



**AMANDA DE SOUZA TEIXEIRA**

**MANUTENÇÃO AUTÔNOMA APLICADA À ÁREA DE  
EXTRAÇÃO DE CALDO EM INDÚSTRIA  
SUCROALCOOLEIRA**

**LAVRAS – MG  
2021**

**AMANDA DE SOUZA TEIXEIRA**

**MANUTENÇÃO AUTÔNOMA APLICADA À ÁREA DE EXTRAÇÃO DE CALDO  
EM INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Química, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof.<sup>a</sup> Dra. Joelma Rezende Durão Pereira  
Orientadora

Prof. Dr. João Moreira Neto  
Coorientador

**LAVRAS – MG  
2021**

**AMANDA DE SOUZA TEIXEIRA**

**MANUTENÇÃO AUTÔNOMA APLICADA À ÁREA DE EXTRAÇÃO DE CALDO  
EM INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA**

**AUTONOMOUS MAINTENANCE APPLIED TO THE JUICE EXTRACTION AREA  
IN THE SUGAR AND ALCOHOL INDUSTRY**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Química, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 12 de novembro de 2021  
Dra. Joelma Rezende Durão Pereira – UFLA  
Dr. João Moreira Neto – UFLA  
Dr. Gilson Campani Junior – UFLA  
Jorge Henrique Salles – Supervisor de Confiabilidade (Tereos)

Prof. (a) Dra. Joelma Rezende Durão Pereira  
Orientadora

Prof. Dr. João Moreira Neto  
Coorientador

**LAVRAS-MG  
2021**

*Ao colaborador da Extração em memória, Marco Lima, que tanto me ensinou e acolheu durante o desenvolvimento deste projeto.*

## AGRADECIMENTOS

À minha irmã, Fernanda, que sempre foi minha melhor amiga e meu maior exemplo de disciplina. Por ter amparado toda família durante o período em que este trabalho foi desenvolvido e ainda assim ter forças para seguir seu próprio caminho.

À minha mãe, Lucrecia, que foi uma professora das técnicas de engenharia. Mas, muito mais que isso, por ter me inspirado e criado para ser uma profissional humana, responsável e justa.

Ao meu pai, Rosendo, o qual sempre me ensinou a importância da educação, do comprometimento com os estudos, da importância das relações sociais e que esteve ao meu lado, impreterivelmente, mesmo que não fisicamente.

Ao meu antigo supervisor, Bruno, o qual é um exemplo de dedicação no trabalho e me ensinou tudo que teve oportunidade com muita técnica, paciência e acolhimento.

À Equipe da Extração, pela confiança nas soluções propostas e, principalmente, pelo apoio para o desenvolvimento delas.

À minha atual gestora, Cláudia, por ser inspiração e incentivo dentro da Engenharia Química. Digna de um cargo de liderança. Competente, inteligente, sensata e empática.

Ao meu amigo, Pedro, o qual tornou a experiência deste trabalho muito mais acolhedora e glamourosa.

Aos meus orientadores, Joelma e João, por serem a combinação perfeita para o desenvolvimento do trabalho relatado aqui e pela ótima orientação quanto a abordagem do tema.

À minha banca avaliadora, a qual me enche os olhos pela forma de abordagem e conhecimento técnico.

Que todos vocês saibam que podem contar comigo para quaisquer situações que venham a acontecer. Estou aqui para encarar todos os desafios e viver todas as realizações com vocês e por vocês.

*“Pensei que a liberdade vinha com a idade.  
Depois pensei que a liberdade vinha com o tempo;  
Depois pensei que a liberdade vinha com o dinheiro;  
Depois pensei que a liberdade vinha com o poder;  
Depois percebi que a liberdade não vem,  
não é coisa que lhe aconteça.  
Terei sempre de ir eu” (Sônia Balacó).*

## RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de açúcar, contudo apesar da força do setor sucroalcooleiro no Brasil, existe na atualidade disparidade de eficiência operacional, apresentado grande variabilidade na eficiência das usinas. Os setores de produção e manutenção são os principais responsáveis pela evolução no mercado, já que ambas, têm a incumbência de manter funcionando e sempre melhorando a infraestrutura produtiva da empresa. A Manutenção Produtiva Total (TPM) é uma estratégia focada na melhoria do processo em que é capaz de identificar potenciais perdas presentes no processo produtivo e administrativo, maximizando a utilização do ativo industrial e garantindo assim, a fabricação de produtos de qualidade superior com custos competitivos. Um dos seus pilares é a Manutenção Autônoma (MA), a qual altera a responsabilidade pela manutenção rotineira, como limpeza, lubrificação e inspeção dos equipamentos, que passa a ser dos operadores. No presente trabalho, foi abordado o desenvolvimento e implementação do estágio 01 da Manutenção Autônoma no setor de extração de caldo em uma indústria sucroalcooleira. Esse estágio consiste na elaboração dos Procedimentos de Limpeza, Inspeção e Lubrificação, assim como etiquetagem e registro das anomalias de acordo com serviços de manutenção e produção. A implementação da manutenção Autônoma no setor permitiu o aprimoramento dos operadores para reconhecimento de anomalias, como pode ser visto no aumento de ordens de serviço abertas, que saltou de 278 em 2020 para 918 em 2021. Assim, a Manutenção Preditiva, a qual antecipa e encontra a raiz de problemas em máquinas e equipamentos mesmo antes de se tornarem problemas potenciais tornou-se realidade no setor. Com o projeto, novos indicadores de eficiência também foram implementados na usina, garantindo agora um registro adequado de tempo de reparo (MTTR), tempo entre falha (MTBF) e Eficiência global do Equipamento (OEE).

**Palavras-chave:** Manutenção Produtiva Total, Produção Enxuta, Moagem

## ABSTRACT

Despite the strength of the sugar and alcohol sector in Brazil, there is currently a disparity in operational efficiency, with variability in the efficiency of the plants. The production and maintenance sectors are the main responsible for the evolution in the market, since both are responsible for keeping the company functioning and improving the productive infrastructure. Total Productive Maintenance (TPM) is a strategy focused on process improvement in which it can identify potential losses present in the productive and administrative process, maximizing the use of industrial assets and thus ensuring the manufacture of superior quality products at competitive costs. Autonomous Maintenance (AM) is one of the TPM's pillars, which changes the responsibility for routine maintenance, such as cleaning, lubrication and inspection of equipment to the operators. In the present work, the development and implementation of stage 01 of Autonomous Maintenance in the juice extraction sector in a sugar and alcohol industry was addressed. This stage consists of the preparation of Cleaning, Inspection and Lubrication Procedures, as well as labeling and recording of anomalies in accordance with maintenance and production services. The implementation of Autonomous maintenance in the sector allowed the improvement of operators to recognize anomalies, as can be seen in the increase in the number of notes, that is, open work orders, which jumped from 278 in 2020 to 918 in 2021. Thus, Maintenance Predictive, which anticipates and finds the root cause of machine and equipment problems even before they become potential problems, has become a reality in the industry. With the project, new efficiency indicators were also implemented at the plant, now ensuring an adequate record of mean time to repair (MTTR), mean time between failures (MTBF) and Overall Equipment Effectiveness (OEE).

**Keywords:** Total Productive Maintenance, Lean Manufacturing, Milling



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A História da Manutenção .....	21
Figura 2 – Os Pilares da Manutenção Produtiva Total.....	24
Figura 3 – As 7 Etapas da Manutenção Autônoma .....	25
Figura 4 – Habilidades dos Operadores x Etapas MA.....	28
Figura 5 – Esquematização das primeiras etapas de produção de açúcar e etanol.....	32
Figura 6 – Terno de Moendas.....	34
Figura 7 – Layout Extração .....	37
Figura 8 – Perda de Moagem (R\$) segundo Overview Safra 2020.....	38
Figura 9 – Funil de Transferência de atividades para a operação .....	39
Figura 10 – Bagaço acumulado .....	46
Figura 11 – Vazamento de óleo nos castelos.....	46
Figura 12 – Modelo das Etiquetas .....	47
Figura 13 – Caderno de Anomalias - Manutenção .....	47
Figura 14 – Caderno de Anomalias – Operação.....	47
Figura 15 – Fluxograma de Anomalias .....	48
Figura 16 – Carta de controle Consumo de Lubrificantes.....	50
Figura 17 – Abertura de notas no SAP ERP.....	52
Figura 18 Notas Abertas no mês.....	54
Figura 19 – Radar Chart dos Operadores da Extração .....	55
Figura 20 – Quadro de Gestão a vista - Frente.....	56
Figura 21 – Quadro de Gestão a vista - Verso.....	56

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Produção em toneladas de Cana por Safra .....	30
Tabela 2 – Ranking dos grupos de usinas do Brasil por capacidade de moagem .....	35
Tabela 3 – Sistemas e Subsistemas de controle na Manutenção Autônoma .....	51
Tabela 4 – MTBF, MTTR e status das notas por sistemas (unidade) .....	52

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Atividades para Implementação da Manutenção Autônoma (Continua).....	39
Quadro 2 – Resultado do Dia D .....	45

## **LISTA DE SIGLAS**

LPP	Lição Ponto a Ponto
MA	Manutenção Autônoma
MTBF	Mean Time Between Failures (Tempo médio entre falhas)
MTTR	Mean Time to Repair (Tempo Médio para reparo)
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Eficiência Global de Equipamento)
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
TPM	Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS GERAIS</b> .....	17
2.1 Objetivos Específicos .....	17
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
3.1 A Eficiência Global do Equipamento (OEE) .....	18
3.2 A História da Manutenção .....	20
3.3 Fundamentos da TPM.....	22
3.4 A Manutenção Autônoma.....	24
3.4.1 Implementação da Manutenção Autônoma .....	25
3.5 Metodologia 5S .....	29
3.6 A Indústria sucroalcooleira.....	30
3.7 A Extração .....	33
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	36
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	45
5.1 Etapa 1: Limpeza Inicial.....	45
5.2 Etapa 2: Medidas contra anomalias identificadas.....	46
5.3 Etapa 3: Procedimentos Padrões .....	48
5.4 Limpeza .....	48
5.5 Inspeção .....	48
5.6 Lubrificação.....	49
5.7 KPI.....	50
5.8 Treinamento.....	54
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	57
6.1 SUGESTÕES DE CONTINUAÇÃO .....	57
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	59
<b>ANEXO</b> .....	63

<b>APÊNDICES .....</b>	<b>64</b>
------------------------	-----------

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar sempre teve papel muito importante na economia do Brasil. Segundo a Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividades, o Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e o segundo maior produtor de etanol, e chegou a produzir, segundo dados do Nova Cana, 41.256.610 toneladas de cana na safra de 2020/2021. Apesar da força do setor sucroalcooleiro, existe na atualidade disparidade de eficiência operacional, apresentado grande variabilidade na eficiência das usinas (BEHAINE, 2016).

O crescente número de novas usinas, o aumento da produtividade, junto à indisponibilidade de áreas de expansão para cultivos de cana em algumas regiões do país tem gerado um cenário de acirrada concorrência entre as empresas do setor, exigindo destas que possuam diferenciais. Diante desse contexto, as empresas que desejam acompanhar o mercado se encontram num cenário onde o desenvolvimento de programas de melhoria contínua é imprescindível.

O planejamento da manutenção nas indústrias sucroalcooleiras é uma peça-chave no desenvolvimento das unidades produtivas. O gerenciamento das ações de manutenção dá ao processo maior confiabilidade e aumenta a disponibilidade dos equipamentos e desse modo as perdas são reduzidas consideravelmente (RUSHEL, et al., 2017).

Segundo Xenos (2014), embora as atividades de manutenção de equipamentos já sejam praticadas há anos nas empresas, ainda existe a falta de um entendimento claro de uma efetiva gestão estratégica da manutenção que não somente corrija falhas, mas que tenha medidas proativas para bloquear as causas fundamentais das falhas, evitando sua reincidência.

A Manutenção Produtiva Total (TPM) é, segundo Netto (2008), um sistema de manutenção que visa eliminar as perdas dos equipamentos e aumentar sua eficiência global. Um dos pilares centrais da TPM é Manutenção Autônoma, a qual desperta no operador a relação de cuidado que este deve ter com seu equipamento de trabalho, aperfeiçoando a habilidade do operador e o conhecimento do seu próprio equipamento. Tais práticas consolidam a ideia de que cada operador executa e controla seu próprio trabalho com autonomia, sem supervisão (YAMAGUCHI, 2005). Assim é possível garantir o aumento da confiabilidade e da disponibilidade dos equipamentos sem novos investimentos em maquinaria (WYREBSKI, 1997).

Segundo o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de Engenharia Química da Universidade Federal de Lavras, de 2019, o Engenheiro Químico pode atuar em diversos setores, como automação, processos, consultoria, projeto, treinamento, gestão, produção, manutenção,

qualidade, segurança, entre outros. Essa capacidade multidisciplinar é consequência do desenvolvimento de profissionais aptos a implantar e garantir serviços, processos e produtos industriais que atendam a eficiência técnica e científica, ambiental e econômica e que preservem a segurança operacional.

Além disso, é esperado que o Engenheiro Químico seja apto a avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas e desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas na indústria química. Dessa forma, melhoria contínua também se torna uma das atividades que podem e devem ser desenvolvidas pelo Engenheiro Químico, buscando sempre pela otimização dos processos.

No presente trabalho, será abordado o desenvolvimento e implementação do pilar de Manutenção Produtiva Total: Manutenção Autônoma em uma indústria sucroalcooleira. O setor piloto para a aplicação será a extração de caldo.



## **2 OBJETIVOS GERAIS**

O objetivo do presente trabalho é desenvolver e aplicar a metodologia de melhoria contínua por Manutenção Autônoma no processo de Extração de Caldo em Indústria Sucroalcooleira.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- A) Apresentar os conceitos, métodos e tarefas da Manutenção Produtiva Total, com ênfase na Manutenção Autônoma;
- B) Desenvolver procedimentos de Manutenção Autônoma aplicáveis ao setor de Extração;
- C) Implementar a Manutenção Autônoma em uma empresa do setor sucoenergético;
- D) Descrever e analisar qualitativamente a implementação da Manutenção Autônoma no setor de Extração;
- E) Aumentar a disponibilidade, segurança e conservação dos equipamentos

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

No atual ambiente competitivo, os mercados estão se tornando mais internacionais, dinâmicos e dirigidos ao consumidor. Consumidores estão demandando maior variedade e melhores serviços e qualidade de nível mundial. Desenvolvimentos tecnológicos estão ocorrendo com velocidade crescente, resultando em inovações de produtos e melhorias nos processos de manufatura. O ambiente competitivo resultante requer baixo custo e alta qualidade de produtos, além de um grau crescente de customização (SOUZA, 2004).

Segundo Fuentes (2006), as organizações revelam que os setores de produção e manutenção são os principais responsáveis pela evolução no mercado, já que ambas, têm a incumbência de manter funcionando e sempre melhorando a infraestrutura produtiva da empresa, e que, os dois setores em conjunto têm como objetivo, entregar os produtos ou serviços no tempo indicado, com a qualidade necessária para satisfação de seus clientes.

#### 3.1 A Eficiência Global do Equipamento (OEE)

Nakajima (1989) definiu que as perdas de produção devidas a problemas relacionados com equipamentos têm três origens:

- Perdas por paradas não planejadas, ou seja, perda por quebra ou falhas;
- Perdas por desempenho, ou seja, perdas resultantes pelo equipamento não funcionar à velocidade/cadência nominal;
- Perdas por qualidade, ou seja, produto que não cumpre as especificações.

A partir destas três origens de perdas, Nakajima (1989) definiu as seis principais grandes perdas dos equipamentos produtivos, chamadas de *6 Big Losses*:

- Falha/avaria/Quebra do equipamento;
- Mudança (*changeover*), ajustes/afinações (*set-up*) e outras paragens;
- Esperas, pequenas paragens devidas a outras etapas do processo (a montante ou a jusante) e trabalho em vazio;
- Redução de velocidade/cadência relativamente ao originalmente planeado;
- Defeitos de qualidade do produto e retrabalho;
- Perdas no arranque e mudança de produto (produto em não conformidade e desperdícios de materiais).

A forma mais completa de medir todas as perdas pontuadas por Hutchins (1998) é através da *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), ou no português Eficiência Global de Equipamento. Este indicador é uma função da disponibilidade, qualidade e performance.

A Eficiência Global dos Equipamentos (OEE) é um método de controle do desempenho das máquinas que surgiu no início da década de 70, criado pelo Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), junto ao conceito de Manutenção Produtiva Total (TPM), que foi amplamente difundido nas indústrias pelo Sistema Toyota de Produção, um dos mais famosos modelos de qualidade e desempenho para companhias do mundo todo (NETTO, 2018).

A OEE basicamente organiza os tempos de operação de uma máquina em dois grandes grupos e calcula sua eficácia com base nisso (ROMÃO):

- Tempo Ativo Efetivo (T.A.E) - Todo o tempo que a máquina produziu com qualidade, entregando peças boas para o processo produtivo. Podemos dizer que esse é o tempo de boa produção.
- Tempo Perdido (T.P) - Todo o tempo que a máquina não operou, operou com lentidão ou produziu peças que não tinham qualidade o suficiente para os critérios de aceitação do processo produtivo. Podemos dizer que durante esse tempo, a máquina não entregou resultado nenhum, e todo esse tempo pode ser considerado como perdido.

Com isso, podemos dizer de maneira simplificada que a eficácia geral do equipamento (OEE) é justamente a diferença entre o tempo total que se tinha disponível no calendário e o tempo ativo efetivo, onde a máquina esteve em boa produção. A Equação (1) abaixo expressa então a OEE:

$$OEE = (\text{Tempo Total Disponível} - \text{T.P}) / \text{Tempo Total Disponível} \quad (1)$$

As perdas descritas acima têm impacto direto na variável Tempo Perdido (T.P), sendo assim, impactam negativamente na Eficiência Global do Equipamento e o distanciam do conceito de Máquina Perfeita, já que o equipamento não esteve sempre apto a produzir quando necessário e nem sempre produziu produtos sem defeitos à primeira e à velocidade máxima definida.

A utilização do indicador OEE vai além da determinação de um número que retrate a eficiência de um equipamento. O OEE permite, através do seu desdobramento, identificar onde se encontram os potenciais de melhoria de eficiência na fábrica. Esses potenciais de melhoria estão associados às perdas existentes no equipamento que, se analisadas de maneira

adequada, indicarão a direção de atuação que as equipes de trabalho deverão seguir para obter continuamente o aumento da eficiência dos equipamentos (CHIARADIA,2004).

Além da OEE, outras definições clássicas (KARDEC E NASCIF, 2001) para mensurar disponibilidade de equipamento são:

- *Mean Time Between Failures* (MTBF) ou Tempo Médio Entre Falhas: soma dos tempos disponíveis para produção pelo número de paradas do equipamento;
- *Mean Time to Repair* (MTTR) ou Tempo Médio Para Reparo: soma dos tempos em que o equipamento está em manutenção pelo número total de paradas;

### 3.2 A História da Manutenção

Em uma empresa, a única área responsável em manter a disponibilidade dos ativos é a manutenção. Esta era uma afirmação que desde a década de trinta, vem mudando. Kardec e Nasciff (2012) afirmam que antes da Segunda Guerra Mundial, os equipamentos eram simples e em alguns casos, superdimensionados. Naquela época, a questão produtiva não era prioritária. Conseqüentemente, não era necessária uma manutenção sistematizada (ANDRADE, 2019).

Segundo Guimarães (2005), podemos entender manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. De um modo geral, a manutenção deve permitir que todos os equipamentos estejam disponíveis para a produção, bem reduzir ao mínimo o tempo de imobilização, quer devido a falhas no planejamento da produção quer devido a avaria ou paragem forçada (CARREIRA, 2010).

Segundo o CEN (2001) na Norma Europeia 13306 “manutenção é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que possa cumprir a função requerida”, entendendo-se por “bem qualquer elemento, componente, aparelho, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente”.

A manutenção industrial teve seu início com o surgimento da indústria mecanizada, no final do século XIX. Até essa época tinha-se o conceito de Manutenção Corretiva, baseada no conceito que quebra-conserta, uma vez que as empresas não contavam com a função ou departamento de manutenção.

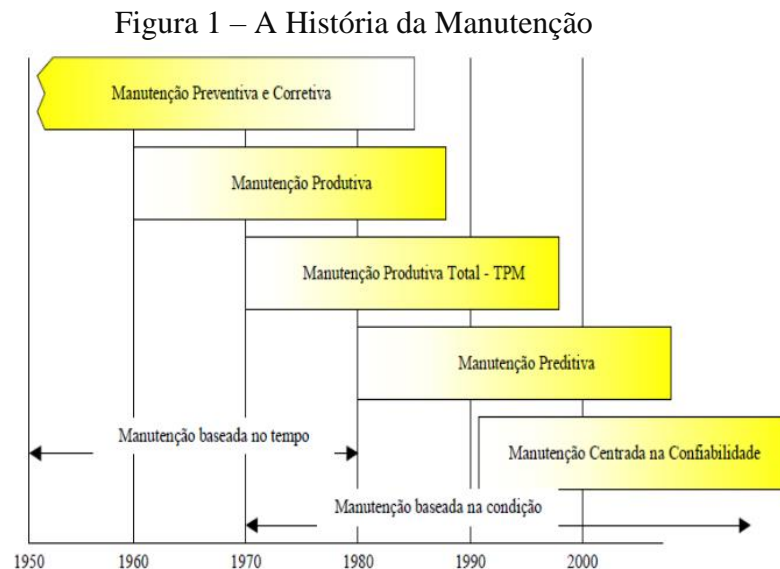
Após a primeira Guerra Mundial, em 1914, com a necessidade de mudanças neste setor, apareceram as primeiras ações desenvolvidas por profissionais com o conhecimento e

dedicação exclusiva para ocorrências de falhas (SOUZA, 2009). Após este acontecimento viu-se a real necessidade do desenvolvimento do setor de manutenção, pois começaram a evidenciar-se a necessidade de maior disponibilidade, bem como maior confiabilidade dos equipamentos, a fim de se garantir maior produtividade, (KARDEC; NASCIF, 2004), surgindo, a partir deste marco, os primeiros “Setores de Manutenção” e a Manutenção Preventiva.

Na década de 70, surgia no Japão a Manutenção Produtiva Total com o objetivo principal de maximizar a rentabilidade dos negócios através da eliminação das falhas provenientes de quebras de equipamentos, minimizando o tempo gasto para preparação dos equipamentos, mantendo a velocidade do equipamento, evitando pequenas paradas e melhorando a qualidade dos produtos (WILLMOT, 1994).

Com o surgimento do TPM, a manutenção passou a planejar e programar para antecipar qualquer e eventual falha na máquina ou equipamento e nas últimas duas décadas, quando surge o conceito da era da manutenção baseada nas condições, isto é, a partir da Manutenção Preditiva acompanha-se o estado das máquinas, o que permite prever com antecedência a provável ocorrência de falha (ZAIONS, 2003).

A Figura 1 descreve em uma linha do tempo como foi a evolução da Manutenção Industrial.



Fonte: Zaions (2003).

Assim percebe-se uma crescente importância da manutenção, tornando-se um dos vetores fundamentais da economia das empresas.

### 3.3 Fundamentos da TPM

A manutenção preventiva teve sua origem nos Estados Unidos e foi introduzida no Japão em 1950. Até então, a indústria japonesa trabalhava apenas com o conceito de manutenção corretiva. Isso representava um custo e um obstáculo para a melhoria de qualidade (NASCIMENTO, 2017).

A partir de um avanço das técnicas e procedimentos tradicionais da Manutenção nos anos 70, com a alta competição existente no mercado, a Manutenção Produtiva Total (TPM) surgiu no Japão. Essa metodologia foi criada e desenvolvida pela primeira vez pela empresa Nippondenso, um dos principais fornecedores japoneses de componentes elétricos para a Toyota Automotive, com a filosofia de maximização do rendimento operacional global através da otimização.

O órgão de disseminação do TPM no mundo foi o Instituto Japonês de Engenharia de Planta (JIPE –Japanese Institute of Plant Engineering) na figura de Seiichi Nakajima., o qual foi precursor do Instituto Japonês de Manutenção de Plantas (JIPM – Japanese Institute Of Plant Maintenance).

A TPM traduz-se como importante filosofia que, estrategicamente, é focada na melhoria do processo, em que é capaz de identificar potenciais perdas presentes no processo produtivo e administrativo, maximizando a utilização do ativo industrial e garantindo assim, a fabricação de produtos de qualidade superior com custos competitivos (SWANSON, 2001).

O TPM tem como principal vantagem do ponto de vista econômico, uma melhor utilização do ativo de uma empresa, ou seja, o aumento da capacidade produtiva, conhecimento das pessoas gerando maior integração do Homem com a Máquina e melhoria nas condições de trabalho (MATOS, 2008).

Sua implantação tem resultado em aumentos de eficiência na utilização da capacidade instalada em indústrias japonesas que têm oscilado entre 60 e 90% (BIEHL, 2015), sendo bastante atrativa para o mercado.

O TPM tem como base a participação de todos os membros da empresa, desde a alta gerência aos membros da linha de frente, e é realizado por meio de atividades em pequenos grupos (OPRIME, 2010). Assim, as etapas para aplicação da TPM devem ser desenvolvidas em equipes, tendo como foco as dimensões PQCDMS (produtividade, qualidade, custos, atendimento ao cliente, segurança e moral).

### 3.3.1 Pilares da TPM

Segundo o JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance), a manutenção produtiva total (TPM) é estruturada sob 8 pilares com objetivos específicos. São eles:

1. Melhoria Específica;
2. Manutenção Autônoma;
3. Manutenção Planejada;
4. Educação e Treinamento;
5. Controle Inicial;
6. Manutenção da Qualidade;
7. Administrativo;
8. Segurança, Saúde e Meio Ambiente.

O pilar de melhorias específicas afirma que a combinação de talentos coletivos dentro da empresa ajuda a resolver problemas recorrentes de maneira mais fácil e rápida, além de criar uma estrutura para a melhoria contínua. Uma técnica utilizada para a aplicação deste pilar é o Kaizen, o qual é um programa de melhoramento contínuo baseado no trabalho em equipe e na utilização das habilidades e conhecimentos do pessoal envolvido (COUTINHO, 2019).

O pilar Manutenção autônoma (MA) altera a responsabilidade pela manutenção rotineira, como limpeza, lubrificação e inspeção dos equipamentos, que passa a ser dos operadores, o que gera um senso de "posse" da máquina (COUTINHO, 2019). Segundo Cabral (2006), a manutenção autônoma é sem dúvida o pilar mais importante do TPM porque ele permite aplicar os cuidados básicos de manutenção da máquina através do operador.

O pilar Manutenção planejada encarrega-se por agendar trabalhos de manutenção baseados nas taxas de falhas que foram medidas ou previstas, ou seja, trabalha tanto com a manutenção preventiva quanto com a manutenção preditiva (COUTINHO, 2019).

Segundo o pilar de Educação e treinamento, é necessário eliminar as lacunas de conhecimento existentes para alcançar os objetivos da Manutenção Produtiva Total. Já os gerentes são treinados para aplicar os 8 pilares da TPM, além de aconselhar e desenvolver suas equipes de funcionários (COUTINHO, 2019).

Quanto ao Controle inicial, este visa direcionar o conhecimento prático adquirido através da TPM no desenvolvimento e aquisição de novos equipamentos, fazendo com que eles atinjam seu desempenho máximo mais rápido, com uma melhor adaptação.

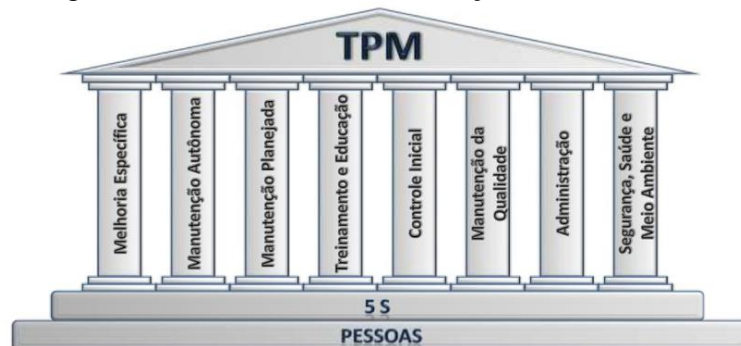
A Manutenção da qualidade objetiva prevenir e identificar erros de desenvolvimento no processo de produção. Para isso, é necessário realizar a análise de causa raiz, que pode ser feita com o uso dos 5 Porquês (COUTINHO, 2019).

O pilar administrativo consiste na aplicação das técnicas também nos processos administrativos, eliminando desperdícios também na esfera gerencial. Esses métodos permitem um melhor apoio à produção através de operações administrativas mais eficientes, como agendamentos, processamento de pedidos e aquisição de novos produtos e equipamentos (COUTINHO, 2019).

E, por fim, o pilar Segurança, saúde e meio ambiente afirma que para tornar o local de trabalho mais eficiente e produtivo, é necessário criar um ambiente saudável e com bem-estar para os colaboradores. Esse pilar da TPM foca na eliminação de riscos de segurança e de saúde, especificamente visando um processo produtivo sem a ocorrência de acidentes (COUTINHO, 2019).

A Figura 2 ilustra os 08 pilares da Manutenção Produtiva Total. Destaca-se como base os recursos pessoas e metodologia 5S, que será descrita no item 3.5.

Figura 2 – Os Pilares da Manutenção Produtiva Total



Fonte: Os oito pilares da TPM – Estudos Mecânicos, 2017.

### 3.4 A Manutenção Autônoma

Amaral (2016) acredita que o homem é responsável por uma grande parte das falhas que ocorrem nos equipamentos, embora, muitas vezes, de um modo indireto. Daí a grande importância do comportamento humano e a atenção que se deve dar à necessidade de mudar atitudes e rotinas tradicionais. Na verdade, existem muitas falhas, resultantes de sujidades, desgastes, vibrações, folgas, fugas, oxidações etc.



Segundo Cabral (2006), a manutenção autônoma é sem dúvida o pilar mais importante do TPM porque ele permite aplicar os cuidados básicos de manutenção da máquina através do operador.

### 3.4.1 Implementação da Manutenção Autônoma

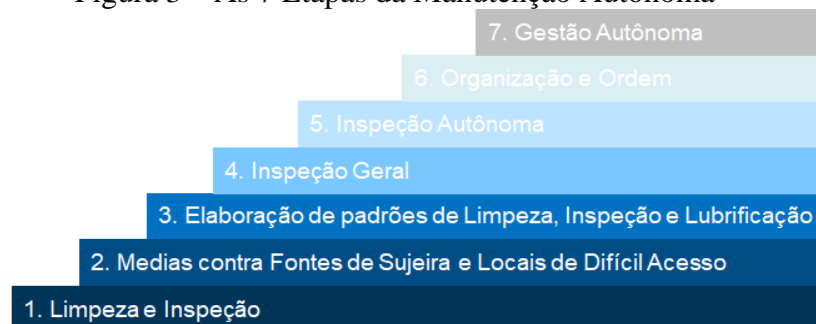
Segundo Nakajima (1989), Tavares (1999) e Venkatesh (2003), a implantação da manutenção autônoma é realizada em sete etapas, as quais podem ser divididas em três estágios. O primeiro estágio abrange as três primeiras etapas, o segundo estágio abrange as etapas 4 e 5 e o terceiro e último estágio as etapas 6 e 7.

As etapas são, segundo Nakajima (1989):

1. Limpeza inicial (combate à sujeira);
2. Medida de combate às fontes geradoras de problemas e locais de difícil acesso (eliminação das sujeiras em sua origem);
3. Elaboração de padrões de inspeção, lubrificação, limpeza e reaperto (a busca de um estado ideal no local de trabalho);
4. Inspeção geral (desenvolver operadores capazes de compreender as funções básicas do equipamento, identificar defeitos e efetuar reparos);
5. Inspeção autônoma (verificação dos processos das atividades de inspeção, limpeza, lubrificação e reaperto);
6. Organização e ordem (organização e cuidado com ambiente de trabalho);
7. Consolidação da manutenção autônoma (verificações das etapas anteriores e execução de melhorias para incremento da eficiência do equipamento).

As etapas para implementação da manutenção autônoma estão representadas na Figura 3 a seguir.

Figura 3 – As 7 Etapas da Manutenção Autônoma



Fonte: Treinamento da 1º Etapa Manutenção Autônoma - Automotiva, PCM Consultoria.

Para cada estágio é necessário elaborar um cronograma de atividades que torne viável sua implementação. Destaca-se que em todas as etapas o requisito de segurança é indispensável, sendo necessário rondas. As ferramentas de etiquetagem, lição ponto a ponto, governanças e quadros de atividades também são essenciais para efetividade dessa ferramenta.

Nas três primeiras Etapas, o objetivo é fazer com que os equipamentos voltem às condições ideais de uso, eliminando assim as deteriorações forçadas e reduzindo quebras 90%. As atividades são:

- Definir os materiais básicos para a execução da limpeza e disponibilizá-los;
- Alinhar a parada do equipamento para a limpeza e identificação das anomalias. Recomenda-se fotografar as partes do equipamento após a identificação das anomalias e propor uma lista com possíveis fontes de sujeira.
- Distribuir as equipes pelos subsistemas, conforme estabelecido para a realização e identificação das anomalias, e realizar *BrainStorming* abordando a prevenção de riscos, condições de deterioração acelerada e perdas e a capacidade requerida. Nesse item também é necessário identificar as fontes de contaminação e defeitos de qualidade, listando também os locais de difícil acesso (LDA).
- Etiquetar os pontos identificados de acordo com os tipos de anomalias. Alguns tipos de anomalias são sujeira, vazamento, adesão de matéria-prima, folgas, corrosão, deformação e rachaduras. Essa etapa deve ser realizada pela Operação e/ou Manutenção, de acordo com a instrução necessária. Recomenda-se etiquetar com cores diferentes as identificações que a manutenção deve resolver (vermelho) e que a operação deve resolver (azul).
- Implementar um procedimento de limpeza, lubrificação e inspeção, o que padroniza as atividades reduzindo o tempo gasto e determinando condição ideal.
- Treinar a Equipe na elaboração do fluxo de Lição Ponto a Ponto (LPP), na qual instrui-se sobre a condição esperada do equipamento, e prover as LPPs na linha de produção para execução dos colaboradores piloto. Treinar também em gestão de etiqueta. Destaca-se que LPP são ferramentas para transmissão de conhecimentos e habilidades sobre o equipamento de forma rápida e fácil, utilizando recursos visuais.

- Implementar a rotina de priorização de etiquetas (governança, planejamento e priorização), para que por conseguinte seja elaborado uma contramedida provisória e sua implementação. Realizar o *follow up* das etiquetas priorizadas de acordo com a criticidade pela matriz de prioridade e o fluxo de Tratamento de Anomalias.
- Estabelecer plano de ações dos assuntos discutidos a partir dos registros, revisando os padrões de limpeza, inspeção e lubrificação estabelecidos, a efetividade dos padrões construídos e elaborando uma matriz de quebra x sistema através dos parâmetros controlados.

No caso da Estágio 2, o qual é composto pelas Etapas 4 e 5, o objetivo é aplicar a manutenção planejada utilizando técnicas conforme o Plano de manutenção. Espera-se que a produção e a manutenção cheguem neste ponto mais capacitadas para realizar as inspeções e detecção de anomalias, logo tem-se a prevenção e avaliação da deterioração forçada dos equipamentos (PCM Consultoria).

Para a Etapa 4, espera-se que o número de Etiquetas tenha aumentado já que o operador terá mais domínio sobre sua máquina, e agora os tipos de deteriorações caminham para ser naturais e não mais forçadas (PCM Consultoria).

Ressalta-se que a deterioração natural ocorre quando o equipamento opera em condições de projeto, na velocidade certa, temperatura certa, limpeza correta, lubrificante certo e com os planos de manutenção sendo executados na frequência correta. Já na deterioração Forçada, o desgaste ocorre quando o equipamento opera em condições que não foram projetadas como velocidade incorreta, muita vibração, temperatura alta no painel, lubrificante incorreto e não se executa as manutenções na frequência correta (DEA, 2021).

Ainda sobre a etapa 4, nesse patamar, o objetivo é tornar o operador verdadeiramente competente com o equipamento, o que significa que ele pode detectar as anomalias casuais em um estágio antecipado e tratá-las imediatamente e eficientemente (PCM Consultoria).

Esta etapa é composta por (PCM Consultoria).

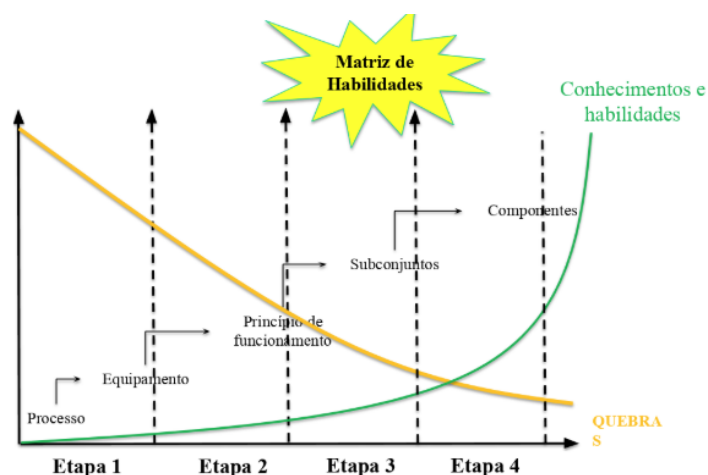
- Definição dos sistemas a serem treinados, de acordo com a matriz de recorrência. Neste item identifica-se as máquinas e equipamentos que possuem recorrência de falhas e que, portanto, requerem priorização dos treinamentos relacionados aos sistemas.
- Treinamento teórico e prático por sistema, onde são preparados *kits* (peças que compõem o equipamento) e elaboração das LPPs. É necessário conhecer tudo sobre o equipamento que está sendo operado, inclusive os principais elementos de fixação,

como por exemplo rebites, pinos, cavilhas, parafuso, os elementos de transmissão, os elementos de hidráulica e pneumática, os elementos de elétrica, os elementos de lubrificação e os elementos de vedação. Assim é possível relacionar causas e efeitos de não conformidades dos elementos mecânicos e efetuar controle sobre os mesmos.

- Etiquetagem no equipamento após o treinamento e resolução das anomalias. O objetivo dos controles visuais é permitir que qualquer colaborador realize as inspeções com confiabilidade através da introdução dos dispositivos visuais que facilitam a identificação, leitura e interpretação.
- Revisão das normas provisórias. É necessário confrontar os padrões de manutenção provisória para verificar se a manutenção autônoma pode assumi-los.
- Auditoria do sistema treinado e treinamento dos próximos sistemas.
- Revisão da Matriz de Habilidades.
- Auditoria Final. É importante realizar uma análise sobre cada passo para confirmar se os resultados esperados foram obtidos.

A Figura 4 mostra a relação entre o aumento dos conhecimentos e habilidades dos operadores com o avanço das etapas e a diminuição no número de quebras nessa mesma linha do tempo.

Figura 4 – Habilidades dos Operadores x Etapas MA



Fonte: Treinamento da 4ª Etapa Manutenção Autônoma - Automotiva, PCM Consultoria.

Na Etapa 5, o objetivo é fugir do ciclo vicioso e criar plantas seguras, sem perdas e sem desperdícios. Logo é necessário transmitir bases da engenharia para desenvolver a compreensão

de como as propriedades do material processado são influenciados pelos equipamentos e alteram a qualidade (PCM Consultoria).

Nas Etapas 5 e 6, espera-se a padronização e conclusão do sistema de controle autônomo dos Equipamentos por meio da padronização da inspeção autônoma e do controle autônomo pleno (PCM Consultoria).

### **3.5 Metodologia 5S**

A base da TPM é a ferramenta de aperfeiçoamento ao comportamento das pessoas 5S. Ela se baseia em um conjunto de 5 sentidos que refletem diretamente em uma mudança de hábitos e atitudes.

A metodologia 5S nasceu no Japão, logo após a Segunda Guerra Mundial, em um período em que o país passava por uma reestruturação. Seu nome, 5S, vem de cinco palavras japonesas que são a base da metodologia: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke (SANDER, 2019).

O Seiri (Senso de Utilização), onde a necessidade de alguns objetos, materiais ou equipamentos da empresa são colocados em questão. A ideia é remover aquilo que não é necessário e dar lugar apenas àquilo que realmente importa para o funcionamento do negócio.

O Seiton (Senso de Organização) busca colocar cada item da empresa em seu devido lugar para que o acesso a eles seja fácil, classificando-as, por exemplo, de acordo com a frequência de uso e categoria (SANDER, 2019).

O Seiso (Senso de Limpeza) busca manter o local de trabalho sempre limpo. Um local de trabalho sujo pode aumentar as chances de falhas em equipamentos ou mesmo na vida útil deles, já que impossibilita a identificação de falhas (SANDER, 2019).

O Seiketsu (Senso de Padronização) estabelece instruções de trabalho, listas de verificação e tudo o que os colaboradores devem seguir para que o trabalho mantenha um padrão único de qualidade. Dessa forma, evita-se que cada um faça o trabalho “do seu jeito” e garante um maior controle estatístico dos processos e da qualidade da produção (SANDER, 2019).

E, por fim, Shitsuke (Senso de Disciplina) busca a manutenção das práticas de qualidade (SANDER, 2019).

### 3.6 A Indústria sucrocooleira

Segundo a Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividades, o Brasil é responsável por 23% da produção mundial de açúcar, sendo o maior produtor do planeta. A região de São Paulo abrange 63% da produção nacional, tornando-se assim a maior região produtora do globo. Referente ao etanol, o Estado de São Paulo é o maior produtor mundial de etanol de cana-de-açúcar contribuindo para que o Brasil seja o segundo maior produtor de etanol do mundo, atrás dos EUA.

A principal fonte desse açúcar é a cana, uma gramínea do gênero *Saccharum* de origem da Indonésia, que foi trazida para o Brasil em 1522. Segundo dados divulgados pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), o Brasil registrou um total de 35,6 bilhões de litros provenientes da cana-de-açúcar e do milho na safra 2019/20, a maior produção de etanol da história. Isso representa um acréscimo de 7,5% em comparação a 2018/19.

A Tabela 1 apresenta a produção nacional de Cana, em toneladas, por Safra.

Tabela 1 – Produção em toneladas de Cana por Safra (Continua)

Estado	Safra 2021/2022 (até 16/09/2021)	Safra 2020/2021	Safra 2019/2020	Safra 2018/2019	Safra 2017/2018	Safra 2016/2017	Safra 2015/2016	Safra 2014/2015
AC	0	0	0	0	0	0	0	0
AL	43207	1438234	1332350	1207581	1071647	1450454	1229457	1883075
AM	2573	10950	12323	12537	11866	13859	12356	10714
BA	63353	134163	118660	108034	160067	127266	86805	83540
CE	0	0	0	0	0	0	0	0
ES	94325	137159	137605	146941	126842	64035	70952	107294
GO	1743323	2319080	1781842	1688373	2241828	2101731	1892231	2009905
MA	18559	14975	23313	21756	22574	11552	12524	8014
MG	3522898	4714927	3206612	3063327	4241217	4014802	3249367	3267094
MS	1229638	1847534	730748	944251	1491651	1734748	1325318	1367715
MT	317376	484407	404862	370483	410524	397695	337162	405277
PA	31332	50908	55609	47034	45851	30026	22234	37815
PB	18307	143782	138328	117538	158982	189618	129047	147849
PE	38551	872896	860434	732801	758905	1004044	822342	1046907
PI	53356	81741	84029	78406	63022	54800	66911	62072
PR	1908977	2619213	2296826	2096196	2929468	3205713	2703136	2923325
RJ	9707	8244	4363	21244	35374	28595	473	37437
RN	20536	173600	137433	118210	161707	133078	147467	156597

Tabela 2 – Produção em toneladas de Cana por Safra (Conclusão)

<b>RO</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>RS</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SC</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SE</b>	0	117585	82154	99290	96243	109735	105444	124868
<b>SP</b>	17907201	26087212	18430116	18211168	23864798	24053242	21303650	21924460
<b>TO</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Grand Total</b>	<b>27023219</b>	<b>41256610</b>	<b>29837607</b>	<b>29085170</b>	<b>37892566</b>	<b>38724993</b>	<b>33516876</b>	<b>35603958</b>

Fonte: MAPA/CGAE/DCAA, disponibilizado por Nova Cana. Atualizado em 28/9/2021.

O processo de produção de açúcar começa com o plantio da cana-de-açúcar. Após 18 meses há o primeiro corte, e anualmente, durante 4 a 5 anos, com redução do rendimento, se realizam-se mais cortes. (MARAFANTE, 1993).

Quando a cana de açúcar atinge a sua maturação, há duas maneiras de colheita. O primeiro caso se dá de maneira manual de modo a preservar a peça inteira, porém é necessário a queima das folhas do canavial para facilitar o processo. No segundo caso, há a colheita de forma mecanizada, não sendo necessária a retirada das folhagens. No entanto, essa forma de colheita acarreta uma maior quantidade final de impurezas, pedras e terra (LOPES, 2011)

Devido às atuais preocupações ambientais foram criadas leis que proíbem gradativamente a queimada dos canaviais, assim, muitas fazendas e usinas têm-se modernizado, realizando a maior parte de suas colheitas com equipamentos especializados (CGEE, 2009).

Após a colheita da cana, esta é enviada às usinas e no país esse transporte é realizado em caminhões de reboque (CGEE, 2009; MARAFANTE, 1993). Nas usinas ocorre a pesagem dos caminhões na balança, onde assim é determinado a massa total de cana e com isso é estimado o rendimento (produção de açúcar/ tonelada de cana) na produção de açúcar.

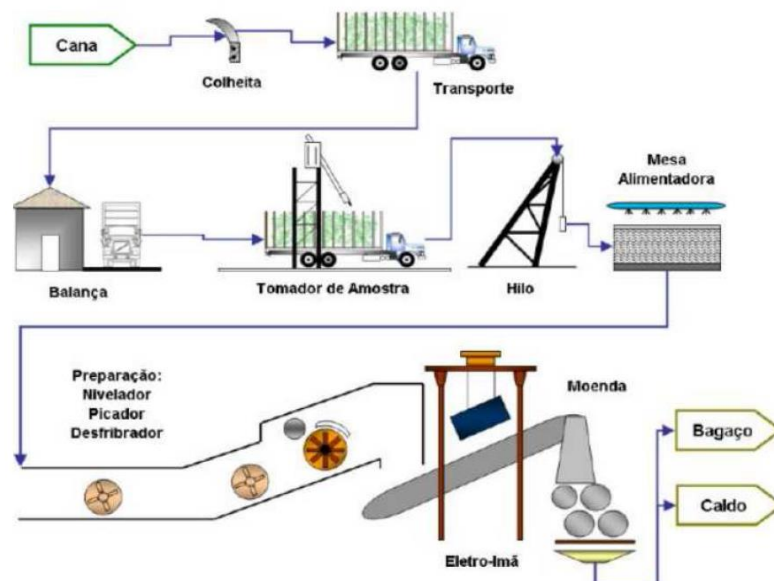
Para determinar de maneira correta o potencial da cana em se transformar em açúcar, é necessário uma série de análises quantitativas e qualitativas. Elas se iniciam a partir do auxílio de um hilo, equipamento utilizado para descarregar os caminhões de cana e de uma sonda para coletar amostras de forma aleatória de forma a analisar o pH, Pol, teor alcoólico, brix, umidade, entre outros (MARAFANTE, 1993; PAYNE, 2010).

Posteriormente, a matéria-prima é descarregada na mesa alimentadora e segue para o processo de lavagem, que tem por finalidade a remoção de materiais estranhos (impurezas). Na colheita manual é realizada a lavagem e, na mecanizada, a limpeza é realizada por sopro de ar. (ALBUQUERQUE, 2011; MARAFANTE, 1993).

A cana constitui-se em uma fração sólida, que é a fibra, e a outra líquida que é o caldo. Assim é necessário passar pelo processo de fragmentação/desfibramento, em que o material desfibrado representa uma massa mais homogênea do que os colmos inteiros e há a abertura das células de cana, possibilitando a extração da sacarose com mais eficiência. A cana desfibrada passa por um procedimento de separação magnética para evitar que partes metálicas participem da próxima etapa do processo, a moagem. Na moagem utiliza-se geralmente moendas, em que o objetivo é a separação das fibras da cana e do caldo por um processo de compressão. No entanto, uma simples compressão, não é possível extrair todo o caldo da cana-de-açúcar: O bagaço sempre retém uma parte do caldo. Para se obter um rendimento de extração de caldo superior a 92% (LOPES, 2011), é necessário a realização de várias pressões sucessivas na cana, e, entre essas pressões, aplicar água à massa fibrosa para diluir o caldo retido. Esse processo é denominado de embebição.

A Figura 5 contém um modelo ilustrativo das primeiras etapas do processo de produção de açúcar e álcool.

Figura 5 – Esquemática das primeiras etapas de produção de açúcar e etanol



Fonte: Adaptado de LOPES, 2011.

O caldo obtido através da operação de extração é um líquido que contém materiais em suspensão e materiais dissolvidos. Por isso, o caldo passa por uma peneira que irá reter o bagacilho. O processo de peneiramento é muito importante, a fim de evitar problemas como entupimentos de canalizações, tubulações de aquecimento, bombas, evaporadores, incrustações entre outros (MARAFANTE, 1993).



Após a passagem do caldo pelas peneiras, é necessário um tratamento físico-químico que consiste em, por exemplo, na remoção das impurezas, diminuição da viscosidade, controle bactericida, entre outros.

A primeira etapa do tratamento físico-químico é denominada sulfitação e consiste na adição de  $\text{SO}_2$  no caldo com o intuito de reduzir o pH, diminuir a viscosidade, formar complexos com açúcares redutores para impedir sua decomposição, reduzir a cor, ser agente bactericida e reduzir o escurecimento do caldo (LOPES, 2011).

A segunda etapa consiste no processo de calagem, em que é adicionado leite de cal,  $\text{Ca(OH)}_2$  para a correção do pH entre 7,0 a 7,5, reagir com os ácidos orgânicos presentes no caldo, realizar a precipitação dos coloides presentes no caldo e flocular e arrastar partículas em suspensão (RIBEIRO, 1999).

Além disso, o tratamento físico-químico do caldo passa por aquecimento a  $105^\circ\text{C}$  e expansão em Balão Flash. Este primeiro processo acelera as reações química, elimina e impede o desenvolvimento de bactérias e facilita a clarificação do caldo devido a floculação e coagulação. No Balão de Flash acontece a expansão atmosférica para eliminar gases incondensáveis dissolvidos (RIBEIRO, 1999).

A terceira etapa consiste na decantação do caldo, em que há a separação em caldo clarificado e lodo por adição de flocculante. Em seguida, o caldo clarificado é peneirado e destinado para etapa de concentração do caldo e cozimento do caldo para a obtenção do açúcar (LOPES, 2011).

### **3.7 A Extração**

A cana apresenta cerca de 10 a 18% de fibras e o restante de caldo, que é onde estão os açúcares (LOPES, 2011).

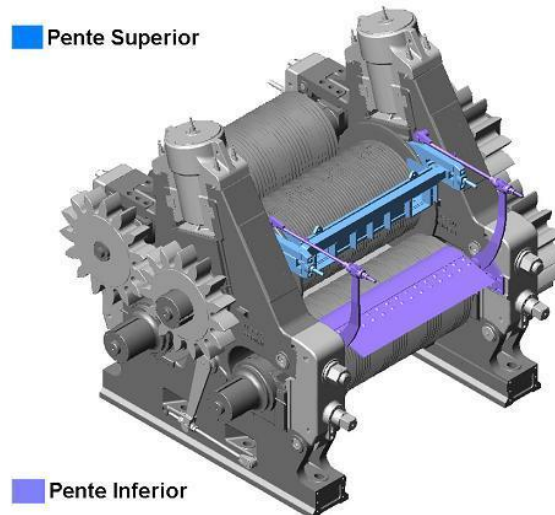
Para extrair o caldo, as mesas alimentadoras se encarregam de manter o fluxo de cana o mais constante possível e podem ser do tipo convencional ( $5 - 15^\circ$ ) ou de grande inclinação ( $45^\circ$ ) ascendente. Nas mesmas, ocorre a lavagem por meio de jatos de água, já que a cana chega na indústria com impurezas do solo (LOPES, 2011).

Para chegar ao equipamento de extração de caldo (difusor ou moenda), a cana da mesa alimentadora alimenta a esteira de cana e é feito um pré-tratamento. O pré-tratamento serve para desfibrar os colmos pela ação de facas (picador) e martelos giratórios (desfibrador), tornando a cana mais homogênea, densa e mais eficiente para a extração de sacarose pela

abertura das células de cana. Também há a finalidade de reter pedaços de ferro com o eletroímã. (LOPES, 2011).

Segundo LOPES (2011), a extração do caldo da cana é a operação realizada na maioria das usinas de açúcar e destilarias de álcool brasileiro para a extração do caldo. Originalmente, as moendas eram constituídas por dois rolos verticais, movidos pela força animal ou hidráulica. Por volta de 1882, tanto na Louisiana (EUA) como na Austrália, adotaram-se as primeiras moendas com os rolos na horizontal em número de três (rolos de entrada, pressão e superior) e um rolo de saída, como é o processo que perdura até os nossos dias.

Figura 6 – Terno de Moendas



Fonte: DEDINI, 2007

Um conjunto de moagem ou “tandem” de moagem é constituído geralmente por 4 a 6 ternos de moenda em série, ligados por esteiras rolantes denominadas condutores intermediários. Os rolos ou cilindros das moendas são geralmente de ferro fundido, com um comprimento de, aproximadamente, o dobro do diâmetro. Sua superfície não é lisa, mas possui ranhuras a fim de facilitar o apanhe ou pega das canas (LOPES, 2011).

Para aumentar a extração, são realizadas várias pressões sucessivas e entre as pressões é aplicada água de diluição (embebição) à massa fibrosa para diluir o caldo retido na saída do terno. Os sistemas de aplicação de água para embebição podem ser do tipo tubo perfurado, bicos injetores e calhas de transbordamento. É possível aproveitar a água de embebição do último terno para utilizar nos ternos anteriores. Assim a extração aumenta sua eficiência e pode chegar em até 96%. A embebição não deve superar em muito o dobro da massa de fibra de cana. No caso das moendas, a pressão é constante devido ao regulador hidráulico (LOPES, 2011).

Além das moendas os difusores também podem ser usados para a extração do caldo. Seu princípio físico é a difusão, ou seja, lixiviação da sacarose após um bom preparo de cana em temperatura próxima a 70°C. Geralmente utiliza-se de 6 a 8 estágios de recirculação e água de embebição numa razão de 2 a 2,5 vezes maior que a fibra de cana. No final, há um terno de moenda para extrair a umidade (LOPES, 2011).

O caldo, ao final do processo, contém materiais em suspensão (impurezas minerais e vegetais, compostos coloidais e insolúveis) 0,1 – 11% e materiais dissolvidos (sacarose, açúcares redutores e sais minerais), causando alterações na opacidade, cor e viscosidade. Assim seguem para o tratamento do caldo (RIBEIRO, 1999).

A Tabela 2 apresenta os 10 maiores grupos brasileiros classificados por capacidade de moagem.

Tabela 3 – *Ranking* dos grupos de usinas do Brasil por capacidade de moagem

Grupo	Moagem
1° <u>Raízen Energia</u>	72,6147 milhões t
2° <u>Atvos (antiga Odebrecht Agroindustrial)</u>	36,8 milhões t
3° <u>Biosev</u>	35,3644 milhões t
4° <u>BP Bunge</u>	30,732 milhões t
5° <u>Tereos Açúcar e Energia Brasil (Grupo Guarani)</u>	24,829 milhões t
6° Grupo São Martinho	24,1 milhões t
7° Santa Terezinha	20,98001 milhões t
8° Cofco	17 milhões t
9° <u>Grupo Tércio Wanderley (Usina Coruripe)</u>	13,5 milhões t
10° <u>Renuka</u>	13,2 milhões t

Fonte: Portal Nova Cana, 2021.

O mesmo ranking de capacidade por moagem, segundo a Nova Cana, quando considerado usina, traz respectivamente a usina São Martinho, Unidade da Barra, Usina Colorado, Unidade Cruz Alta e Unidade Vale do Rosário como as 5 maiores no Brasil.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa relatada utiliza como procedimento o estudo de caso em uma indústria sucroalcooleira que tem como matéria-prima a cana-de-açúcar.

No setor de extração, o processamento é dividido em três etapas: Recepção, Preparo e Extração.

A recepção se inicia com o descarregamento da cana pelo guincho hillo nas mesas alimentadoras. A cana que abastece as mesas alimentadoras mantém a constância da alimentação da esteira de cana. A cana que passa pela mesa alimentadora também não passa por nenhum processo para eliminação de palha e não possui nivelador.

Ainda na etapa de recepção, há a lavagem da cana. Nesse caso, água lava o esteirão de retorno e também o espaço abaixo das mesas alimentadoras. Uma vez que o circuito dessa água é fechado, o tratamento é feito utilizando o gradeamento, chamado de *cush cush*, regulagem de pH utilizando cal e decantação utilizando polímero.

Na etapa do preparo, o qual tem como objetivo abrir as células da cana para que a extração da sacarose seja mais eficiente, utilizam-se 2 picadores, 1 desfibrador e 1 eletroimã, respectivamente. O picador consiste num conjunto de facas rotativas posicionadas sobre a esteira, enquanto que o desfibrador consiste num conjunto de martelos rotativos que friccionam a cana picada contra uma placa metálica para desagregação do material.

Para a extração, a qual é feita utilizando a operação de moagem, o Donelly alimenta o primeiro terno. Ao todo são seis ternos, os quais são compostos por 4 rolos (superior, entrada, saída e pressão) sustentados pelos seus mancais nos castelos. Os ternos são interligados pelas esteiras intermediárias.

No último terno, é injetado água de embebição há aproximadamente 55°C e num volume de 150 m<sup>3</sup>/h. Esse caldo retorna pelas bicas de embebição ao 5°, 4°, 3° e 2° terno lavando o bagaço. A água de embebição vem do vapor condensado resfriado da fábrica.

Nos ternos, o que gera o movimento nos rolos superiores, entrada e de pressão são as turbinas. As turbinas recebem vapor direto da caldeira e passam a girar com 3600 rpm. Para reduzir essa velocidade e aumentar a força dos rolos, utiliza-se o redutor de alta e o redutor de baixa, respectivamente. Ao final desse processo, o movimento é transferido aos rodetes a 6 rpm. Já o rolo de saída é acionado pelo conjunto de motor elétrico e redutor planetário.

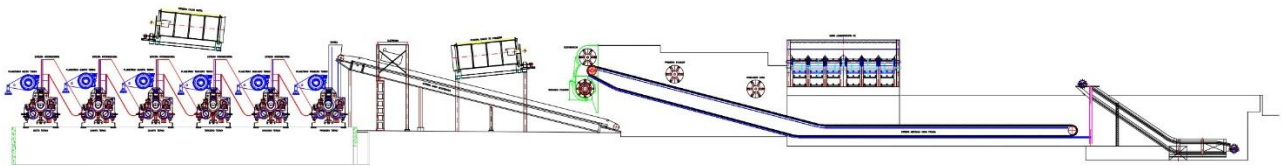
Após o último terno das moenda, o caldo que está no gamelão, que é uma estrutura que recebe o caldo extraído e direciona até as tubulações, é peneirado. A unidade possui duas peneiras rotativas, sendo que a peneira 01 só recebe caldo primário, ou seja, aquele que não foi

diluído em água de embebição. É importante citar que o resíduo das peneiras retorna a extração no terceiro terno.

Enquanto isso, o bagaço presente no 6º terno vai para o setor de geração de vapor, onde servirá como combustível para as caldeiras.

A Figura 6 apresenta o *Layout* do processo de extração, onde estão representadas todas as fases do processo de recepção, preparo e extração, respectivamente da direita para a esquerda. Demais cortes estão apresentados no Anexo 1.

Figura 7 – Layout Extração



Fonte: Adaptado do Layout de Extração de Caldo Usina Estudo de Caso, 2020.

O setor foi escolhido motivado pelas estatísticas apresentadas no Apêndice I: Gastos com Manutenção Mecânica, Elétrica e Instrumentação por Setor, onde fica visível sua posição em 2º lugar com gastos com manutenção mecânica e 4º lugar com gastos com manutenção elétrica e instrumentação, sendo posições bastante significativas.

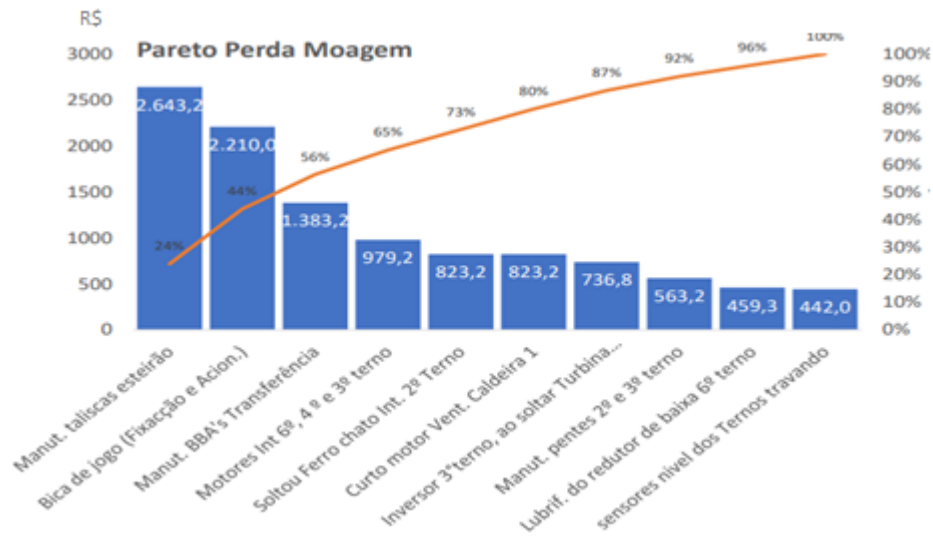
Cabe ressaltar que a unidade já possui informações provenientes do roteiro de inspeção realizado pelos operadores de campo, contudo estes são formulários em papel, os quais são encaminhados ao PCM, e as variáveis MTBF, MTTR, nº de quebras e OEE são mensuradas apenas quando há parada na moagem, não garantindo histórico desses dados. Isso pode dificultar as análises de causa raiz das falhas de equipamentos, uma vez que a anomalia não foi tratada antes de gerar parada.

Assim, em resumo da situação anterior, os roteiros de inspeção eram ineficientes através de registros em papel, não há acompanhamento histórico das variáveis medidas; impossibilidade de acompanhar a evolução das falhas, com tendências e tratamento específico dos dados e não apropriação da operação ao roteiro de inspeção.

Como visto nos Apêndices 2, 3, 4 e 5, tanto para a safra de 2019 quanto para a safra de 2020, uma das principais naturezas de ocorrência das paradas na moagem são devidos a erro de operação.

A Figura 8 apresenta uma comparação de gastos de acordo com as causas a fim de direcionar quanto a abordagem e levantamento das anomalias.

Figura 8 – Perda de Moagem (R\$) segundo Overview Safra 2020



Fonte: Adaptado do Overview Safra 2020 da Usina Estudo de Caso, 2020.

A pesquisa retrata as vantagens da inserção deste novo processo na rotina do operador de campo, não sendo objeto do estudo toda a rotina operacional realizada pelos operadores. O estudo está focado em descrever o processo de utilização e ganhos associados.

Para a implementação da Manutenção Autônoma, o primeiro passo foi a definição da equipe. Visitas em locais onde a manutenção autônoma já foi aplicada também serviu de inspiração e motivação.

O estágio implantado foi o 01 devido ao curto período de implementação. A continuação será proposta em “Sugestões de Continuação” neste trabalho.

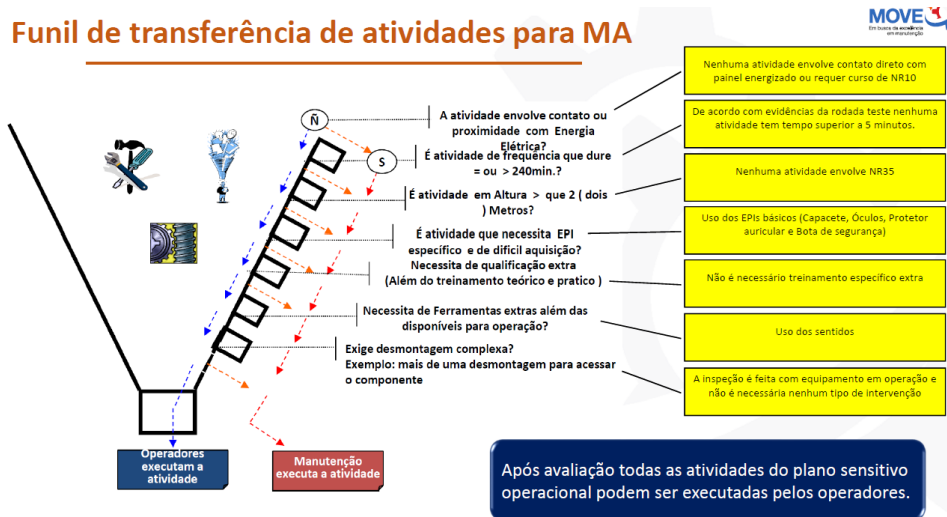
Para a Etapa 1, foi feita a limpeza do setor onde foram registradas as anomalias encontradas. Esta atividade foi realizada durante um dia de parada, ou seja, DIA D, uma vez que os equipamentos não estavam em operação e assim as condições eram mais seguras e precisas para identificar pontos de sujeira e locais de difícil acesso.

Os itens discutidos nessa etapa foram levados para discussão, onde foram definidos os procedimentos provisórios de limpeza, inspeção e lubrificação.

Ressalta-se a importância em envolver os operadores nessa atividade, uma vez que os torna parte do projeto e conta com informações exclusivas uma vez que aquelas atividades

fazem parte da rotina deles. A Figura 9 apresenta um esquema que direciona quanto ao setor responsável pela atividade.

Figura 9 – Funil de Transferência de atividades para a operação



Fonte: Treinamento da 4º Etapa Manutenção Autônoma - Automotiva, PCM Consultoria.

Ressalta-se que Auditorias serão inspeções realizadas pelos supervisores e responsáveis pelo desenvolvimento do projeto para verificar o cumprimento, com a periodicidade e qualidade esperada, dos procedimentos sugeridos.

Em suma, as etapas que foram seguidas para Implementação da Manutenção Autônoma são as apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Atividades para Implementação da Manutenção Autônoma (Continua)

Estágio 1	Reunião de alinhamento
	Definir área piloto
	Definir equipe

Quadro 1 – Atividades para Implementação da Manutenção Autônoma (Continua)

	Definir gerenciamento das etiquetas (padronizar cores, formas) e confeccioná-las
	Levantar os check lists da mecânica, instrumentação e elétrica nos setores
	Levantar check list sensitiva
	Levantar POP/POL
	Definir quais indicadores serão monitorados com o PCM
	Levantar o histórico dos indicadores
	Fotografar o processo antes da aplicação das ferramentas
	Confeccionar formulário de auditoria
	Introduzir o conceito MA com a operação
	<b>OBSERVAÇÃO DAS ANOMALIAS</b>
	Definir procedimento de limpeza do dia D
	Definir e disponibilizar material de limpeza que será utilizado
	Definir data do dia D para disponibilizar equipamentos parados
	<b>DIA D – Limpeza e observação das anomalias</b>
	Descrever anomalias encontradas
	Fotografar anomalias observadas
	Mapear possíveis fontes de sujeira e locais de difícil acesso



Quadro 1 – Atividades para Implementação da Manutenção Autônoma (Continua)

	Mapear e calcular os tempos de limpeza (por atividade)
	REUNIÃO PARA ANALISAR ANOMALIAS ENCONTRADAS E POSSÍVEIS MEDIDAS
	Classificar as fontes de sujeira e LDA entre anomalias e crônicas
	Propor planos de ação e incluí-las no cronograma
	Definir itens a serem tratados na reunião do time da operação com manutenção
	Definir quais atividades serão abordadas no procedimento provisório e LPP
	ELABORAÇÃO DOS PADRÕES PROVISÓRIOS DE LIMPEZA
	Mapear junto com a manutenção quais os pontos de limpeza técnica dos equipamentos que podem ser transferidos para a operação
	Reavaliar junto com a operação os itens POL
	Analisar e adequar a forma de monitorar a execução das limpezas técnicas dos equipamentos (frequência, responsável)
	Confeccionar procedimento de limpeza
	Treinar a equipe com o conceito 5S

Quadro 1 – Atividades para Implementação da Manutenção Autônoma (Continua)

	Aplicar o treinamento técnico de como executar os padrões provisórios de limpeza para a operação (LPPs)
	<b>ELABORAÇÃO DOS PADRÕES PROVISÓRIOS DE INSPEÇÃO</b>
	Mapear junto com a manutenção quais os pontos de inspeção que são aptos a executar
	Analisar e adequar a forma de monitorar a execução das inspeções dos equipamentos
	Elaborar os padrões provisórios de inspeção para os equipamentos
	Aplicar o treinamento técnico de como executar os padrões provisórios de inspeção para a operação (LPPs)
	Aplicar treinamento técnico de abertura de notas/ordens
	<b>ELABORAÇÃO DOS PADRÕES PROVISÓRIOS DE LUBRIFICAÇÃO</b>
	Mapear junto com a manutenção quais os pontos de lubrificação dos equipamentos que podem ser transferidos para a operação
	Elaborar os padrões provisórios de lubrificação (IT) para os equipamentos
	Disponibilizar ferramental (bombas, almotolias, ferramentas e controle visuais) para que possa ocorrer a lubrificação

Quadro 1 – Atividades para Implementação da Manutenção Autônoma (Continua)

	Analisar e adequar a forma de monitorar a execução das lubrificações dos equipamentos
	Elaborar treinamento técnico de como realizar a lubrificação (teórico e prático)
	Organizar a logística do treinamento para a operação
	Aplicar o treinamento para a operação
	<b>APLICAR PROCEDIMENTOS PROVISÓRIOS, LPP E PRIORIZAÇÃO DE ETIQUETAS</b>
	Montar quadro de gestão visual contendo os procedimentos, motivações, caderno de anomalias, indicadores...
	Aplicação do procedimento de limpeza, inspeção e lubrificação
	Registrar toda anomalia observada no caderno de anomalias
	Etiquetar anomalias de acordo com a equipe que será responsável por ela (manutenção e/ou operação)
	Abertura de notas, quando necessário
	Follow up semanal de etiquetas
	Atualização semanal de indicadores
	Realização semanal de auditorias
	<b>ANALISAR RESULTADOS</b>
	Quantificar os ganhos em tempo de parada, custo de manutenção e tempo entre as falhas

Quadro 1 – Atividades para Implementação da Manutenção Autônoma (Conclusão)

	Operação realiza autoavaliação das atividades implementadas
	Registra as melhorias
	Propor novos planos de ação
	Adequar os procedimentos de limpeza, inspeção e lubrificação
	Elaborar matriz de habilidades

Fonte: Adaptado de Treinamento da 1º Etapa Manutenção Autônoma – PCM Consultoria, 2020.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a equipe, foram escolhidos 5 operadores. Eles foram selecionados de acordo com sua proatividade, capacidade de liderança, engajamento e potencial de divulgação das ideias para os demais colaboradores. A intenção é que, com o tempo, toda a operação seja também autônoma.

### 5.1 Etapa 1: Limpeza Inicial

O primeiro passo foi alinhar a parada do equipamento, que aconteceu durante uma parada por ocasião no dia 29/09/2020, para a limpeza e identificação das anomalias. Foram fotografadas as partes do equipamento após a identificação das anomalias e proposta uma lista com possíveis fontes de sujeira.

Quadro 2 – Resultado do Dia D

LOCAL	NÃO CONFORMIDADE OBSERVADA	POSSÍVEIS CAUSADORES
Mancais das moendas – Entrada e Saída 5 terno	Vazamento de óleo de lubrificação dos mancais	Óleo em Excesso Vedação dos mancais
Castelo do 5 terno	Óleo escorrido pelo castelo	Óleo que saiu dos mancais

Fonte: Arquivo Pessoal.

Outras pontuações foram:

- Falhas ínfimas (folgas, vibrações, ruídos, sujeira, aderência, corrosão superficial);
- Locais inseguros (buracos no piso, plataformas, corrimão, pontas, cabos elétricos, guarda corpo);
- Vazamento (líquidos, gases, vapores, graxas, lubrificantes, pó, insumos);
- Dificuldade de acesso (para aperto, lubrificação, manobras, leituras, manutenção, inspeção e limpeza);
- Materiais desnecessários (peças, tubos, madeiras, arames, papel, cabos, chapas, andaimes).

## 5.2 Etapa 2: Medidas contra anomalias identificadas

Da etapa 2, foram detectados os seguintes problemas: vazamento de óleo, bagaço acumulado abaixo das turbinas, falta de registros e estatísticas destas quebras. Para elaboração dos procedimentos provisórios, toda equipe foi envolvida.

Figura 10 – Bagaço acumulado



Fonte: Arquivo Pessoal.

Figura 11 – Vazamento de óleo nos castelos

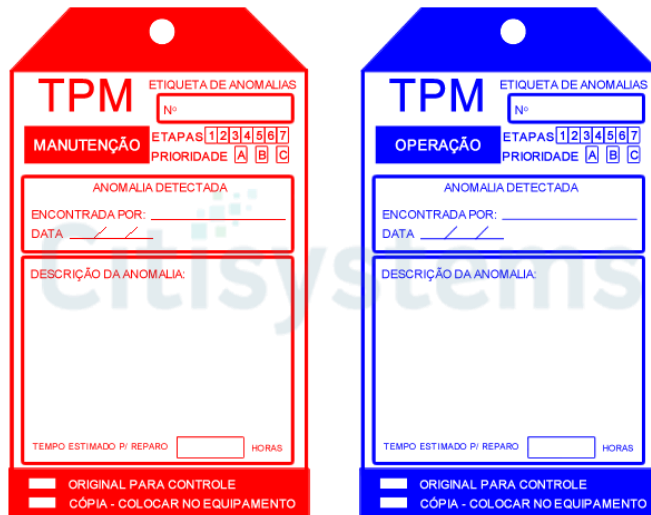


Fonte: Arquivo Pessoal.

Foi sugerido para todas as anomalias observadas, que os locais sejam etiquetados (Figura 12) e a ocorrência seja registrada no caderno de Identificação de Anomalias, os quais

são divididos entre vermelho para anomalias cabíveis a manutenção e azuis para os cabíveis a operação, de acordo com o Funil de Transferência de Atividades para a Operação apresentado na Figura 9. Os cabeçarios dos cadernos são apresentados nas Figuras 13 e 14.

Figura 12 – Modelo das Etiquetas



Fonte: Arquivo Pessoal.

Figura 13 – Caderno de Anomalias - Manutenção

CADERNO DE IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS - MANUTENÇÃO									
Número	Prioridade	Descrição do Problema a ser corrigido	Data	Identificada por	Nº da Nota / Ordem	Prazo para solução	Data da Solução	Nome do Mecânico	Observação

Fonte: Arquivo Pessoal.

Figura 14 – Caderno de Anomalias – Operação

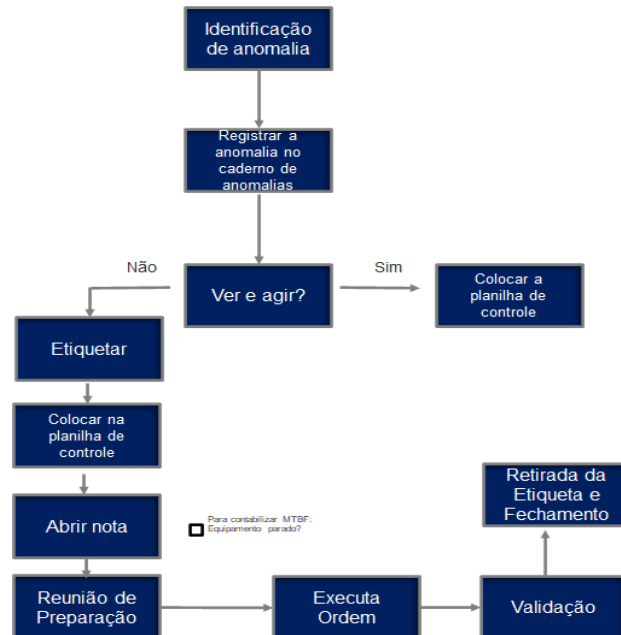
CADERNO DE IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS - OPERAÇÃO									
Número	Prioridade	Descrição do Problema a ser corrigido	Identificada por	Nº da Nota / Ordem	Prazo para solução	Data da solução	Nome do Operador	Observação	

Fonte: Arquivo Pessoal.

Nos cadernos, as anomalias são descritas de acordo com a prioridade, descrição do problema, data, colaborador que identificou, prazo para solução, nome de quem solucionou e observações. No caso de atividades que demandam intervenção dos setores de manutenção, ou seja, as que são registradas no caderno vermelho, será aberta uma nota de serviço no SAP ERP.

O fluxo de todo esse processo pode ser identificado na Figura 15.

Figura 15 – Fluxograma de Anomalias



Fonte: Arquivo Pessoal

### 5.3 Etapa 3: Procedimentos Padrões

#### 5.4 Limpeza

Para elaborar o procedimento de limpeza, foram utilizados os Planos de Organização de Limpeza (POL) e Procedimento Operacional Padrão (POP) para embasar as atividades que devem ser priorizadas pela equipe de Manutenção Autônoma. Os pontos de destaque, como previsto no Dia D, foram os locais de difícil acesso debaixo das turbinas, a limpeza do motor, das mesas e a limpeza do motor das intermediárias.

A medida tomada na entre safra foi a abertura na lateral dos envelopes das turbinas para permitir a lavagem do local de difícil acesso.

#### 5.5 Inspeção

Para elaborar o procedimento de inspeção, os *check lists* que a elétrica, instrumentação e mecânica realizam nos setores foi revisado com os operadores da extração, com ênfase para checagem dos parafusos dos motores, luxamento nas intermediárias, avaliação da condição dos rodets das esteiras, das tubulações e das conexões.



É importante ressaltar que todas as atividades foram avaliadas, tanto com a operação quanto com a manutenção, para que se estudasse se aquele procedimento exigiria algum treinamento técnico específico que impedisse a realização por parte da operação.

As atividades que eles julgavam serem aptos a desenvolver foram repassadas para os responsáveis desse setor e foi determinado que eles seguiriam o seguinte procedimento.

O procedimento proposto está apresentado no Apêndice 7.

## **5.6 Lubrificação**

Para elaborar o procedimento de lubrificação, a qual é alvo da principal anomalia encontrada, o fornecedor de óleo para o setor foi convocado. Com seu auxílio, foi reavaliado a vazão ideal de lubrificante nos mancais e rodetes, a fim de reavaliar abertura do pistão, tempo de acionamento das bombas, pressão das bombas, reaproveitamento de óleo.

Para este cálculo, foram coletados os tempos de inversão da bomba de alimentação, o tempo de bomba trabalhando, o tempo de bomba em repouso e a moagem diária estimada em toneladas. Para a lubrificação dos mancais, foi necessário coletar também o diâmetro e largura do mancal do rolo, a serpentina e a caixa de refrigeração e o modelo de fabricação para todos os rolos (superior, entrada, saída, pressão) de todos os ternos.

Para os rodetes, foi necessário coletar largura e modelo de fabricação para todos os rolos (superior, entrada, saída, pressão) de todos os ternos.

O cálculo foi feito pelo fornecedor de Lubrificantes, resultado num consumo ideal de 2,79 g de óleo por tonelada de cana nos mancais e 1,01 g de graxa por tonelada de cana nos rodetes.

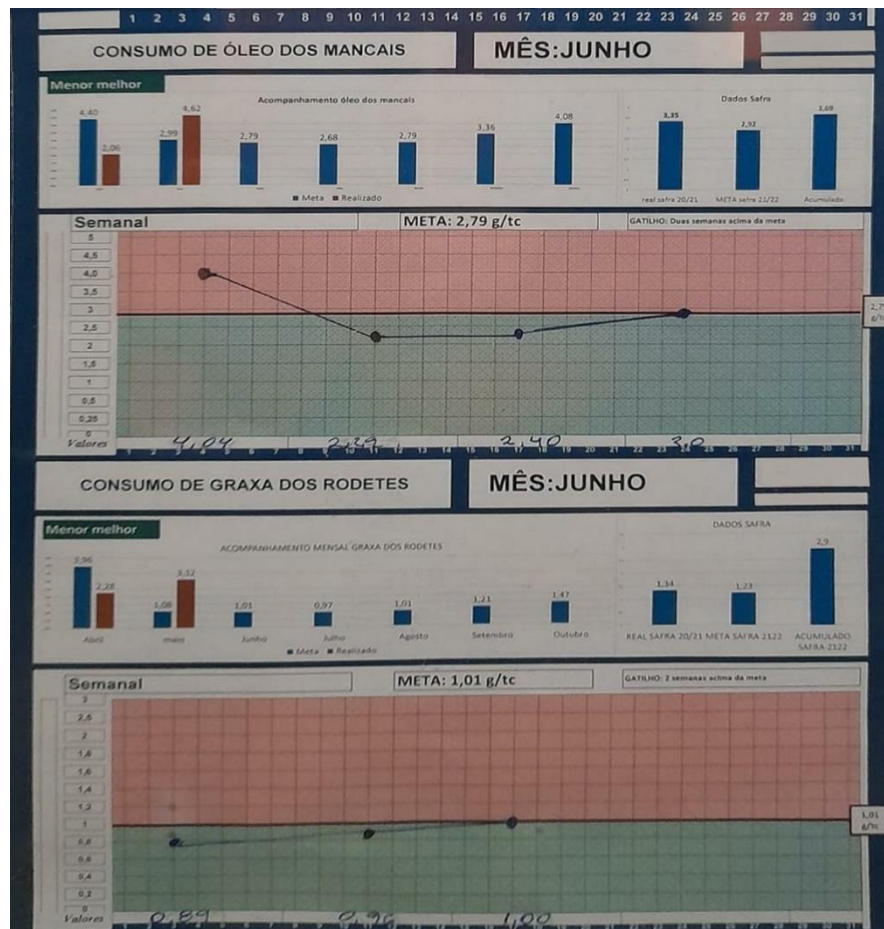
A lubrificação dos mancais e rodetes, que antes era realizado pela manutenção mecânica, passou a ser realizada pela operação. Essa lubrificação é feita por meio de um distribuidor que funciona por meio de atuação de depressurização. Este distribuidor é a melhor solução pois a vazão é fixa e constante garantindo que os pontos lubrificados recebam a quantidade de óleo necessária em sua instalação.

Para essa transferência de responsabilidades, o antigo responsável treinou a equipe e deixou as orientações passo a passo documentadas para manuseio do Painel Eletrônico para Sistema de Pulverização. A vantagem desta transferência se dá também na redução da interferência de lubrificantes no orçamento. Como esse controle era feito em outro setor apesar de ser parte do orçamento da extração, não era possível acompanhar sua influência.

Para a entre safra, também foi construído um funil logo abaixo dos mancais para conter o óleo que vaza. Esse óleo foi direcionado para rerrefino.

A Figura 16 apresenta Carta de Controle de Consumo de óleo nos mancais e graxa nos rodetes para o mês de junho de 2021.

Figura 16 – Carta de controle Consumo de Lubrificantes



Fonte: Arquivo Pessoal.

Apenas na primeira semana houve desvio da meta, sendo a extração apta a atingir a meta de consumo proposta.

## 5.7 Indicadores de Performance

Com a equipe do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), foi definido como indicadores controlados o MTBF, MTTR e n° de notas. Além disso, outro indicador definido é resultado de auditorias.

Para monitorar estes valores, foi desenvolvida uma transação pelo setor de Planejamento e Controle utilizando o histórico de ordens de serviços do sistema SAP ERP, o qual é um software corporativo de gestão empresarial integrada

Para abertura de solicitação de serviço (nota), o usuário deve determinar qual o equipamento que receberá manutenção. Foram definidos os sistemas e subsistemas apresentados na Tabela 3.

Tabela 4 – Sistemas e Subsistemas de controle na Manutenção Autônoma

	<b>GUINCHOS HILLOS</b>
3002-EX-10-03.01	GUINCHO HILLO 01
3002-EX-10-03.02	GUINCHO HILLO 02
	<b>MESAS ALIMENTADORAS</b>
3002-EX-10-06.01	MESA ALIMENTADORA 01 15° HILLO
3002-EX-10-06.02	MESA ALIMENTADORA 02 45° HILLO
3002-EX-10-06.04	MESA ALIMENTADORA 04 45° HILLO
3002-EX-15-03.01	ESTEIRA METALICA
3002-EX-15-06.01	PICADOR 01
3002-EX-15-06.02	PICADOR 02
3002-EX-15-06.03	DEFIBRADOR
3002-EX-20-06.01	ESTEIRA CANA DEFIBRADA
	<b>ESTEIRAS INTERMEDIARIAS</b>
3002-EX-20-18.01	ESTEIRA INTERMEDIARIA TERNO 02
3002-EX-20-18.02	ESTEIRA INTERMEDIARIA TERNO 03
3002-EX-20-18.03	ESTEIRA INTERMEDIARIA TERNO 04
3002-EX-20-18.04	ESTEIRA INTERMEDIARIA TERNO 05
3002-EX-20-18.05	ESTEIRA INTERMEDIARIA TERNO 06
	<b>TERNOS</b>
3002-EX-20-24	TERNO N° 01
3002-EX-20-27	TERNO N° 02
3002-EX-20-30	TERNO N° 03
3002-EX-20-33	TERNO N° 04
3002-EX-20-36	TERNO N° 05
3002-EX-20-39	TERNO N° 06
	<b>SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO</b>
3002-EX-20-54.01	SISTEMA DE LUBRIFICACAO MANCAIS MOENDAS
3002-EX-20-54.02	SISTEMA DE LUBRIFICACAO DOS RODETES
3002-EX-20-54.03	SISTEMA LUBRIFICACAO ACIONAMENTO TERNOS
3002-EX-20-63	CIRCUITO HIDRAULICO

Fonte: Arquivo Pessoal.

Além disso, o preenchimento das notas dentro do sistema deve seguir minuciosamente alguns requisitos, os quais estão apresentados em ordem na Figura 17.



Tabela 5 - MTBF e MTTR em horas e status das notas por sistemas (Conclusão)

<b>PICADOR 02</b>	2.603,04	0,96	0,00	2,00	0,00	8,00	10,00
<b>DEFIBRADOR</b>	1.302,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	5,00
<b>ESTEIRA CANA DEFIBRADA</b>	1.736,00	0,00	0,00	3,00	0,00	4,00	7,00
<b>ESTEIRAS INTERMEDIARIAS</b>	8.413,99	5,61	1,00	6,00	1,00	45,00	53,00
<b>TERNOS</b>	7.114,40	3,20	0,00	10,00	1,00	58,00	69,00
<b>SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO</b>	6.943,34	0,66	0,00	2,00	0,00	10,00	12,00
<b>Unidade</b>	<b>50.235</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>35</b>	<b>4</b>	<b>218</b>	<b>258</b>

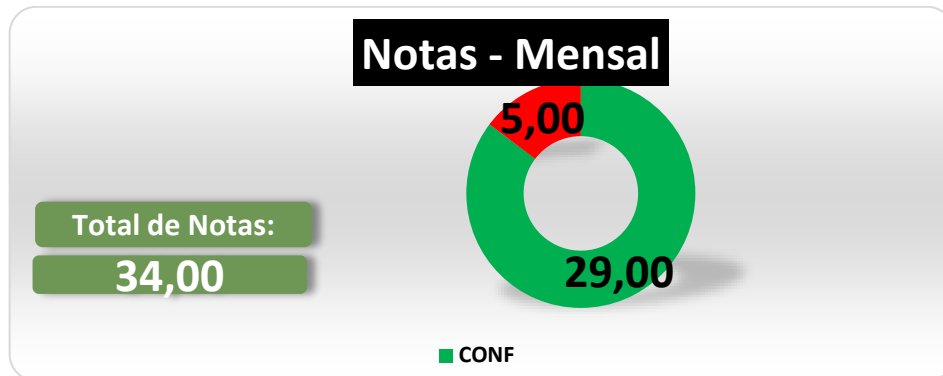
Fonte: Arquivo Pessoal.

Analisando os dados acima, percebe-se que os ternos são as maiores fontes de anomalias, uma vez que 69 ordens de manutenção foram abertas para este sistema. Quanto ao MTTR, os guinchos hilos são os sistemas que mais levam tempo para reparo com duração média de 7. Já o MTBF é menor para o picador 01, ou seja, esse sistema é o que mais apresenta falhas, com uma periodicidade média de uma nova falha a cada 1292 horas, e maior para as mesas alimentadoras, ou seja, é a que menos apresenta falha.

Além disso, observa-se que 258 notas foram abertas na safra 2019/2020. Ou seja, 258 ordens de serviços para a manutenção foram solicitadas pela operação ao setor de manutenção, sendo 253 aceitas e confirmadas e atendidas e 5 recusadas ou pendentes. Sendo assim, 98,06% das notas são atendidas.

A Figura 18 apresenta o número de notas abertas no mês, no caso, para o mês de outubro de 2020. Esse acompanhamento é importante a fim de identificar os períodos com maior incidência de anomalias e o aumento da capacidade dos operadores para reconhecer anomalias e tomar iniciativa para solucioná-las. Esse item será atualizado mensalmente no painel de Gestão a Vista.

Figura 18 Notas Abertas no mês



Fonte: Arquivo Pessoal.

Quanto a safra de 2020/2021, o número de notas abertas foi para o próprio setor, os seja, resultado de identificação de anomalias que podem ser solicitadas pela operação foi de 77. O número de notas abertas para a manutenção foi de 841, totalizando 918. Esse resultado mostra uma safra com maior teor de fibra da cana, mas também demonstra que a operação desenvolveu postura autônoma, uma vez que passou a identificar com maior facilidade as anomalias possíveis.

O MTBF e MTTR não pode ser comparado entre os anos. Isso se deve ao fato de que anteriormente as falhas apenas eram registradas quando geravam a parada da moagem. Atualmente, todas as intervenções são computadas, indicando maior controle dos itens e, principalmente, a origem de uma falha que poderia gerar consequências graves de segurança e produtividade.

O controle também será feito mediante auditorias programadas. O formulário está apresentado no Apêndice 9.

Apesar de todas as metodologias terem sido desenvolvidas, nem todas elas foram aplicadas nesta safra. Este é o caso da alimentação de MTBF e MTTR e auditorias.

## 5.8 Treinamento

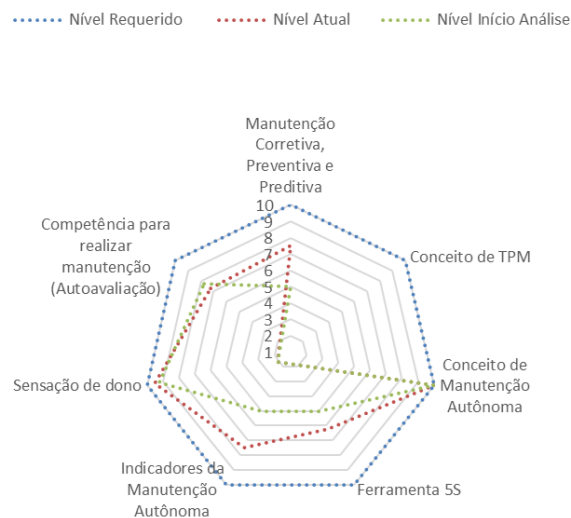
Por fim, para aplicação, foi realizado treinamento de 8 horas uma semana antes do início da safra. O roteiro contava com:

- História da manutenção;
- O que é Manutenção Produtiva Total (TPM);
- Pilares da TPM;

- A Manutenção Autônoma: Conceitos e Metodologia;
- Motivação para aplicação da Manutenção Autônoma na Extração;
- Implementação da Manutenção Autônoma na Extração: Cronograma;
- Apresentação do Procedimento de Limpeza e sua importância;
- Apresentação do Procedimento de Inspeção (*Checklist*);
- Apresentação do Plano de Lubrificação, com o auxílio do responsável pela mecânica;
- Apresentação dos indicadores pelo PCM.

Para analisar se os objetivos de aprendizagem foram atingidos, foi aplicado um questionário antes do treinamento e o mesmo questionário após o treinamento. Esse questionário continha 4 questões, sendo duas de alternativa, uma com 6 afirmações de Verdadeiro ou Falso e uma para autoavaliação. O questionário está apresentado no Apêndice 8 e o resultado da avaliação apresentada na Figura 19, abaixo.

Figura 19 – Radar Chart dos Operadores da Extração

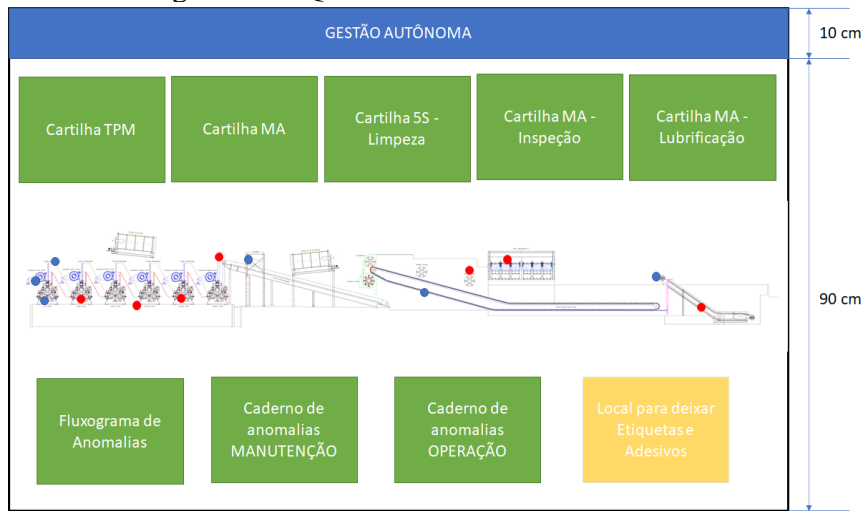


Fonte: Arquivo Pessoal

## 5.9 Gestão a vista

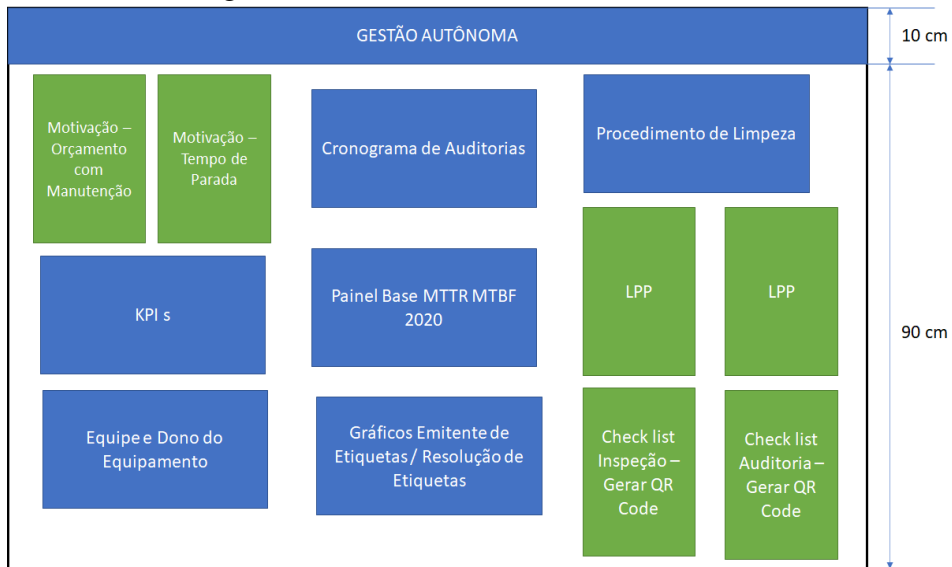
Foi elaborado um painel de gestão a vista onde foram adicionados os procedimentos, etiquetadas as anomalias e expostos os indicadores. A proposta para distribuição dos itens anexados no painel encontra-se nas Figuras 20 e 21 a seguir.

Figura 20 – Quadro de Gestão a vista - Frente



Fonte: Arquivo Pessoal.

Figura 21 – Quadro de Gestão a vista - Verso



Fonte: Arquivo Pessoal.

Sendo o projeto feito em escala para sulfites de tamanho A4 (210 x 297 mm), identificado em verde, e formato A3 (297 x 420 mm), identificado em azul.



## **6 CONCLUSÃO**

A implementação da manutenção Autônoma no setor de Extração permitiu o aprimoramento dos operadores para reconhecimento de anomalias, uma vez que passaram a identificar com maior facilidade as anomalias possíveis. Isso pode ser visto no aumento do número de notas, ou seja, ordens de serviço abertas, que saltou de 278 em 2020 para 918 em 2021.

Este resultado é fruto dos Procedimentos de Limpeza, Inspeção e Lubrificação, assim como as etiquetas de anomalias, os quais aproximaram o operador do equipamento e tornou mais visível as não conformidades da área produtiva

### **6.1 SUGESTÕES DE CONTINUAÇÃO**

A Manutenção Autônoma consiste em 7 fases. Devido ao tempo de implementação, apenas 4 das fases foram implementadas, ficando pendente a continuação do desenvolvimento cujas atividades estão apresentadas a seguir.

#### **ESTUDO DE EQUIPAMENTOS**

Rever Planos de Ação.

Verificar se a manutenção autônoma já pode assumir a atividade.

Definir sistemas que precisam ser treinados de acordo com a recorrência de falhas.

Realizar treinamento teórico-prático sobre os sistemas citados acima, conhecendo cada item do equipamento.

Adequar os Procedimentos de Limpeza, Inspeção e Lubrificação,

#### **APLICAR PROCEDIMENTOS PROVISÓRIOS, LPP E PRIORIZAÇÃO DE ETIQUETAS**

Montar quadro de gestão visual contendo os procedimentos, motivações, caderno de anomalias, indicadores...

Aplicação do Procedimento de Limpeza, inspeção e lubrificação.

Registrar toda anomalia observada no caderno de anomalias.

Etiquetar anomalias de acordo com a equipe que será responsável por ela (Manutenção e/ou Operação).

Abertura de notas, quando necessário.

*Follow up* semanal de Etiquetas.

Atualização semanal de indicadores.

Realização semanal de Auditorias.

### **ANALISAR RESULTADOS**

Quantificar os ganhos em tempo de parada, custo de manutenção e tempo entre as falhas.

Operação realizar autoavaliação das atividades implementadas.

Registrar as melhorias.

Propor novos planos de ação.

Adequar os Procedimentos de Limpeza, Inspeção e Lubrificação.

Elaborar Matriz de Habilidades.

Além disso, recomenda-se a continuação dos estudos a fim de observar os impactos no MTBF e MTTR, o qual tem relação direta com a disponibilidade do equipamento.

## REFERÊNCIAS

Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade > Setores do Agronegócio > Cana-de-Açúcar. Disponível em <<https://www.investe.sp.gov.br/setores-de-negocios/agronegocios/cana-de-acucar/4>>. Acesso em 16 de outubro de 2021

ALBUQUERQUE, F. M. de. **Processo de fabricação do açúcar**. 3. ed. rev. ampl. Recife, PE: Editora Universitária - UFPE, 2011. 443 p.

ALVES, Alison Jorge. **Estudo de caso da importância da Manutenção Preditiva com ênfase na análise de vibração em uma usina sucroalcooleira**. Orientadora: Abdréa da Silva Peçanha. 2009. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção), Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2009. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/xmlui/handle/123456789/73>>. Acesso em 08 de outubro de 2021.

ANDRADE, Rafaela Marques. **Manutenção autônoma-benefícios do roteiro eletrônico de inspeção do operador: estudo de caso Braskem**. Orientador: Vasco Costa. 2019. 88 f. Tese (Doutorado em Ciências empresariais), Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2019. Disponível em: <[https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/7740/1/DM\\_Rafaela%20Marques%20Andrade.pdf](https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/7740/1/DM_Rafaela%20Marques%20Andrade.pdf)>. Acesso em 26 de agosto de 2020.

BEHAINE, José Jorge Salgado. O contexto da eficiência e produtividade na indústria sucroalcooleira brasileira. Viçosa – MG. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9881>>. Acesso em 28 de outubro de 2021.

BIEHL, Norberto Carvalho; SELLITTO, Miguel Afonso. TPM e manutenção autônoma: estudo de caso em uma empresa da indústria metal-mecânica. **Revista Produção Online**, v. 15, n. 4, p. 1123-1147, 2015. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1632>>. Acesso em 26 de agosto de 2020.

Brasil alcança a maior produção de etanol da história **GOVERNO FEDERAL**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/04/brasil-alcanca-a-maior-producao-de-etanol-da-historia>>. Acesso em 16 de outubro de 2021.

JIPM. Japan Institute of Plant Maintenance Solutions Company Limited. JIPM-S. Disponível em: <<http://www.tpm.jipms.jp/>>. Acesso em 26 de agosto de 2020.

LEITE, RC de C. et al. Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil. **Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, 2009.

CHIARADIA, Áureo José Pillmann. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: um estudo de caso na indústria automobilística**. Orientador: José Luis Duarte Filho. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado profissionalizante em engenharia), Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4470/000457034.pdf?...1>>. Acesso em 08 de outubro de 2021.

COUTINHO, Thiago. Quais são os 8 Pilares da TPM? – Publicado em 30 de janeiro de 2019. Disponível em <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/8-pilares-tpm>> Acesso em 08 de outubro de 2021.

DEA, João Paulo. **Manutenção centrada em confiabilidade aplicada à redução dos modos de falha e aumento da eficiência dos equipamentos de uma empresa do setor bebidas**. 2021. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/14567/1/TCC%20Jo%c3%a3o.pdf>>. Acesso em 26 de agosto de 2020.

FUENTES, Fernando. **F.E Metodologia para Inovação da Gestão de Manutenção Industrial**. 2006, 208f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006. Disponível em: <[https://nedip.ufsc.br/uploads/file/tese\\_fuentes.pdf](https://nedip.ufsc.br/uploads/file/tese_fuentes.pdf)>. Acesso em 16 de outubro de 2021.

GOES, Tarcizio; MARRA, Renner; SOUZA, G. da S. Setor sucroalcooleiro no Brasil: situação atual e perspectivas. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/125247>>. Acesso em 16 de outubro de 2021.

HUGOT, E. Manual da Engenharia Açucareira. São Paulo: Mestre Jou, 1969. 2v.

HUTCHINS, David. Apresentando o TPM. **Engenheiro de Manufatura**, v. 77, n. 1, pág. 34-39, 1998. Disponível em: <[https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/me\\_19980109](https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/me_19980109)>. Acesso em 26 de agosto de 2020.

LOPES, Cláudio Hartkopf; Tecnologia de produção de açúcar de cana / organizador: Cláudio – São Carlos : EdUFSCar, 2011. 183 p. – (Coleção UAB-UFSCar)

MARAFANTE, L. J. Tecnologia da fabricação do álcool e do açúcar. São Paulo: Ícone, 1993. 148p

MATOS, S., **Manutenção produtiva Total: a Chave para o sucesso no mundo globalizado**. Orientador: Luiz Alves D. Sc. 2008. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Produção), Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/K207705.pdf](http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/K207705.pdf)>. Acesso em 26 de agosto de 2020.

Members CEN (2001) European Committee for Standardization EN 13306. Maintenance Terminology, CEN, Brussels

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM –Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989

DO NASCIMENTO, Danielle Maria; LIMA DINIZ, Helder Henrique; DA SILVA GABÚ, Adilson Bezerra. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM): ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS. **REVISTA DE TRABALHOS ACADÊMICOS-UNIVERSO RECIFE**, v. 4, n. 2-1, 2018. Disponível em: <[https://web.archive.org/web/20180424165853id\\_/http://www.revista.universo.edu.br/index.p](https://web.archive.org/web/20180424165853id_/http://www.revista.universo.edu.br/index.p)

hp?journal=1UNICARECIFE2&page=article&op=viewFile&path%5B%5D=5138&path%5B%5D=3020>. Acesso em 18 de setembro de 2021.

Netto, Wady Abrahão Cury. **A importância e a aplicabilidade da manutenção produtiva total nas indústrias (TPM)**. Orientado: Jorge Pyles. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/ep/files/2010/05/Wady-UFJF-Engenharia-Monografia.pdf>>. Acesso em 18 de setembro de 2021.

OPRIME, Pedro Carlos et al. Análise da complexidade, estratégias e aprendizagem em projetos de melhoria contínua: estudos de caso em empresas brasileiras. **Gestão & Produção**, v. 17, p. 669-682, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gp/a/GF3vS7KVvYqYgyBxMPGWN6n/abstract/?lang=pt>>. Acesso em 16 de outubro de 2021.

PAYNE, J. H. **Operações unitárias na produção de açúcar de cana**. 2.ed. São Paulo, SP: Nobel, 2010. 245 p

PCM Consultoria; Treinamento de 1ª Etapa de Manutenção Autônoma – Automativa.

Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Química – UFLA. Lavras, 2019.

RIBEIRO, Carlos A. F., BLUMER, Solange A. G., HORII, Jorge. Tecnologia do Açúcar, Piracicaba, 1999.

ROMÃO, Danilo. OEE – Overall Equipment Effectiveness – Porque, como e quando aplicar? **Engeteles**. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/oee/>> Acesso em 08 de outubro de 2021.

SANDER, Carlos. O que é e qual a importância da metodologia 5S nas empresas. **CAE**. 2019. Disponível em: <<https://caetreinamentos.com.br/blog/5s/metodologias-5s-empresas/>> Acesso em: 26 de agosto de 2020.

SANTOS, S. A., **A importância da Manutenção Produtiva Total na Melhoria Contínua do Processo**: Um estudo de Caso. Orientador: Gustavo Fuhr Santiago. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica), Alegre, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/bitstream/rii/4175/1/SUSY%20ATAIDE%20DOS%20SANTOS%20-%202018.pdf>>. Acesso em 16 de outubro de 2021.

SILVA, L. S. **Elaboração de um Plano de Manutenção em uma Máquina de Usina Sucroalcooleira**. Orientadora: Andréa de Lima Ferreira Novais. 2019. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica), Marabá, 2019. Disponível em: <<https://mecanica.unifesspa.edu.br/images/TCC/Luiz-de-Souza-Silva.pdf>>. Acesso em 16 de outubro de 2021.

SOUZA, F. J., **Melhoria do Pilar “Manutenção Planejada” da TPM através da Utilização do RCM para nortear as estratégias de Manutenção**. Orientador: Flávio Sanson Fogliatto. 2004. 115 f. Dissertação (Mestrado profissionalizante em engenharia), Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/4752>>. Acesso em 08 de outubro de 2021.

SWANSON, Laura. Vinculando estratégias de manutenção ao desempenho. **Jornal internacional de economia da produção**, v. 70, n. 3, pág. 237-244, 2001. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527300000670>>. Acesso em 16 de outubro de 2021.

TAVARES, L. Administração moderna da manutenção. Rio de Janeiro: Novo Polo, 1999.

Todos os dados do setor sucroenergético reunidos em uma plataforma inteligente. **Novacana Data**. Disponível em: <<https://www.novacana.com/data/>>. Acesso em: 16 de outubro de 2021.

VENKATESH, J. Introduction to total productive maintenance (TPM). **The Plant Maintenance resource Center**, 2003.

WILLMOT, Peter, **Total Quality With Teeth, The TQM Magazine, MCB University Press**, 1994, Vol. 6, N. 4, p. 48-50.

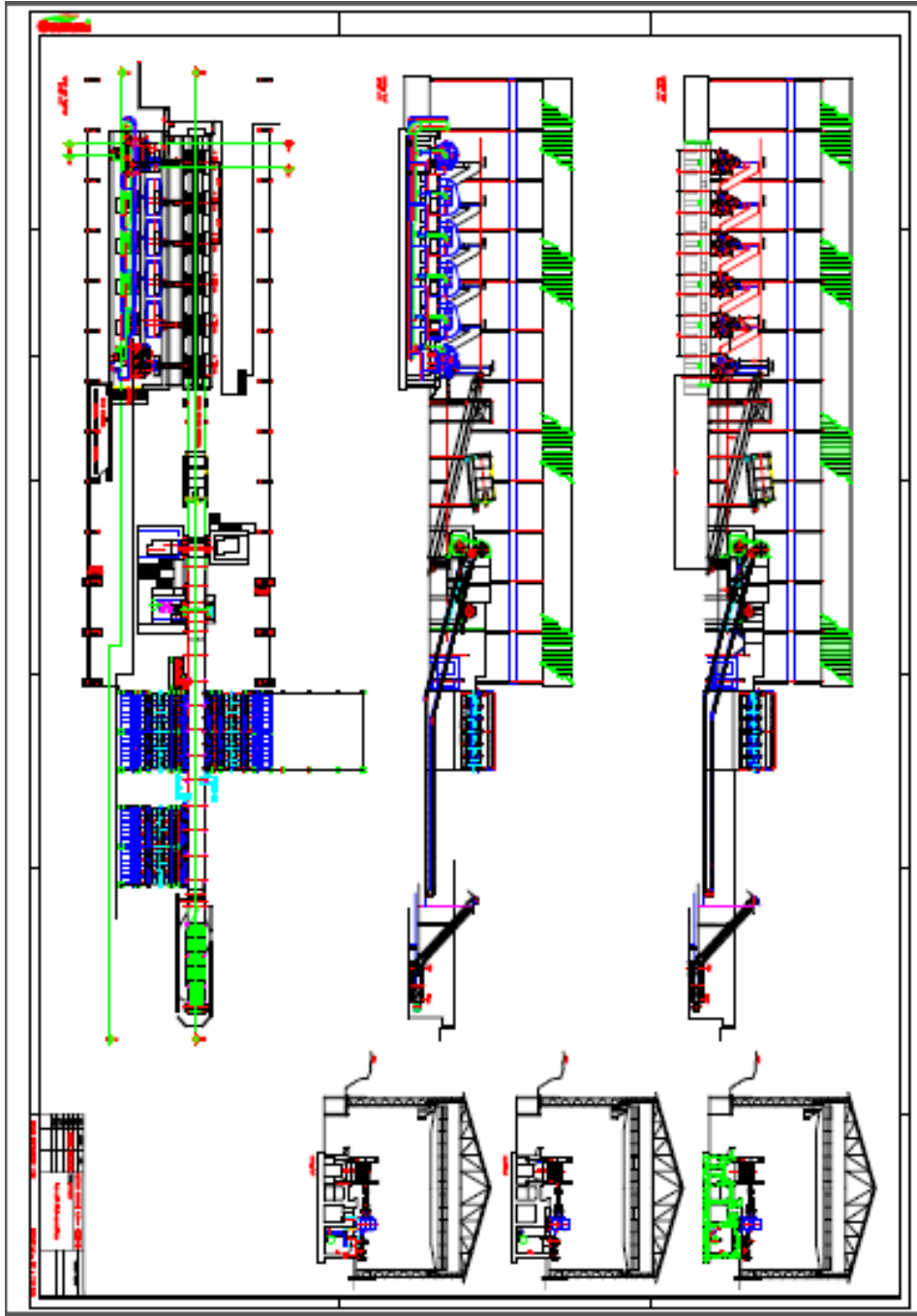
WYRELSKI, J. **Manutenção produtiva total: um modelo adaptado**. 1997. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/158161/108695.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 16 de outubro de 2021.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva: Melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade**. Falconi Editora, 2014.

YAMAGUCHI, C. **TPM - Manutenção produtiva total**. São João Del Rei : ICAP – Instituto de Consultoria e Aperfeiçoamento Profissional Del-Rei, 2005.

## ANEXO

## Anexo 1 – Layouts Extração



## APÊNDICES

### Apêndice 1 – Gastos com Manutenção Mecânica, Elétrica e Instrumentação por Setor

<b>Manutenção</b>	<b>Setor</b>	<b>%</b>
<b>Mecânica</b>	Fábrica de açúcar	45,03%
	Extração	17,83%
	Utilidades	17,12%
	Destilaria	11,42%
	Laboratório Sacarose	4,95%
	Empacotamento	1,88%
	Geração de Energia	1,77%
<b>Elétrica</b>	Geração de Energia	27,29%
	Fábrica de açúcar	22,54%
	Administrativo	17,62%
	Extração	14,68%
	Destilaria	13,19%
	Empacotamento	3,79%
	Logística	0,89%
<b>Instrumentação</b>	Fábrica de açúcar	37,34%
	Utilidades	19,46%
	Destilaria	15,36%
	Extração	12,44%
	Empacotamento	7,63%
	Geração de Energia	5,87%
	Laboratório Sacarose	1,59%
	Laboratório Industrial	0,30%

Fonte: Arquivo Pessoal.

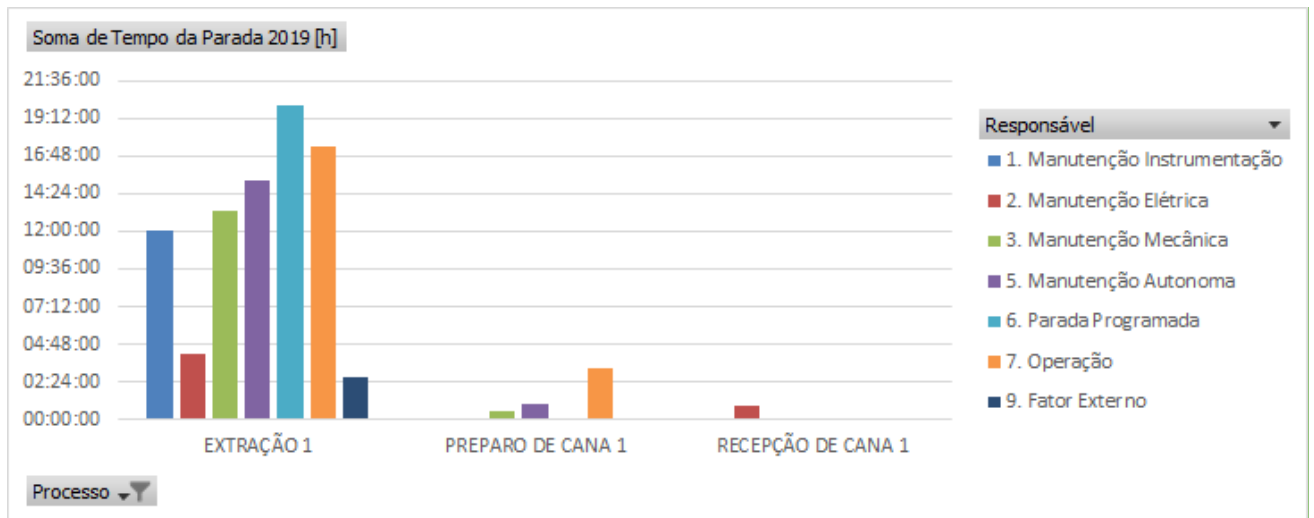


## Apêndice 2 - Tempo de parada na Etapa de Extração de acordo com a natureza de ocorrência da safra 2019



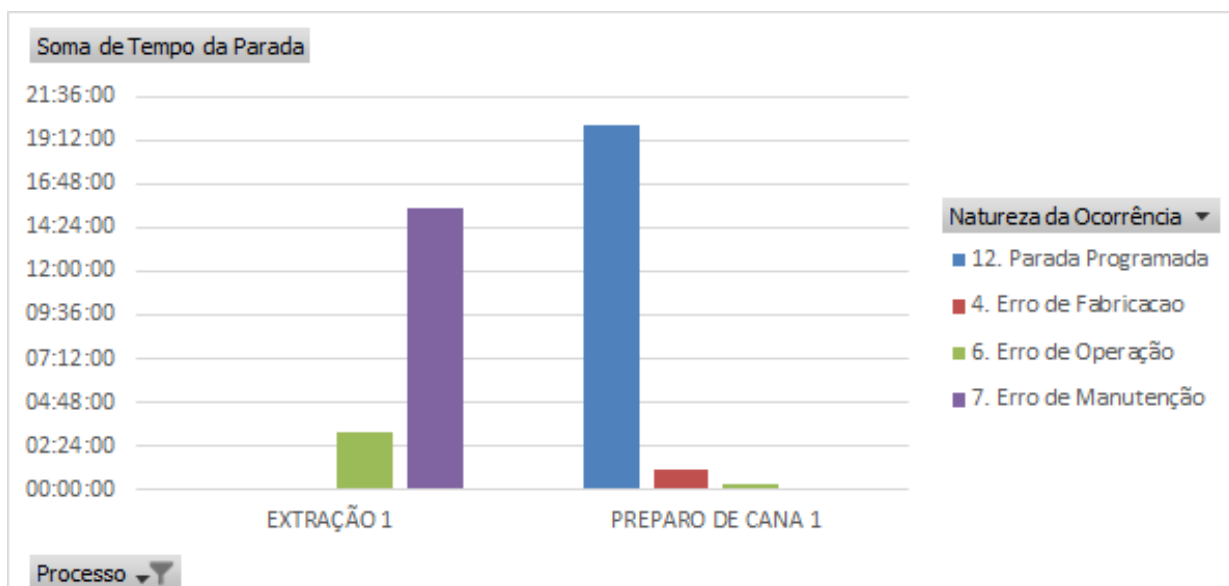
Fonte: STATUS ANÁLISE DE FALHAS. Arquivo Pessoal.

Apêndice 3 - Tempo de parada na Etapa de Extração de acordo com o responsável na safra 2019



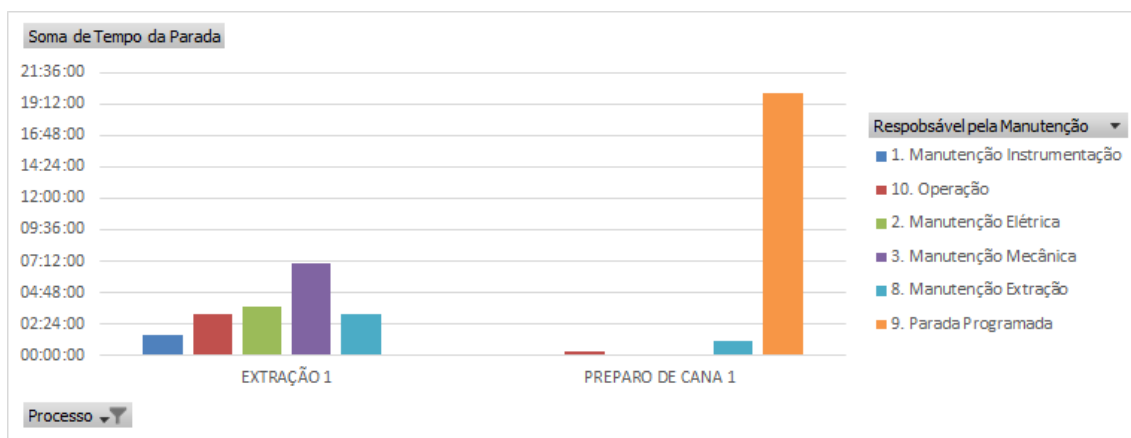
Fonte: STATUS ANÁLISE DE FALHAS. Arquivo Pessoal.

Apêndice 4 – Tempo de parada na Etapa de Extração de acordo com a natureza de ocorrência da safra 2020 até 21/09/2020





Fonte: STATUS ANÁLISE DE FALHAS-Boletim 144. Arquivo Pessoal








Apêndice 5 – Tempo de parada na Etapa de Extração de acordo com o responsável na safra 2020



Fonte: STATUS ANÁLISE DE FALHAS-Boletim 144. Arquivo Pessoal

## Apêndice 6 – Procedimento de Limpeza

PLANO DE LIMPEZA GERAL DO SETOR					Setor: Extração			
					Data da Revisão: 02/02/2021			
					Revisão: 00			
Nº	LOCAL	COMO	PRODUTO	FERRAMENTA	FREQUÊNCIA			RESPONSÁVEL
					TURNOS	DIÁRIO	POR DEMANDA	
1	PISO DO PREPARO DE 	COM AUXÍLIO DE MANGUEIRA DE ÁGUA, LAVAR O PISO	ÁGUA	LAVADORA DE ALTA PRESSÃO				
2	CONJUNTO DE PREPARO DE CANA LIMPEZA AO LADO DA ESTEIRA DE CANA DESFIBRADA	RETIRAR O EXCESSO DE BAGAÇO QUE CAI E RETORNAR ELE PARA A ESTEIRA	-		X			
3	LIMPEZA DO MOTOR DAS MESAS 	COM O AUXÍLIO DE UMA VASSOURA, REMOVER AS SUJIDADES DO LOCAL	ÁGUA			X		
4	PISO DAS MOENDAS	COM AUXÍLIO DE MANGUEIRA DE ÁGUA,	ÁGUA		X			
5	CONJUNTO CASTELOS/ MOENDAS	TERNOS	ÁGUA	LAVADORA DE ALTA PRESSÃO	X			
6		GAMELÃO			X			
7		CASTELO DAS MOENDAS			X			

8	<p>TRUCA/LAVAGEM DOS FILTROS DE ÓLEO (REDUTORES, RODETES E TURBINAS)</p> 	RETIRAR A TELA E REALIZAR A LIMPEZA COM ÁGUA ATÉ A RETIRADA DE TODO MATERIAL	ÁGUA				X	
9	<p>TURBINAS E REDUTORES DE AÇIONAMENTO</p> 	ABRIR A VÁLVULA DA CAIXA DE ÓLEO ATÉ QUE A ÁGUA SAIA	-				X	
	<p>MOTOR DAS INTERMEDIÁRIAS</p> 	COM AUXÍLIO DE MANGUEIRA DE ÁGUA, LAVAR O PISO. JOGAR ÁGUA EM BAIXO DAS TURBINAS EVITANDO MOLHAR A CARÇAÇA.	ÁGUA	MANGUEIRA DE ÁGUA			X	
	<p>PISO DAS TURBINAS</p> 	TURBINAS EVITANDO MOLHAR A CARÇAÇA.				X		
	<p>PISO DAS TURBINAS</p> 	TURBINAS EVITANDO MOLHAR A CARÇAÇA.				X		
	<p>ÁREA EXTERNA</p> <p>LOCAL DAS BOMBAS DE CALDO MISTO</p> 	VARRER REMOVENDO TODAS AS SUJIDADES. INSPECIONAR SITUAÇÃO DO MATO AO REDOR. SE ESTIVER ALTO, COMUNICAR A ZELADORIA. COM AUXÍLIO DE MANGUEIRA DE ÁGUA, LAVAR O PISO	ÁGUA	VASSOURA E MANGUEIRA DE ÁGUA			X	
	<p>ENTRADA DA EXTRAÇÃO</p> 						X	
	<p>OUTROS</p> <p>LOCAL DE DESCARTE DE MATERIAIS/RESÍDUOS</p>	SOLICITAR COLETA DO MATERIAL ACUMULADO		PONTE ROLANTE/ CAMINHÃO				
	<p>PAINEL DA EXTRAÇÃO</p>	PASSAR PANO E/OU VARRER				X		















( ) Na manutenção Autônoma, os operadores de máquinas são treinados para atuarem como mantenedores de primeiro nível, ou seja, cada operador assume suas atribuições de modo que tanto a manutenção preventiva como a de rotina estejam constantemente em ação.

( ) Um dos objetivos do método 5S é a melhora da qualidade de vida do trabalhador e a diminuição dos desperdícios na instituição.

( ) Utilização, ordem, limpeza, lubrificação e autodisciplina integram os cinco conceitos do programa 5S.

( ) Os indicadores de desempenho de manutenção são essenciais para medir e verificar o desempenho do sistema de manutenção, cujos indicadores de confiabilidade são tempo médio entre falhas (MTBF), Eficiência Geral de Equipamento (OEE), Tempo Médio entre Reparos (MTTR) e disponibilidade.

4. Numa escala de 0 a 10:

Quanto você se sente responsável pelo processo em que trabalha: \_\_\_\_\_

Quão importante é a manutenção preditiva: \_\_\_\_\_

É apto a realizar manutenções no equipamento que trabalha: \_\_\_\_\_

## Apêndice 9 – Formulário de Auditoria

## FORMULÁRIO PARA A AUDITORIA DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

<b>Unidade Área/Turma:</b>	– EXTRAÇÃO	<b>Data da Inspeção:</b>		
<b>Realizada por:</b>		<b>Inspeção Número:</b>		<b>Pontuação:</b>

<b>LIMPEZA</b>	<b>CONFORMIDADE</b>	<b>ANOMALIA</b>	<b>C R</b>
Senso de Utilização: Ambiente de trabalho (equipamentos, bancadas, mesas, armários, estantes, gavetas, pisos, janelas e etc.) está livre de materiais estranhos e não úteis ao setor? Todos os materiais apresentados são essenciais para a atividade? As ferramentas/equipamentos de trabalho estão em bom estado e têm fácil acesso? Existem meios de comunicação visual, como quadros de avisos ou mural? Está organizado e atualizado? Há poluição visual?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
Senso de Ordem: O setor está organizado? Equipamentos possuem local adequado e identificado quanto sua utilização? Existem espaços reservados para circulação e eles estão desobstruídos?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
Senso de Limpeza: O setor está limpo? Existe material disponível em local adequado para limpeza? As principais fontes de sujeira são conhecidas e controladas?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
Senso de Economia: O setor pratica economia de recursos? Redução de uso de copos descartáveis, insumos, materiais etc.	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
Há necessidade de atualização do procedimento a fim de incluir um novo local?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
O Procedimento de limpeza tem sido atendido de acordo com a frequência proposta? Os operadores têm conhecimento de todas as atividades presentes no plano?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
<b>INSPEÇÕES</b>	<b>CONFORMIDADE</b>	<b>ANOMALIA</b>	<b>C R</b>
Os formulários estão sendo preenchidos adequadamente (sem rasuras, assinados e datados)?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
As etiquetas de identificação de anomalia estão preenchidas corretamente?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
Os operadores têm conhecimento de todas as atividades presentes no plano de inspeção? Eles têm realizam todos eles?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
<b>LUBRIFICAÇÃO</b>	<b>CONFORMIDADE</b>	<b>ANOMALIA</b>	<b>C R</b>
Há resíduo de óleo e ou produtos químicos presente no solo e ou no piso sem dispositivo de proteção ou contenção? Os produtos químicos estão armazenados dentro da contenção e devidamente separados por grau de compatibilidade (consultar a FISPQ)?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		

O caderno de anomalia está sendo preenchido adequadamente (sem rasuras, assinados e datados)?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
As etiquetas estão sendo numeradas de acordo com a numeração da anomalia do caderno de anomalias?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
Os indicadores controlados estão atualizados, visto que essa atualização é feita semanalmente?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
O quadro de gestão autônoma está limpo e em local adequado? Possui display para todos os documentos expostos? Ele atende a proposta de gestão a vista do método?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
O Procedimento de Limpeza, as LPPs, o check list de inspeção e os indicadores estão expostos no quadro?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
<b>OUTROS</b>	<b>CONFORMIDADE</b>	<b>ANOMALIA</b>	<b>C R</b>
As reuniões de preparação para solução das anomalias vêm sendo feitas?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		
A equipe de Manutenção Autônoma tem conhecimento do método? Eles têm divulgado o conceito para os demais operadores?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> AP <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> N/A		

**RECONHECIMENTO DE BOAS PRÁTICAS** (Nesse campo deve ser registrado o reconhecimento de pontos positivo da área inspecionada ou de pessoas):

Responsável pela Inspeção / Acompanhantes	Assinatura

**PONTUAÇÃO (P) DA AUDITORIA** \_\_\_\_\_

Para pontuação da inspeção deve ser utilizada a seguinte fórmula:

**Nº DE SIM + Nº DE NÃO = RESULTADO**

**100 / RESULTADO x Nº DE SIM = PONTUAÇÃO**

- RUIM (P < 50%)
- REGULAR (P = 51% a 69%)
- BOA (P = 70% a 99%)
- ÓTIMA (P = 100%)

**NOTA:** O Não se Aplica (N/A) não deve ser levado em consideração na pontuação.