a responsável por definir a melhor estratégia para realização das manutenções, seguindo uma ordem de prioridade e disponibilidade de mão de obra para execução das atividades.

Foi efetuado um alinhamento com o analista PCM da empresa para repasse das demandas de manutenção que foram apontadas. Todos os pontos foram discutidos com detalhes para que a programação das atividades ocorra de maneira correta.

Além da reunião com o analista, foi realizada uma orientação em campo com todo o time da operação, para enfatizar a importância de eles expressarem ideias e sugestões de melhorias para o setor. Essas sugestões são extremamente importantes para que haja desenvolvimento e aumento de confiabilidade no processo, já que pode proporcionar melhores condições de operação dos equipamentos.

Foi disponibilizado no setor um caderno padrão da companhia, denominado “Soluções de Problemas”. Esse caderno é composto por páginas com tabelas em branco para que os operadores do setor insiram justamente os problemas, dificuldades e anomalias encontradas em equipamentos, processos e procedimentos. Além de apontar os problemas, há um campo para preencher com sugestões de solução.

Os problemas inicialmente descritos por eles, citado na Tabela 4, foram previamente preenchidos no caderno para servir de exemplo de como preencher corretamente as tabelas. O caderno de Soluções de Problemas não era utilizado no setor e com auxílio e incentivo dos Supervisores e demais gestores da companhia, a cultura de busca constante por melhorias pode se tornar parte da cultura cotidiana operacional do setor.

### **5.3.3. Check**

Os benefícios advindos da manutenção dos batedores necessitam de uma interpretação um pouco diferente, quando comparado aos benefícios citados anteriormente, já que exercem

uma influência indireta. Os principais benefícios estão relacionados à confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, que afeta diretamente o indicador de OEE (Overall Equipment Effectiveness) da fábrica. Esse indicador gerencia a efetividade dos equipamentos, comparando sua capacidade de produção com o que foi de fato produzido. A correta manutenção desses equipamentos garante maior confiabilidade no processo e consequentemente uma melhora na qualidade do produto final.

Outro ponto para se levar em consideração é que como os batedores trabalham em pares, dessa forma, caso um equipamento fique indisponível o outro irá trabalhar sobrecarregado e consequentemente terá sua eficiência de limpeza reduzida.

Como a empresa analisada trabalha 24/7 dividido em turnos, notou-se que duas semanas após implantar o caderno de manutenções, informações referentes aos equipamentos começou a ser transmitida com maior eficiência de um turno para o outro. Ou seja, quando algumas falhas se repetiam de um turno para o outro, a correção ocorria de forma mais célere.

#### **5.3.4. Act**

Na empresa, por se tratar de equipamentos antigos e com tecnologia ultrapassada, as pequenas manutenções ocorrem de forma repetida. Assim, a implantação do caderno de sugestões facilitou para que as falhas que se repetiam entre os turnos diminuíssem o tempo de correção delas. Ou seja, o fato de as manutenções não ter diminuído, afirma a importância de reavaliar a troca dos batedores de línter para melhorar a confiabilidade do produto final.

### **5.4. Terceira Causa Raiz**

A última causa está associada a falta de procedimento operacional para a limpeza dos batedores de línter.

#### **5.4.1. Plan**

Para a terceira causa raiz foi realizado um procedimento operacional padrão (POP) de limpeza dos batedores de línter, a fim de se manter um alto nível de eficiência do equipamento e consequentemente um alto teor de celulose nos fardos de línter.

O procedimento segue a sequência:

1. Fechar a válvula de direcionamento de fluxo de um dos batedores, direcionando totalmente para o batedor ao lado;
2. Esperar o batedor esvaziar;
3. Parar/desligar no painel o batedor e sua respectiva rosca;
4. Bloquear chaves tripolares do batedor e sua respectiva rosca;
5. Aplicar etiqueta e cadeado LOTO vermelho à chave tripolar do batedor;
6. Fazer teste de energia zero, tentando ligar o equipamento através dos botões de acionamento no painel;
7. Abrir tampa do batedor utilizando as chaves 9/16" ou 1/2";
8. Retirar tela de proteção do batedor, caso necessário, acessar seu interior;
9. Assoprar as telas do interior do batedor com ar comprimido;
10. Verificar a existência e retirar corpos estranhos nas telas (arames, metais ou impurezas);
11. Fechar e parafusar a tampa do batedor utilizando as chaves 9/16" ou 1/2";
12. Remover etiqueta e cadeado LOTO da chave tripolar do batedor;
13. Desbloquear as chaves tripolares do batedor e sua respectiva rosca;
14. Ligar no painel o batedor e sua respectiva rosca;
15. Abrir válvula de alimentação do batedor;
16. Realizar o mesmo procedimento para limpeza do segundo batedor (item 1 ao 15);
17. Limpar o exterior dos batedores com ar comprimido;
18. Limpar a parte superior das passarelas, estruturas e de todos outros batedores;
19. Limpar o chão e local ao redor dos batedores;

20. Descartar corretamente todos os resíduos, inclusive os resíduos presentes nos baldes com pó vermelho e com línter sujo;

O tempo de realização do procedimento de limpeza é de aproximadamente 15 minutos para cada batedor.

#### **5.4.2. Do**

Após elaboração do Procedimento Operacional Padrão (POP) de limpeza dos batedores de línter, foi realizado um treinamento com os operadores do setor com o objetivo de explicitar todas as etapas citadas no procedimento. Foi realizada uma limpeza com caráter demonstrativo, seguindo cada um dos passos.

Todos os colaboradores do setor assinaram um documento oficial da empresa indicando estar ciente das suas obrigações e da necessidade de se cumprir todas as etapas do procedimento, para garantir a integridade dos equipamentos e a segurança pessoal de cada um.

#### **5.4.3. Check**

Com relação à fase de monitoramento da execução do POP, deve-se observar se todas as etapas do procedimento estão sendo seguidas corretamente, para amplificar os resultados esperados com relação à redução de impurezas nas etapas dos batedores de línter.

A melhor estratégia de monitoração dos dados relacionados a limpeza é realizando uma análise de impureza na lã processada antes e depois do procedimento de limpeza.

Um plano de amostragem deve ser definido, de forma que, o operador do setor colete várias amostras em diferentes pontos dos equipamentos, sendo estes pontos:

1. Na entrada do ciclone do primeiro par de batedores;
2. Na saída dos bocais de sucção do primeiro par de batedores;
3. Na saída dos bocais de sucção do par de batedores intermediários;
4. Na saída dos bocais de sucção do último par de batedores;

Além disso, a coleta das amostras deve ocorrer em dois tempos distintos: antes e após a realização da limpeza interna. Os dados obtidos devem ser comparados para verificar qual a

influência real que a execução do procedimento exerce na redução de impurezas das lãs nos batedores, e consequentemente a influência no resultado final de teor de celulose nos fardos de línter. Desta forma, o resultado obtido pode ser verificado na Tabela 5.

Tabela 5: Impureza antes e depois da limpeza dos batedores de línter.

<b>Etapa</b>	<b>Antes da limpeza [%]</b>	<b>Depois da limpeza [%]</b>
<b>1</b>	33,8	33,2
<b>2</b>	21,6	19,7
<b>3</b>	16,4	15,1
<b>4</b>	10,3	9,2

Fonte: Dos autores.

#### **5.4.4. Act**

Para os batedores de línter foi possível verificar que, mesmo com o procedimento de limpeza diário, não foi possível chegar ao nível de impureza ideal, que de acordo com o indicador de referência da empresa é em torno de 7% após a 4ª etapa do processo. Mesmo após o procedimento, foi obtido valor de 9,2% de impureza na etapa. Desta forma, faz-se necessário um investimento CAPEX (Capital Expenditure) para a troca dos batedores por equipamentos novos e mais eficientes.

### **5.5. Análise Econômica**

Conforme mencionado nas causas 2 e 3, somente realizar a manutenção dos equipamentos e a limpeza interna dos batedores de línter não trouxe um resultado satisfatório para a etapa do processo, dessa forma faz-se necessário realizar uma análise econômica para a troca dos equipamentos do setor.

Após realizar cotação com a empresa especializada, responsável pela fabricação e instalação dos equipamentos, cujo orçamento foi elaborado considerando todas as especificações passadas, chegou-se a um valor de 41.500 USD para um novo batedor de línter. Considerando a cotação do dólar na data do orçamento sendo R\$ 5,24 foi possível fazer a conversão e obter o valor do novo batedor sendo R\$ 217.460,00.

Como a empresa caso do estudo já trabalha com seus equipamentos das etapas anteriores do processo de produção na capacidade máxima, a troca dos batedores de línter não iria afetar na produção final, já que a quantidade de produto que chegaria até eles seria a mesma. O ganho

na troca seria com a eficiência na limpeza, já que os equipamentos são mais novos e possuem melhorias que proporcionam melhor desempenho, aumentando a retirada de impurezas e contaminantes do línter, e conseqüentemente obtendo um maior teor de celulose (cerca de 75%) e menor desvio padrão.

Outro ponto a ser analisado é que atualmente a empresa conta com 6 batedores de línter com capacidade de produção de aproximadamente 4t/dia cada equipamento. Já o novo equipamento cotado tem capacidade de aproximadamente 10t/dia, ou seja, serão necessários apenas 3 batedores para suprir a atual produção, o que diminui a quantidade de energia elétrica gasta, além de diminuir a quantidade de peças e componentes do sistema, ocasionando em menores custos com manutenção. Considerando o valor citado no orçamento individual para cada batedor, e verificando que serão necessários 3 batedores para o processo, o valor final do investimento seria de R\$ 652.380,00.

A empresa produz cerca de 20t/dia de línter. A negociação dos contratos de venda desse línter com os clientes externos é informação sigilosa da companhia e não pode ser exposta. Dessa forma, fez-se uma consulta interna com o representante comercial da empresa e verificou-se quais os valores dos contratos de venda do línter 72% e 75% de celulose. Considerando o aumento na margem de lucro caso a empresa consiga produzir fardos de línter com pelo menos 75% de celulose e levando em conta o valor do investimento necessário para compra dos novos batedores, foi calculado que a empresa teria o *payback* em cerca de 3 anos.

A empresa já possui um planejamento estratégico de investimentos CAPEX elaborado para os próximos 5 anos. Considerando a atratividade do investimento e curto prazo para *payback*, a troca dos batedores se torna viável e esta análise econômica será apresentada na próxima reunião estratégica, que ocorre com periodicidade semestral.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a aplicação do ciclo PDCA foi possível identificar vários problemas que estão ligados ao baixo teor de celulose do produto processado e elencar através da ferramenta Cinco Porquês as principais causas raízes desses problemas.

A primeira causa raiz foi gerada devido à falta de padronização das peneiras de pré-limpeza, sendo possível concluir que a melhor solução seria a padronização da geometria e diâmetro da tela dos modelos da peneira para que haja uniformidade durante o processo. Foi proposto a padronização da frequência de alimentação, com o intuito de se evitar que ela trabalhe sobrecarregada, e conseqüentemente, houve a diminuição da periodicidade de limpeza das peneiras.

Para a segunda causa raiz encontrada, conclui-se que a melhor maneira de mitigá-la, seria através do tratamento de atividades entre o departamento de manutenção com o de operação da empresa. Observou-se também que, por se tratar de equipamentos de tecnologia ultrapassada as manutenções não diminuiram, ou seja, afirma-se a necessidade de troca dos mesmos.

Para a última causa raiz, foi concluído uma elaboração de Procedimento Operacional Padrão (POP) de limpeza dos batedores, assegurando que eles fossem repassados aos operadores do setor. Mesmo com um ganho de eficiência com a limpeza dos batedores, não foi possível chegar ao nível de impureza máximo permitido para o processo, o que reafirma a necessidade de um investimento no setor.

A análise econômica realizada mostrou que o novo equipamento proposto conta com tecnologia atual com capacidade de produção dobrada, e melhorias de projeto que proporcionam maior eficiência. Devido curto prazo obtido do *payback*, o investimento se torna muito atraente.

## REFERÊNCIAS

AKOUDAD, Kawtar.; JAWAB, Fouad. **Road Transport Problems In Morocco: Discernment And Classification**. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operatons Management, 2018.

ALGOTEC. **Manual de Orientações Técnicas para Algodoeiras de Mato Grosso do Sul**. AMPASUL and UNIFIBRA, 2010. Disponível em: <<http://rhes.ruralhorizon.org/uploads/documents/algotec2010.compressed.pdf>>. Acesso em Março de 2022.

ARAÚJO, Alderi Emídio de. **Fungos associados à pluma e às sementes de algodão com linter**. / por Alderi Emídio de Araújo e Anna Mitchielle Fernandes de Figueiredo. - Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. 22p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, ISSN 0103-0841, 90).

ARREDONDO-SOTO, Karina C.; FERNANDEZ, Julio.; ACKERMAN, Marcos.; QUINTEROS, Maria.; VARGAS, Arturo.; ALCARAZ, Jorge. **A Plan-Do-Check-Act Based Process Improvement Intervention for Quality Improvement**. IEEE. Acesso em Junho de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: **Confiabilidade e Manutenibilidade**. (1994).

BALDISSARELLI, L.; FABRO, E.; **Predective Maintenance in Industry 4.0**. Scientia Cum Industria 2019.

BARBOSA, Felipe C. S.; ANDRADE, Paulo C. R. **Análise De Falhas Em Equipamentos E A Importância Do Planejamento De Manutenção: Uma Aplicação Em Uma Usina Sucroalcooleira**. For Science, 2019

BUSA. **Prensa hidráulica para enfardamento de algodão**. Disponível em: <<https://www.busa.com.br/produtos/algodao/prensa-smart-box/>> Acesso em Setembro de 2022.

CALACHE, L. D. D. R., PEDROSO, C. B., Lima Júnior, F. R., & Carpinetti, L. C. R. (2019). **Proposta de um modelo de avaliação e de seleção de fornecedores de manutenção industrial utilizando Fuzzy-TOPSIS**. Gestão & Produção, 26(2), e3565. <<https://doi.org/10.1590/0104-530X-3565-19>> Acesso em Abril de 2022.

CANTRELL WORLDWIDE INC. **200 Saw Delinter**. Disponível em: < <http://cantrellworldwide.com/delinter.html> >. Acesso em Março de 2022.

CANTRELL WORLDWIDE INC. **7 Stage Lint Cleaner**. Disponível em: < <http://cantrellworldwide.com/Portuguese/lintcleanportuguese.html> >. Acesso em Setembro de 2022.

CANTRELL WORLDWIDE INC. **Seed Cleaner**. Disponível em: < <http://cantrellworldwide.com/Portuguese/seedcleanerportuguese.html> >. Acesso em Setembro de 2022.

CHIARINI, A.; BACCARANI, C.; MASCHERPA, V.; **Lean Production, Toyota Production Systema And Kaizen Philosophy: A Conceptual Analysis From The Perspective Of Zen Buddhism**. Esmerald in sight, 2017.

COSTA, S. R; BUENO, M. G. **A saga do algodão: das primeiras lavouras à ação na OMC**. Rio de Janeiro: Insight Engenharia, 2014.

DANTAS, Paulo. **Análise de Custos na Geração de Energia com Bagaço de Cana-de-Açúcar: um Estudo de Caso em Quatro Usinas de São Paulo**. São Paulo, 2008.

DUARTE, R. L. **Procedimento operacional padrão: a importância de se padronizar tarefas nas bplc**. Curso de BPLC. Belém, 2005.

EMEC – UFLA: Curso de Graduação em Engenharia Mecânica. Legislação do Curso: **Resolução Normativa CGEM N° 07**, de 08 de Abril de 2022. Universidade Federal de Lavras. Disponível em: < <http://www.emec.ufla.br/legislacao-menu> >. Acesso em Setembro de 2022.

ESCOBAR, Pedro Henrique - eGestor: **Diagrama de Ishikawa: O que é, como montar e vantagens de usar**. 2019. Disponível em: < <https://blog.egestor.com.br/diagrama-de-ishikawa/> >. Acesso em Agosto de 2022.

FAUZY, R.; FEBRIDIKO, Eki.; PURBA, Humiras H.; **Implementasi Metode Pdca Di Berbagai Organisasi: Kaijian Literatur**. Journal of Industrial and Engineering System (JIES), 2021.

FREITAS, Carlos. A.; SILVA, Adriano R.; AGUIAR, Diogo S.; SILVA, Marcio M.; CARDOSO, Aline S.; MARTINS, Deocleciano R.; ARRUDA, Antonio C. S.; **The Evolution Of Safety Work Applied In The Industrial Maintenance 4.0**. FATEC, 2020.

FREITAS, Henrique Ferreira. **Desenvolvimento De Um Procedimento Operacional Padrão Para Manutenção Preventiva Anual Dos Aparelhos De Raio X Móvel Aquilla Plus 300 Vmi Do Hospital De Clínicas Da Universidade Federal De Uberlândia**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia., 2020.

FURAÇO. **Chapas perfuradas furos oblongos**. 2022. Disponível em: < <https://www.furaco.com.br/chapas-perfuradas/furos-oblongos/> >. Acesso em Setembro de 2022.

GRANERO, J. **Aplicação do ciclo PDCA em um produto alimentício**. 2014. Departamento e Coordenação de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

HUNEMEYER, F. J. **Proposta de implantação das funções de planejamento e controle da manutenção (PCM) em uma linha de produção**. 2017. 123 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2017.

ISNIAH, Sarah.; PURBA, Humiras H.; DEBORA, Fransisca. **Plan Do Check Action (Pdca) Method: Literature Review And Research Issues**. Jurnal Sistem dan Manajemen Industri, 2020.

JUNIOR, Carlos – ProjectBuilder – Repost por DNA do Marketing: DOX Gerenciamento de Projetos e Obras: **Ciclo PDCA, uma ferramenta imprescindível ao gerente de projetos**. 2019. Disponível em: < <https://www.doxplan.com/Noticias/Post/Ciclo-PDCA,-uma-ferramenta-imprescindivel-ao-gerente-de-projetos> >. Acesso em Agosto de 2022.

KENDANGAMUWA, Dr. Kwcuk.; SRIDHARAN, Dr. S.; HERATH, Dr. DRK.; RATNAYAKE, Dr. RRMK.; **Factors Contributing To The Sustainability Of 5s Programmes In Government Hospitals In Regional Director Of Health**. 2015.

KUMAR, P.; SINGH, D.; BHAMU, J.; **Development And Validation Of Dmaic Based Framework For Process Improvement: A Case Study Of Indian Manufacturing Organization**. Quality Paper 2020.

LILIANA, Lucas. **A New Model Of Ishikawa Diagram For Quality Assessment**. Materials Science and Engineering, 2016.

LOPES, Beatriz.; ALVES, Joseanna. **Pdca cycle applied in the fish industry**. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 2020.

LOPES, L.; **Implementação Do Pilar De Manutenção Autônoma Em Uma Fábrica De Equipamentos Odontológicos E Médicos**. UFU, 2019.

LUCIANO, Érick L.; GONÇALVES, Inovaldo J.; CASSIANO, Rodrigo A.; RIBEIRO, Dr Rosinei B.; CONRADO, Paulo H. S. **Otimização Da Manutenção Produtiva Total (Tpm) No Setor Administrativo De Uma Empresa De Manutenção Elétrica**. South American Development Society Journal, 2020.

MAAROF, Mohd.; MAHMUD, Fátima.; **A Review Of Contributing Factors And Challenges In Implementing Kaizen In Small And Medium Enterprises**, Procedia Economics and Finance, 2016.

MAHALE, Pramod R.; PANCHVE, Dinesh P. **Design Of Delinter Machine Grate for High Removal Lint- A Review**. International Journal of Modern Trends in Engineering and Research – IJMTER. Department of Mechanical Engineering, MET's BKC IOE, Nashik, 2016.

MARQUES, A. C.; BRITO, J. N. **Importance of predictive maintenance to reduce maintenance costs and increase equipment life**. Brazilian Journal of Development, 2019.

MELLO, C. H. P. (2011) **Gestão da qualidade**. São Paulo: Pearson Education do Brasil

MUHAMMAD, Sulaman. **Quality Improvement Of Fan Manufacturing Industry By Using Basic Seven Tools Of Quality: A Case Study**. Journal of Engineering Research and Applications, 2015.

NAGORNOV, YU, YASNIKOV, I., TYURKOV, M. **Methods for surface investigation by atomic force and electron microscopy**, 58 TSU Press, Togliatti, 2012.

NEIVA, C. S.; **Análise Mercadológica da Cadeia do Algodão**. Universidade Federal de Pelotas, 2016.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair V.; **A proposta de um desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial, V.04, n.2, 2008.

PERIARD, G.; **O Ciclo Pdca E A Melhoria Contínua**. Sobre administração, 2011 – adaptado.

QUEIROGA, V. P., CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. **Sistema integrado de produção, beneficiamento e deslintamento químico para sementes de algodão**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. Campina Grande, v.18, n.2, p.207-225, 2016.

REIS, A.; COSTA, A.; **Diagnosis of maintenance management in médium and large industries in the metropolitan area of Recife.** 2013.

RIBEIRO, H. 5S administrativo. **São Paulo: PDCA Consultoria em Qualidade,** 1999.

ROCHA, Daniel P.; SOUSA, Josiano C. **Gestão da Qualidade: A Importância do Método Kanban como Ferramenta Gerencial.** Id on Line, 2021.

RODGERS, Mark; OPPENHEIM, R.; **Ishikawa Diagrams And Bayesian Belief Networks For Continuous Improvement Applications.** TQM, 2018.

RODRIGUES, L. A. **Análise Da Implantação Da Metodologia Tpm Em Uma Empresa De Bens De Consumo Do Ramo Farmacêutico.** UNESP, 2012.

RUARO, Laura.; ETGES, Ana.; **Avaliação Econômica e de risco de um projeto de implementação de um sistema solar fotovoltaico.** Congresso Brasileiro Energia Solar, 2018.

SHIN, I., SHODMONQULOV, Z., NAZAROV, S., ISKANDAROVA, N. **Processing of teeh of saw blades of cotton processing machines with a stream of compressed air with abrasive particles.** E3S Web of conferences 304, ICECAE, 2021.

SHODMONKULOV, Z. A., SHIN, I. **Current problems of innovative technologies of cotton ginning, textile, light industry, printing production and their solutions in the context of science, education, production integration: Abstracts.** report Repub. scientific. - practical. conf., 138-141 - 2019.

SHODMONKULOV, Z., ATAKHANOV, A., GULAMOV, A., SHIN, I. **International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology** 6(8), 11 (2019).

SILVA, D. C. S., & CORREIA, A. M. M. (2021, out./dez.). **Análise das falhas no serviço de manutenção de uma petroquímica por meio das ferramentas da qualidade.** *Exacta*. 19(4), 817-842.

SILVA, M. F., VICENTE, B. G. G. L. Z., SOUTO, O. C. N., LEÃO, W. M. **Análise da viabilidade técnica da automação de um processo de deslintamento de caroço de algodão.** XVI CEEL: Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

SILVA, O. R. R. F. da; SOFIATTI, V.; SANTANA, J. C. F. de; WANDERLEY, M. J. R.; SANTOS, J. W. dos. **Impacto do beneficiamento sobre o número de neps e quantidade de impurezas da fibra do algodão.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14,

n. 1, p. 107 – 112, 2010. ISSN 1415-4366. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000100015>>. Acesso em Maio de 2022.

SILVA, Renata P.; GHIZONI, Lucia P. S.; PALADINI, Edson P. **Shared Economy: Quality Management Applied To A Company Of The Food Delivery**. FUMEC, 2018.

SIQUEIRA, N. M.; SILVA, M. da. **Análise das potencialidades da produção do óleo de algodão no Brasil**. Anais do Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio: Faculdade de Tecnologia de Ourinhos, 2013.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração Da Produção**. 2 Ed. São Paulo: Atlas, 2002. Tradução: Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fábio Alher; revisão técnica: Henrique Luiz Corrêa.

SOUZA, Layany S. **Manutenção - Função estratégica**. Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SPIRIDONOV, A. **Mechanical Engineering** 4, 14 (1981).

TORTORELLA, G.; FOGLIATTO, F.; MIGUEL, P.; KURNIA, S.; JURBURG, D.; **Integration Of Industry 4.0 Technologies Into Total Productive Maintenance Practices**. International Journal of Production Economics, 2021.

VIEIRA, Alyny.; MILARÉ, Evelyn.; SOARES, Maíra H.; SILVA, Maris B.; AMORIM, Natalia S.; **Estudo Analítico Sobre A Aplicação Das Ferramentas 5s E 5 Porquês: Uma Revisão Literária**. SINEP, 2019.

VILHENA, C. L. et al. **Desenvolvimento de Procedimento Operacional Padrão de Manutenção Preventiva de Esfigmomômetros Aneróides**. In: Anais do V Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia e X Simpósio de Engenharia Biomédica. Uberlândia: Center Convention, 2018. Disponível em: <<http://www.sbeb.org.br/site/anais-do-cbeb/>>. Acesso em Março de 2022.

WOHLFAHRT, A. **Manutenção Preventiva de tratores agrícolas: Uma revisão bibliográfica**. Universidade Federal do Pampa, 2017.

YAMAGUCHI, Carlos. **TPM – manutenção produtiva total**. Instituto de Consultoria e Aperfeiçoamento Profissional, 2005.