



ASSOCIAÇÃO EDUCATIVA EVANGÉLICA
FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA – FACEG
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

NICOLLE ALMEIDA BEZERRA

**MANUTENÇÃO PLANEJADA: UM ESTUDO SOBRE A APLICABILIDADE DA
METODOLOGIA EM UMA FÁBRICA SUCROALCOOLEIRA**

GOIANÉSIA

2022



NICOLLE ALMEIDA BEZERRA

**MANUTENÇÃO PLANEJADA: UM ESTUDO SOBRE A APLICABILIDADE DA
METODOLOGIA EM UMA FÁBRICA SUCROALCOOLEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

ORIENTADOR: MARINÊS CHIQUINQUIRÁ CARVAJAL BRAVO GOMES

GOIANÉSIA

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

B574m

Bezerra, Nicolle Almeida.

Manutenção Planejada: um estudo sobre a aplicabilidade da metodologia em uma fábrica sucroalcooleira / Nicolle Almeida Bezerra – Goianésia: Faculdade Evangélica de Goianésia, 2022 – Faceg, 2022.

45 p.; il. p&b.

Orientador: Profa. Dra. Marinés Chiquinquirá Carvajal Bravo Gomes.

Monografia de Graduação – Faculdade Evangélica de Goianésia: FACEG, 2022.

1. Manutenção Planejada 2. Indústrias Sucroalcooleiras 3. Manutenção Preventiva

I. Bezerra, Nicolle Almeida. II. Estudo da Manutenção Planejada no Setor Sucroalcooleiro.

CDU 621

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Bezerra, N. A. **MANUTENÇÃO PLANEJADA: UM ESTUDO SOBRE A APLICABILIDADE DA METODOLOGIA EM UMA FÁBRICA SUCROALCOOLEIRA.** Trabalho de conclusão Curso (Graduação em Engenharia mecânica) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia-GO, 2022.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME: NICOLLE ALMEIDA BEZERRA

GRAU: BACHAREL

ANO: 2022

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia permissão para reproduzir cópias desta Monografia de Graduação, única e exclusivamente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta Monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Nome: Nicolle Almeida Bezerra

CPF: 706.086.971-2

Endereço: Goianésia-GO

Email: nicollealmeida.b@gmail.com

NICOLLE ALMEIDA BEZERRA

**MANUTENÇÃO PLANEJADA: UM ESTUDO SOBRE A APLICABILIDADE DA
METODOLOGIA EM UMA FÁBRICA SUCROALCOOLEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Goianésia, 22 de novembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Marinés Chiquinquirá Carvajal Bravo Gomes – Orientador
Faculdade Evangélica de Goianésia

Prof. Me. Ivandro José de Freitas Rocha - Avaliador
Faculdade Evangélica de Goianésia

Prof. Me. Ariane Martins Caponi Lima - Avaliador
Faculdade Evangélica de Goianésia

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por me proporcionar o dom da vida, pela saúde e por me permitir vivenciar esse momento.

Aos meus pais, Márcia Freitas de Almeida e Edemir Bezerra, por acreditarem no meu potencial, me incentivarem e apoiarem durante toda a graduação.

A minha orientada, Prof. Dr. Marinés Chiquinquirá, por toda a paciência, apoio, disponibilidade e dedicação com que sempre se dispôs em todos os momentos para que este trabalho pudesse ser concluído.

A todos os professores que tanto me ensinaram durante toda essa jornada.

Aos meus colegas de curso, que partilhei tantas horas de estudo e que deram motivação nos momentos difíceis.

Aos colegas de trabalho, em especial Raniell Mazzily, que compartilharam conhecimento e experiência.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para esse trabalho.

MANUTENÇÃO PLANEJADA: UM ESTUDO SOBRE A APLICABILIDADE EM UMA FÁBRICA SUCROALCOOLEIRA

PLANNED MAINTENANCE: A STUDY ON THE APPLICABILITY IN A SUGAR AND ALCOHOLIC FACTORY

Nicolle Almeida Bezerra¹
Marinés Chiquinquirá Carvajal Bravo Gomes²

RESUMO

A disponibilidade dos equipamentos é essencial para as empresas, visto que a parada do processo prejudica a produção e ainda causa perdas, por isso, vê-se a preocupação em manter os equipamentos rodando. A indisponibilidade dos ativos está associada aos problemas que envolvem a manutenção das máquinas. Pensando em aumentar a produção, diminuir custos e eliminar as quebras que causam paradas emergenciais de manutenção utilizando métodos de melhoria contínua, em uma empresa no setor sucroalcooleiro, com base nos conceitos e ferramentas do *Total Production Management*, o presente trabalho tem por objetivo estudar a aplicabilidade da manutenção planejada, em máquinas de uma fábrica de açúcar e álcool, avaliando se a metodologia contribui de forma significativa para redução e/ou eliminação das quebras/falhas dos equipamentos, que ocasionam paradas emergenciais, que são caracterizadas como uma das oito maiores perdas do processo produtivo. O trabalho obteve e utilizou as informações do banco de dados da manutenção de uma empresa do seguimento sucroalcooleiro, no período de abril de 2021 a novembro de 2022 mediante ao lançamento das informações relacionadas aos seus equipamentos, efetuados pelo time de produção e de manutenção no sistema de gestão integrada da empresa. Foi possível observar ao final do trabalho a redução de 42% nas quebras e no período de paradas emergenciais ocasionadas pela manutenção, assim foi comprovado que a metodologia é exequível e quando aplicável aos equipamentos de uma indústria sucroalcooleira colabora significativamente para a redução das paradas emergenciais, consequentemente aumentando a disponibilidade das máquinas.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total. Manutenção planejada. Disponibilidade produtiva.

ABSTRACT

The availability of equipment is essential for companies, since the stoppage of the process impairs production and even causes losses, so there is a concern to keep the equipment running. The unavailability of assets is associated with problems involving machine maintenance. Thinking about increasing production, reducing costs and eliminating breaks that cause emergency maintenance stoppages using continuous improvement methods, in a company in the sugar and alcohol sector, based on the concepts and tools of Total Production Management, this work aims to objective is to study the applicability of planned maintenance, in machines of a sugar and alcohol factory, evaluating whether the methodology significantly contributes to the reduction and/or elimination of equipment breakdowns/failures, which cause emergency stops, which are characterized as one of the eight major losses in the production process. The work obtained and used information from the maintenance database of a sugar and alcohol company, from April 2021 to November 2022 through the release of information

¹ Bacharel (Engenharia Mecânica, FACEG, Brasil). Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG, Brasil). nicollealmeida.b@gmail.com

² Doutora (Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores, INPE, Brasil). Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG, Brasil). mariaeroing@gmail.com

related to its equipment, carried out by the production and maintenance team in the system integrated management of the company. At the end of the work, it was possible to observe a 42% reduction in breaks and in the period of emergency stops caused by maintenance, thus it was proven that the methodology is feasible and, when applied to the equipment of a sugar and alcohol industry, it contributes significantly to the reduction of emergency stops, consequently increasing the machine availability.

Keywords: Total Productive Maintenance. Planned maintenance. Productive availability

INTRODUÇÃO

Sendo um tema histórico no contexto brasileiro, os efeitos das empresas sucroalcooleiras na economia tanto nacional quanto internacional, geram muitas repercussões. Nesse quesito, as indústrias de açúcar e álcool visam aplicar novas tecnologias para aumentar a sua produtividade e reduzir perdas, que por consequência, promove uma ampliação dos lucros (BARROS, 2021).

Conseguir altos graus de competitividade exige a procura pela excelência da manufatura que se baseia na diminuição de perdas e no aperfeiçoamento constantes dos processos (BIASOTTO, 2006; CHIAVENATO, 1999). Para obter a elevação do rendimento dos sistemas produtivos, as empresas começam a aplicar a manutenção industrial como uma das atividades de suporte à produção para otimização dos níveis de competitividade (LUCATELLI, 2002; LAFRAIA 2008).

Alterações nos processos e na estratégia de manufatura não focam apenas em preservar as condições originais dos equipamentos, visam também proporcionar a maximização da produtividade através da redução de custos, aumento de confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos que críticos para a produção (MÁRQUEZ et al., 2009; XENOS, 2004). A perspectiva estratégica da manutenção vem sendo disseminada através de conjuntos de diversas técnicas e políticas que determinam maneiras de alcançar a atuação da produção em sistemas progressivamente mais complexos (SILVA, 2010).

Em indústrias de açúcar e álcool, os produtos são fabricados por conjuntos de equipamentos complexos interligados. O processo se inicia com o caldo extraído através da moagem de cana, esse caldo passa por uma estação de tratamento, em seguida, parte é destinado à fabricação açúcar e o restante para a produção de álcool. Em cada etapa desse processo existem equipamentos e elementos mecânicos como

bombas, correias transportadoras, eixos, trocadores de calor, compressores dentre outros.

O objetivo do estudo de caso foi avaliar a eficiência do sistema de manutenção planejada em uma fábrica sucroalcooleira situada na cidade de Goianésia no estado de Goiás conforme a estrutura de implantação disponibilizada pela metodologia TPM. Com o intuito de verificar a implementação da manutenção planejada na indústria, aprofundar a compreensão da metodologia, assim como analisar a redução do número de quebras/falhas, custos, paradas emergenciais, e o aumento da disponibilidade dos equipamentos e da produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma usina de açúcar e álcool, localizada em Goianésia-GO, durante o período de abril de 2021 a novembro de 2022, onde houve o aprimoramento do pilar de manutenção planejada, analisado com base nas evidências das ordens de serviço do software utilizado para a gestão da manutenção SAP-PM, onde serão analisados os dados.

A falha de um equipamento ou elemento pode prejudicar o desempenho de outro ocasionando complicações para o processo industrial. Existem oito grandes perdas, apresentadas na Tabela 1, que não deixam os equipamentos atingirem seu rendimento máximo de uso (SUZUKI, 1994).

Tabela 1 – As Oito Maiores Perdas da Planta – Definições e Exemplos

PERDA	DEFINIÇÃO	EXEMPLO
1. Por parada	Tempo perdido quando a produção para manutenção planejada anual ou serviços periódicos	Trabalho de parada, serviços periódicos, inspeções obrigatórias, inspeções autônomas, trabalho de reparos gerais, etc.
2. Por ajuste	Tempo perdido quando mudanças em suprimentos exigem ajustes para planos de produção	Parada por ajuste de produção, parada por redução de inventário, etc.
3. Por falha de equipamento	Tempo perdido quando o equipamento repentinamente perde suas funções específicas	Bombas com defeito, motores queimados, rolamentos danificados, eixos quebrados, etc.
4. Por falha no processo	Tempo perdido em parada devido a fatores externos como mudanças em propriedades químicas ou físicas de materiais sendo processados, erros de operação, matéria prima com defeito, etc.	Vazamentos, derramamentos, entupimentos, corrosão, erosão, poeira espalhada, má operação
5. Normal de produção	Perdas de taxa e tempo no reinício, em paradas ou trocas de fabricação	Reduções de taxa de produção durante o período de aquecimento após o início, período de esfriamento antes da parada, e mudança de produto
6. Anormal de produção	Perda de taxa que ocorre quando a planta não tem um bom desempenho devido ao mau funcionamento e anomalias	Operação com carga baixa, operação com velocidade baixa, e operação abaixo da taxa padrão de produção
7. Por defeito de qualidade	Perdas devido a produção de produtos rejeitáveis, perdas físicas de produtos rejeitados, perdas financeiras devido a qualidade abaixo do especificado	Perdas físicas e tempo devido a fabricação de produtos que não vão de encontro com os padrões de qualidade
8. Por reprocesso	Perdas de reciclagem por retornar o material ao processo	Reciclagem de produtos não conformes do processo final que reiniciam o processo para fazê-los aceitáveis

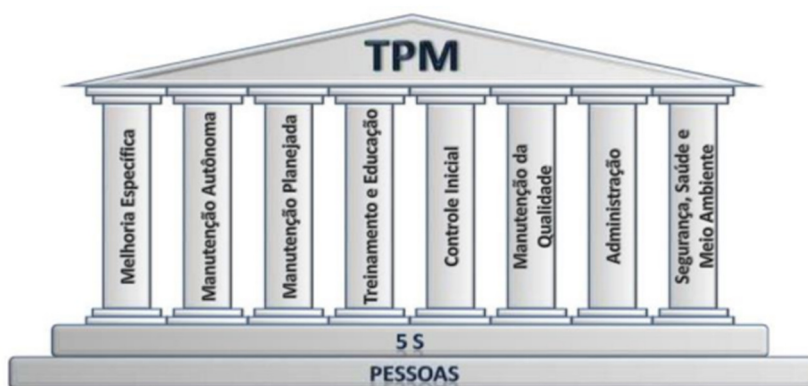
Fonte: Adaptado de SUZUKI, 1994.

O *Total Productive Maintenance* (TPM) é uma metodologia de gestão que tem como objetivo eliminar perdas, procurando garantir a máxima funcionalidade dos ativos mediante ao envolvimento de pessoas. É uma ferramenta contida no *Lean Manufacturing* (Fabricação Enxuta), ou ainda *Lean Thinking* (Pensamento Enxuto) que é uma maneira de otimizar e fabricar sem pausas nos processos (WERKEMA, 2021).

Para alcançar resultados efetivos, a metodologia teve que ser fragmentada em partes e cada uma ganhou o nome de pilar. Cada pilar é composto por conceitos e ferramentas que auxiliam a reduzir desperdícios e perdas que podem ocasionar a redução da eficiência dos ativos no processo produtivo e para construir um sistema eficiente e organizado. Segundo Nakajima (1989) há fundamentos que toda a empresa deve analisar ao implantar a metodologia TPM, quais foram chamados de pilares de sustentação do TPM, conforme apresentado na Figura 1.

Segundo Suzuki (1994) as tarefas elaboradas nos pilares foram determinadas para se obter ótimos resultados quando usadas de maneira apropriada, já que são a fundação e o suporte para o progresso de qualquer programa de sucesso do TPM.

Figura 1 – Pilares de sustentação do TPM



Fonte: Pinto (2017)

A manutenção planejada, que segundo Suzukki (1994) tem como propósito estabelecer e manter as condições tanto de processo quanto de equipamento, consequentemente reduzindo custos e mantendo os sistemas de manutenção em melhoria contínua. Nesse sentido, a manutenção precisa planejar e estabelecer de forma sistemática todas as atividades de manutenção planejada. E ainda é ressaltado pelo autor seis passos que constituem uma base excepcional para alcançar a quebra/falha zero e que sustentam à metodologia da manutenção planejada, onde todos os passos possuem atividades próprias que necessitam ser executadas para que se conquiste os resultados desejados.

Conforme apresentado anteriormente, o TPM é uma ferramenta que promove um ponto de vista inovador para maximizar a eficiência do equipamento, eliminando danos e promovendo uma manutenção autônoma da operação durante as tarefas diárias. Nesse sentido, a manutenção precisa planejar e estabelecer de forma sistemática todas as atividades de manutenção planejada. O desenvolvimento do pilar de manutenção planejada é constituído por seis passos, apresentados na Tabela 2, que constituem uma base excepcional para alcançar a quebra/falha zero e que sustentam a metodologia da manutenção planejada, onde todos os passos possuem atividades próprias que necessitam ser executadas para que se conquiste os resultados desejados.

Tabela 2 – Passo a passo do desenvolvimento do pilar Manutenção Planejada

PASSOS DO PILAR MANUTENÇÃO PLANEJADA	ATIVIDADES PERTENCENTES AO PASSO
Passo 1: Avaliar o equipamento e entender as condições atuais	<ul style="list-style-type: none"> - Classificação de criticidade ABC dos equipamentos - Estruturação da manutenção - Cadastro técnico do equipamento - Classificação da quebra/falha - Indicadores de manutenção
Passo 2: Restaurar a deterioração e corrigir os pontos fracos	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelecer as condições básicas, reverter as deteriorações e eliminar as causas de deterioração acelerada (suporte à manutenção autônoma); - Tomar medidas para evitar repetição de falhas graves;
Passo 3: Construir um sistema de gerenciamento de informação	<ul style="list-style-type: none"> - Construir sistema para gestão de informações - Gerenciar os dados de quebra/falha - Construir sistema de gerenciamento de orçamento; - Construir um sistema para controlar peças de reposição e unidades reservas
Passo 4: Construir um sistema de manutenção periódica	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar e/ou atualizar os planos de manutenção preventivos e os padrões de manutenção
Passo 5: Construir um sistema de manutenção preditiva	<ul style="list-style-type: none"> - Definir as técnicas preditivas a serem utilizadas - Aplicação de tecnologias de diagnóstico preditivo
Passo 6: Avaliar o sistema de manutenção planejada	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar um diagnóstico da implantação, avaliando economia dos custos de manutenção, melhoria da confiabilidade e número de falhas

Fonte: Adaptado de SUZUKI, 1994, p.160.

As atividades de manutenção planejada baseiam-se do grau da manutenção da máquina em cada lugar. Indústrias com um sistema de manutenção debilitado e com quebras constantes necessitam que a implementação seja feita passo a passo.

Já indústrias com um sistema mais robusto, podem se concentrar nos passos que resultarão na redução de quebra e melhoria de desempenho (SUZUKI, 1994).

Na empresa estudada, o sistema de manutenção planejada é moderadamente estruturado, por isso foram realizados ajustes no pilar MP para que houvesse avanço na performance.

Passo 1: avaliar e entender a situação atual: A base para implantação da manutenção planejada é avaliar e entender a sua estruturação atual e corrigir os pontos necessários. O propósito é realizar a catalogação dos equipamentos e entender como cada um se encontra. Por utilizar recursos humanos e financeiros que são limitados, é necessário que a manutenção realize a priorização dos equipamentos, de forma a considerar todo o seu impacto no processo de produção. Depois da avaliação de criticidade dos equipamentos, deve-se estruturar a estratégia de manutenção que será adotada em cada máquina, que é próprio de cada empresa. Para as avaliações dos equipamentos, é importante ter: a) Cadastro técnico, que engloba as informações básicas, históricos de manutenção e de operação do equipamento, que vão contribuir na avaliação do equipamento; b) Classificação de quebra/falha, ter bem definido o que é quebra e as ações tomadas após a quebra, como por exemplo a Análise de Falha, e c) Indicadores de manutenção, que serão as métricas da confiabilidade, e além de essenciais para tomadas de decisões, também são a base do gerenciamento da manutenção.

Passo 2: reverter a deterioração e corrigir as fraquezas: Aqui a manutenção autônoma possui um apoio essencial da manutenção, já que as anomalias precisam ser eliminadas e garantir que a máquina esteja em condições ideais para funcionamento. Deve-se trabalhar nesse passo, duas atividades: a) Restauração da deterioração forçada, com a manutenção atuando juntamente à operação, com os operadores trabalhando em contato do equipamento na maior parte da sua jornada, que é essencial para a verificação das anomalias, e também a manutenção deve repassar seus conhecimentos para que os operadores estejam capacitados e resolvam pequenos problemas; b) Garantir que não haja repetição da quebra/falha, com o intuito de conhecer a causa raiz que originou a quebra/falha para definir ações que impeçam que ela reapareça.

Passo 3: construir um sistema de gerenciamento da manutenção: Na indústria se tem uma vasta variedade de equipamentos, onde cada um deles necessita de regimes de manutenção diferentes e controlar essas informações de forma manual é impraticável. Assim, se deve definir um sistema que torne mais fácil o acesso e a confiabilidade de todos os dados. As desenvolvidas para esse passo são: a) Criar um sistema para o controle dos dados e que sempre precisar estejam de forma organizada para facilitar a busca, e que seja confiável para gerar relatórios e tomar decisões; b) Controlar os dados/falhas com apoio de relatórios diários e acumulativos; c) Controlar orçamento e gastos debitados nas contas de manutenção; d) Criar um sistema que tenha uma boa ligação com o suprimentos, d) Criar um sistema para acompanhar junto a parte de suprimento as peças de reposição, demanda etc.

Passo 4: construir um sistema de manutenção periódica: A base da estruturação da manutenção preventiva são os planos de manutenção, que nada mais é que um escopo com atividades pré-definidas que segue intervalos periodizados para realização. Com isso, a manutenção consegue antecipar e evitar quebras ou desgastes que poderiam ocorrer nas máquinas, mantendo as condições básicas delas.

Criar planos de manutenção preventivos, dependem não só quantidade dos dados dispostos dos equipamentos, mas também da qualidade, normalmente as seguintes perguntas devem ser respondidas: a) serão feitas quais manutenções? b) quais os equipamentos? c) qual a periodicidade? d) quem irá realizar? e) como serão realizadas? f) qual será a duração?

Sabe-se que uma atividade planejada pode ser realizada de maneira mais rápida, segura e com mais qualidade do que uma atividade emergencial com o intuito de corrigir uma falha, por isso é imprescindível criar planos de manutenção e garantir a execução de forma adequada (TAKAHASHI e OSADA, 2015).

Para certificar que o sistema de manutenção periódica garanta a qualidade das atividades de manutenção, com as referências de materiais, limites aceitáveis e procedimentos especificados para a execução, é necessária uma estrutura da equipe de engenharia e definido suas responsabilidades, conforme detalhado no Quadro 1.

Quadro 1 – Matriz de responsabilidades da engenharia da manutenção da empresa estudada.

Atividade	Função
Gestor de engenharia	Garantir que os procedimentos dos processos descritos abaixo sejam executados.
	Representar os interesses da engenharia na empresa.
	Planejar o desenvolvimento das atividades de engenharia de manutenção.
Engenheiros	Realizar projetos de engenharia para fabricação e montagem de equipamentos.
	Estabelecer e revisar planos de manutenção dos equipamentos.
	Estabelecer e revisar rotas de inspeção dos equipamentos.
	Estabelecer e revisar procedimentos de intervenção de manutenção nos equipamentos.
	Gerenciar as análises de falhas simplificadas.
	Realizar análises de falha grave seguindo os critérios estabelecidos neste documento.
	Através de manutenções planejadas aumentar a confiabilidade de equipamentos críticos.

Fonte: Cedido pela empresa em estudo, 2022

Passo 5: construir um sistema de manutenção preditiva: Também conhecida como manutenção baseada na condição, a manutenção preventiva realiza análises periódicas para averiguar as condições atuais em que o funcionamento do equipamento se encontra.

Essa manutenção ocorre quando se encontra um desvio nas condições de funcionamento dos equipamentos. A inspeção preditiva realizada pelo mantenedor seja ela interna ou externo, inspecionando diversos componentes previamente planejados e com periodicidade definida é umas das ferramentas para verificar as condições dos equipamentos com ferramentas específicas e de alta precisão, já a outra é inspeção autônoma, onde o operador realiza inspeções de alguns componentes enquanto realiza a limpeza.

O objetivo da implantação da preditiva é acompanhar a situação dos ativos realizando uma predição das falhas iniciais e com isso, controlar o melhor momento da intervenção do time de manutenção no equipamento.

Existem diversas técnicas de preditivas disponíveis para prevenir quebras/falhas, só que não existe a necessidade de utilizar todas no mesmo equipamento. É necessário verificar o custo-benefício e analisar se a técnica se aplica de verdade ao equipamento. Como as técnicas preditivas têm um alto custo, são implantadas normalmente nos equipamentos de classes A, mas se for necessário e tiver recursos pode ser realizada também em equipamentos classe B, porém não é aconselhado utilizar as técnicas em equipamentos classe C.

Passo 6: Avaliar o sistema de manutenção planejada: Todo modelo de gestão quando implantado pode trazer com si erros que afetam os resultados esperados, por isso é essencial a comprovação da colaboração das atividades de manutenção das etapas anteriores para atingir os resultados, verificar possíveis desvios e criar oportunidades de melhoria, garantindo a melhoria contínua.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados analisados são de abril/2021 – novembro/2021 e abril/2022 – novembro/2022, visto que a indústria trabalha com o período de safra e entressafra. Na safra (período de abril a novembro) tem-se os equipamentos em uso, e durante a entressafra (dezembro a março) são realizadas as manutenções nesses equipamentos que sofreram desgaste durante a safra.

A implantação da manutenção planejada seguiu os passos descritos na metodologia. O modelo como foram implementados e os resultados obtidos, podem ser observados abaixo.

Passo 1: avaliar e entender a situação atual: Foi implementado uma nova regra de avaliação de criticidade dos equipamentos. Ponto bastante relevante para concentrar as atividades do pilar nas partes mais importantes do processo.

Na definição de criticidade equipamentos industriais, utiliza 4 atributos considerados importantes para o negócio. Para cada atributo foi estabelecido pesos de acordo com a importância para o processo industrial.

Com os critérios definidos, serão atribuídas notas para todos os equipamentos, resultando em uma classificação A, B e C que será fundamental para determinar a abordagem de manutenção do ativo analisado.

Foi estabelecido parâmetros para a classificação das falhas graves, médias e leves. Um passo extremamente importante, visto que análises de falhas conduzidas após falhas graves podem evitar a reincidência de quebras. Também foi instalado um modelo de análise da falha simplificado, onde todos os episódios de falhas deverão ter a causa raiz do problema buscadas pelo mantenedor, e as análises de falhas graves serão conduzidas pelo Especialista de Manutenção do setor de Engenharia.

Passo 2: reverter a deterioração e corrigir as fraquezas: A maior modificação no sistema de manutenção planejada foi promovida nesse passo, com o propósito de apoiar o pilar de manutenção autônoma que busca a recuperação das condições básicas dos equipamentos. Foram designados mantenedores de todas as oficinas (mecânica, caldeiraria, instrumentação e elétrica) para serem responsáveis por equipamentos definidos pela manutenção autônoma, acompanhando diariamente as máquinas junto ao grupo autônomo contribuindo para o desenvolvimento dos operadores que passaram a ter um olhar criterioso e deixaram de negligenciar as inspeções preventivas, onde alguma das vezes não era realizada com o padrão esperado.

Passo 3: construir um sistema de gerenciamento da manutenção: Por utilizar o software de manutenção SAP-PM, não foi necessário realizar alterações nesse passo, considerando o sistema já possui uma boa interatividade com o setor de suprimentos e controladoria, facilitando o controle das informações de necessidades de peças e da gestão orçamentária da manutenção. A base de dados utilizadas para os resultados de trabalho foi retirada do sistema em questão.

Passo 4: construir um sistema de manutenção periódica: Nesse passo foi realizado a estruturação da equipe de engenharia e definido suas responsabilidades, para garantir que o sistema de manutenção periódica garantisse a qualidade das atividades de manutenção especificando as referências de materiais, limites aceitáveis e procedimentos para a execução.

Passo 5: construir um sistema de manutenção preditiva: Nesse foram realizados pequenos ajustes, já que as premissas da metodologia eram parcialmente atendidas. Termografia, boroscopia, análise de vibração, medição de espessura por ultrassom, inspeção com líquidos penetrantes são alguns exemplos das técnicas de manutenção preventivas que são utilizadas pela empresa estudada. Para melhorar o

acompanhamento das preditivas, foi criado um indicador contendo todas as ordens abertas durante as inspeções, para garantir que todos os desvios fossem corrigidos.

Passo 6: avaliar o sistema de manutenção planejada: Nesse passo foi trabalhado a melhoria contínua dos processos, em que foi reavaliado o sistema de manutenção planejada e estabelecido metas para a safra 2023, sendo elas:

- Reduzir o número de quebras/falhas totais em 15% em relação ao ano de 2022. Nos resultados desse trabalho, é mostrado a comparação do número de quebras/falhas de 2021 para 2022, e é visto que o intuito dessa meta é envolver cada vez mais os mantenedores na redução das perdas por falha das máquinas.

- Atingir no mínimo 85% de aderência à programação semanal.

- Backlog com o índice de no máximo duas vezes o tempo da programação de cada oficina. Nesse caso, as oficinas de mecânica, elétrica, instrumentação e automação trabalharam com no máximo 14 dias, visto que a programação é semanal, e a oficina de caldeiraria com no máximo 30 dias, por realizar a programação quinzenalmente devido programar serviços grandes que não conseguem ser realizados em apenas uma semana.

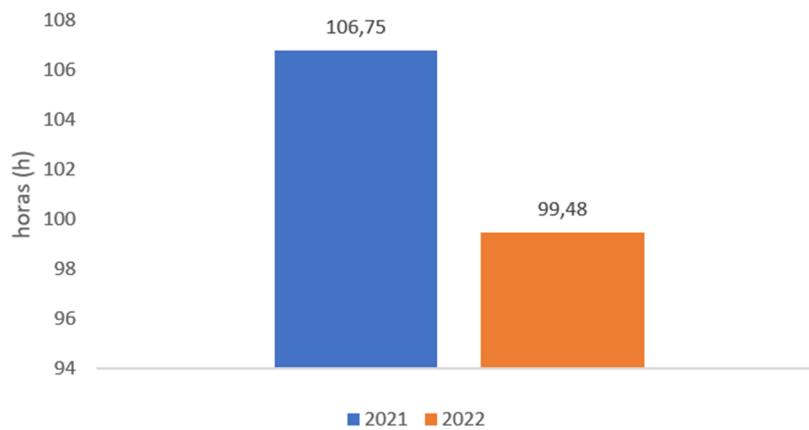
- Atuar com 80% das horas homem de manutenção em atividades planejadas e os 20% restantes serão destinados a corretivas e atividades emergenciais decorrentes de falhas dos equipamentos.

Com a aplicação dos passos mostrados, houve melhorias conforme apresentadas abaixo.

A redução do tempo e quantidade de paradas da indústria reflete em uma maior disponibilidade dos equipamentos e na redução de custo, visto que cada hora parada da indústria equivale a aproximadamente R\$200.000,00. Na figura 2 é apresentado a relação de horas paradas que ocorreram em 2021X2022, já na Figura 3 é apresentado a relação de quantidade de paradas que ocorreram em 2021X2022. Importante salientar, que as paradas consideradas são apenas ocasionadas pela manutenção (mecânica, elétrica e instrumentação. Observa-se que houve uma queda na quantidade de paradas de 129 em 2021 para 102 em 2022, isso significa uma redução de aproximadamente 20% de uma safra para outra. Falando em horas paradas, houve uma redução de 106,75 horas em 2021 para 99,48 horas em 2022,

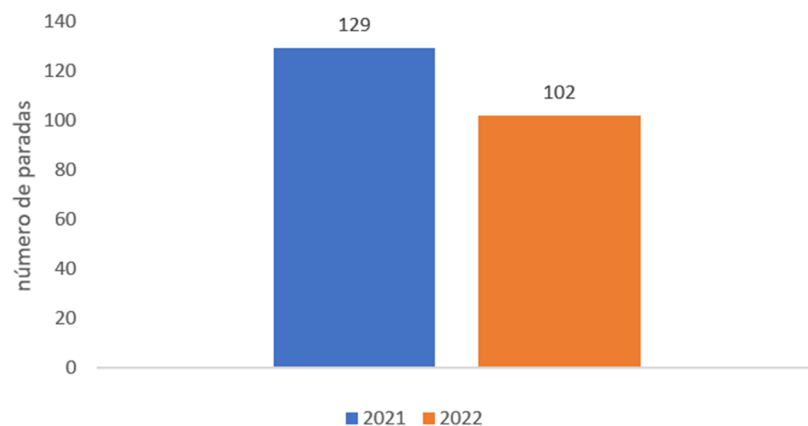
sendo assim, houve uma economia de R\$1.454.000,00 considerando a redução de 7,27 horas de uma safra para outra.

Figura 2 – Horas paradas da Industria 2021X2022



Fonte: Autora, 2022.

Figura 3 – Quantidade de paradas da Industria 2021X2022

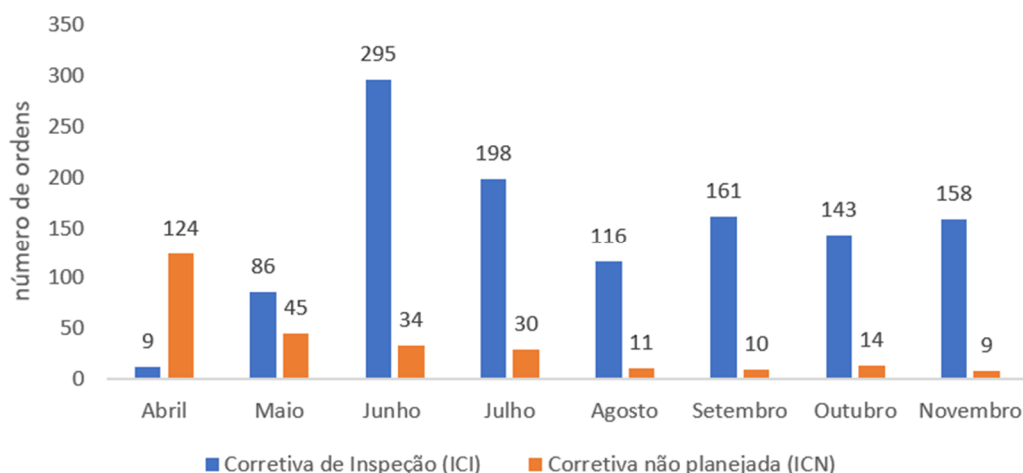


Fonte: Autora, 2022.

Assim como as paradas, a quantidade de quebras também reflete na disponibilidade da indústria. A empresa analisada utiliza o código ICN (corretiva não planejada) para as ordens de quebra, porém, também é realizado o controle de ICI (corretiva de inspeção) que são as atividades decorrentes das inspeções preventivas e preditivas, dentro dessas ICI's, o time de engenharia analisa a quantidade de quebras evitadas.

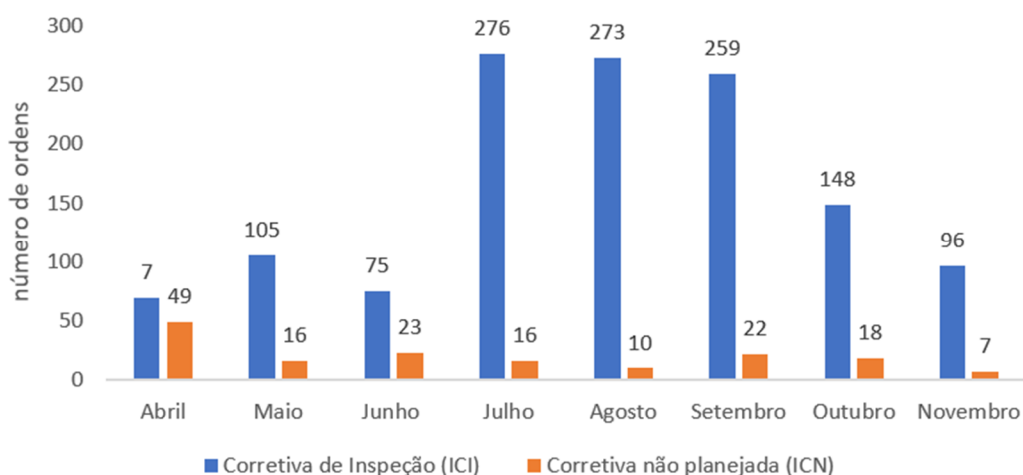
No Figura 4 é mostrado a quantidade de quebras (ICN) e a quantidade de corretivas de inspeção (ICI) que evitaram quebras eminentes referentes ao ano de 2021. No Figura 5, são mostrados os mesmos dados para o ano de 2022.

Figura 4 – Corretiva de Inspeção (ICI) X Corretiva não planejada (ICN) ano de 2021



Fonte: Autora, 2022.

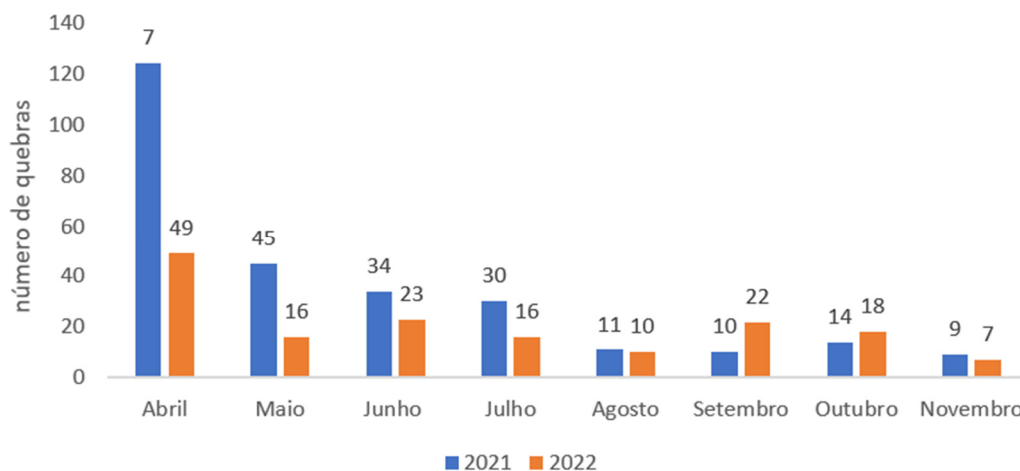
Figura 5 – Corretiva de Inspeção (ICI) X Corretiva não planejada (ICN) ano de 2022



Fonte: Autora, 2022.

Observa-se que conforme a quantidade de atividades vindas das inspeções preventivas aumentam, as atividades de quebras diminuem. O número de quebras total da safra de 2021 foi de 277, enquanto na safra de 2022 foi de 161, tendo uma redução de 42%, conforme apresentado na Figura 6, o número de ordens de inspeção aumentou.

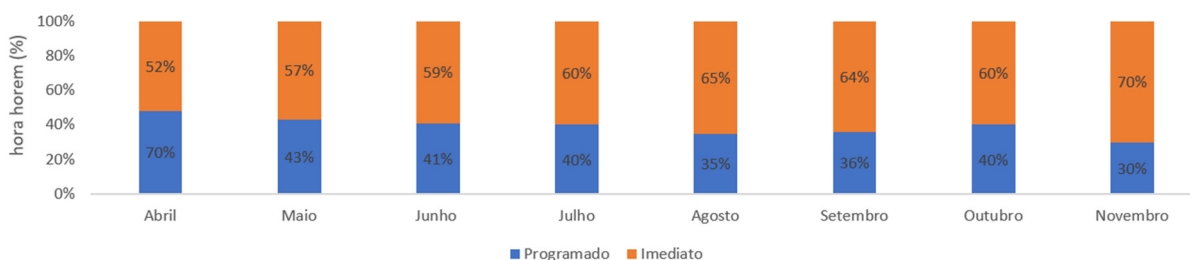
Figura 6 – Número de quebras por mês 2021X2022



Fonte: Autora, 2022.

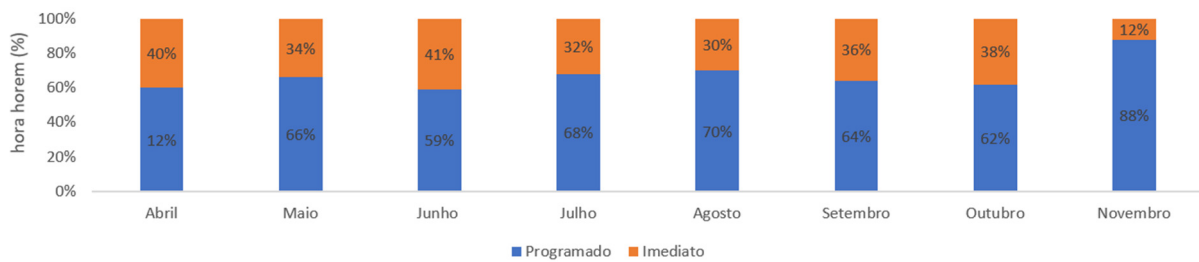
Outro indicador observado são a hora homem gasto em manutenções programadas e imediatas. A tendência de uma empresa com a manutenção planejada bem desenvolvida é ter o maior número de horas programadas do que atendimentos emergenciais. Na Figura 7, é mostra o percentual de hora homem gasto em atendimentos programados e atendimentos imediatos. Na Figura 8 é mostrado o mesmo para o ano de 2022. Analisando os dois anos, é visto que na maioria dos meses, houve um aumento na quantidade de horas gastas em atividades programadas, e conseqüentemente a redução das horas gastas nas atividades emergenciais.

Figura 7 – Hora homem programado X Hora homem Imediato 2021



Fonte: Autora, 2022.

Figura 8 – Hora homem programado X Hora homem Imediato 2022



Fonte: Autora, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho estudou a aplicabilidade do pilar Manutenção Planejada do TPM na indústria no segmento sucroalcooleiro.

A metodologia do TPM proposta para a implantação da manutenção planejada apresentou-se apropriado e funcional quando executado por meio dos seis passos para o desenvolvimento do pilar. A segmentação em passos da implantação da metodologia se mostrou útil, pois possibilitou a compreensão da metodologia de forma fragmentada, por proporcionar uma disciplina no time de manutenção que seguiu as premissas propostas pela metodologia. As tarefas de cada passo mostraram-se adequadas e executáveis quando associadas com a realidade encontrada nos equipamentos.

O estudo revelou que a implementação da manutenção planejada beneficiou a empresa estudada. Após a implementação da metodologia foi observado redução na quantidade de paradas de 129 em 2021 para 102 em 2022, que significou uma redução de aproximadamente 20% de uma safra para outra. Também houve uma redução de 106,75 horas em 2021 para 99,48 horas em 2022, sendo assim, houve uma economia de R\$1.454.000,00 considerando a redução de 7,27 horas de uma safra para outra.

Mostrou-se significativo visto que as indústrias precisam alcançar o máximo de resultado dos seus recursos, incluindo matérias-primas, capital, mão de obra e dos ativos para se sobressair frente ao mercado.

REFERÊNCIAS

BARROS, J.L.O. **Implementação de manutenção planejada em máquinas do setor de empacotamento na usina sucroalcooleira Jalles Machado.** Trabalho de conclusão Curso (Graduação em Engenharia mecânica) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia-GO, 2021.

BIASOTTO, E. **Aplicação do BSC na gestão da TPM: estudo de caso em indústria de processo.** 2006. 170 p. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CHIAVENATO, I. **Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações.** Rio de Janeiro: Campus, 1999. 524 p.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

LUCATELLI, M. V. **Proposta de Aplicação de Manutenção Centrada em Confiabilidade em Equipamentos Médico-Hospitalares.** Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MÁRQUEZ, A. C. et al. **The maintenance management framework. A practical view to maintenance management.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, London, 17 mar. 2009. v. 15, n. 2, p. 167-178.

MARTINS, G. D. A. **Estudo de Caso: Uma estratégia de Pesquisa.** 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM total productive maintenance.** São Paulo: IMC, 1989.

PINTO, D. **Estudos Mecânicos,** 2017. Disponível em: <<https://estudosmecanicos.blogspot.com/2017/01/os-oito-pilares-da-tpm.html>>. Acesso em: 17 set. 2022.

SILVA A.C. M. **Modelo para o planejamento de manutenção baseado em parâmetros de degradação.** 2010. 116 p. Tese (Mestrado em Manutenção Industrial) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2010.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** Belo Horizonte. Nova Lima: IDNG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

SUZUKI, T. **TPM in process industries.** New York: Productivity Press, 1994.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total.** 7ª. ed. São Paulo: IMAN, 2015.

WERKEMA, C. **Lean Seix Sigma**: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. 2. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2021.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: Planejamento e Métodos. 5^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.