

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR

JOÃO PEDRO TANNOURI PASTUCH

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE MANUTENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE
CARVÃO ATIVADO**

FRANCISCO BELTRÃO - PR

2025

JOÃO PEDRO TANNOURI PASTUCH

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE MANUTENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE
CARVÃO ATIVADO**

Determination of maintenance indexes in an activated carbon industry

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Dr. Douglas da Costa Ferreira

FRANCISCO BELTRÃO - PR

2025



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JOÃO PEDRO TANNOURI PASTUCH

**DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE MANUTENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE
CARVÃO ATIVADO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Química da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação 30/junho/2025

Prof. Dr. Douglas da Costa Ferreira
Doutorado em Engenharia Mecânica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Maiquiel Schmidt de Oliveira
Doutorado em Engenharia de Produção
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Vilmar Steffen
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

FRANCISCO BELTRÃO - PR

2025

RESUMO

Este estudo tem como objetivo determinar os índices de manutenção em uma indústria produtora de carvão ativado, aplicando conceitos como a Eficiência Global dos Equipamentos (Overall Equipment Effectiveness – OEE). A pesquisa foi desenvolvida por meio de estudo de caso em uma empresa de carvão ativado, localizada em Guarapuava – PR, com coleta de dados reais de falhas, paradas e produtividade dos equipamentos. A metodologia envolveu a análise dos principais tipos de manutenção (corretiva, preventiva, preditiva e centrada na confiabilidade), levantamento dos equipamentos industriais e aplicação de indicadores de desempenho. Os resultados apontaram um OEE de 73,55%, com destaque para a boa disponibilidade dos equipamentos, porém com oportunidades de melhoria em desempenho e qualidade. O estudo conclui que o monitoramento contínuo dos indicadores e a implementação de práticas de manutenção preventiva são fundamentais para aumentar a eficiência e a competitividade da empresa. Os dados apresentados servem de base para o planejamento estratégico da manutenção, contribuindo para a redução de custos e paradas não planejadas.

Palavras-chave: manutenção industrial; carvão ativado; OEE; eficiência; planejamento de manutenção.

ABSTRACT

This study aims to determine maintenance indices in an activated carbon production industry by applying concepts such as Overall Equipment Effectiveness (OEE). The study was conducted through a case analysis in an activated carbon company, located in Guarapuava – PR, using real data on equipment failures, downtime, and productivity. The methodology involved an overview of key maintenance strategies (corrective, preventive, predictive, and reliability-centered), equipment assessment, and the application of performance indicators. The results indicated an OEE of 73.55%, highlighting good equipment availability, but revealing opportunities for improvement in performance and quality. The study concludes that continuous monitoring of indicators and the implementation of preventive maintenance practices are essential to increasing the company's efficiency and competitiveness. The findings provide a foundation for strategic maintenance planning, contributing to cost reduction and minimization of unplanned downtimes.

Keywords: industrial maintenance; activated carbon; OEE; efficiency; maintenance planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fábrica de carvão ativado	32
Figura 2 – Carvão ativado em pó	33
Figura 3 – Carvão ativado 20x40 mesh.....	34
Figura 4 – Carvão ativado 6x10 mesh	34
Figura 5 – Carvão ativado 3x6 mesh	35
Figura 6 – Carvão ativado 2x4 mesh	36
Figura 7 – Layout da empresa.....	36
Figura 8 - Fluxograma da produção	37
Figura 9 – Caldeira ativadora	38
Figura 10 – Reator (forno).....	39
Figura 11 – Eixo transportador	40
Figura 12 – Moinho de martelo.....	40
Figura 13 – Martelos.....	41
Figura 14 – Telas de granulometria (moinho)	42
Figura 15 – Peneira vibratória	42
Figura 16 – Telas de granulometria (peneira vibratória)	43
Figura 17 – Cintas da peneira.....	44
Figura 18 – Filtro manga	44
Figura 19 – Porcentagens de paradas e suas causas.....	50
Figura 20 – Porcentagens de tempo médio das paradas.....	51
Figura 21 – Porcentagens de tempo de paradas totais comparado a paradas corretivas	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados da produção mensal da empresa.....	46
Tabela 2 – Dados das paradas da empresa	50
Tabela 3 – Dados dos tempos de paradas	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Problema	12
1.2 Justificativa	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivo Específicos	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 Conceito da manutenção	15
3.2 Manutenção corretiva	16
3.3 Manutenção preventiva	17
3.4 Manutenção preditiva	17
3.5 Manutenção centrada na confiabilidade (RCM)	18
3.5.1 Análise de falhas na implementação da RCM	19
3.6 Manutenção Produtiva Total (TPM)	19
3.6.1 Eficiência global de equipamentos (OEE)	21
3.7 Segurança e saúde no trabalho (SST)	21
3.7.1 Organização Internacional do Trabalho (OIT)	22
3.8 Planejamento da manutenção	23
3.9 Treinamento da equipe de manutenção	25
3.9.1 Introdução dos trabalhadores no programa de treinamento	25
3.10 Indicadores de manutenção	26
3.10.1 Eficiência global de equipamentos (OEE)	26
3.10.2 Disponibilidade	27
3.10.3 Performance	28
3.10.4 Qualidade	28
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
4.1 Equipamentos e processos da empresa	29
4.2 Critérios e procedimentos para manutenção	29
4.3 Cronograma de manutenção	30
4.4 Comparar os custos de manutenção preventiva e corretiva	30
4.5 Custos e treinamento	30
4.6 Indicadores de Manutenção	31
4.7 Cálculo dos Indicadores de Manutenção	31
5 DESENVOLVIMENTO	32
5.1 Apresentação da empresa	32
5.1.1 Lista de produtos	32
5.1.1.1 Carvão ativado em pó	33
5.1.1.2 Carvão ativado com granulometria 20x40 Mesh	33
5.1.1.3 Carvão ativado com granulometria 6x10 Mesh	34

5.1.1.4 Carvão ativado com granulometria 3x6 Mesh	35
5.1.1.5 Carvão ativado com granulometria 2x4 Mesh	35
5.2 Layout da empresa	36
5.3 Fluxo de produção.....	37
5.4 Lista de equipamentos	38
5.4.1 Caldeira ativadora	38
5.4.2 Reator (forno).....	39
5.4.3 Eixo transportador	39
5.4.4 Moinho de martelo.....	40
5.4.5 Martelos.....	41
5.4.6 Telas de granulometria.....	41
5.4.7 Peneira vibratória	42
5.4.8 Telas de granulometria.....	43
5.4.9 Cintas da peneira	43
5.4.10 Filtro manga	44
5.5 Tipo de manutenção de cada equipamento	45
5.6 Funcionários que realizam as manutenções	45
5.7 Vendas	45
6 RESULTADOS.....	47
6.1 Índice de Paradas das máquinas (indicador da gestão da manutenção)	47
6.2 Tempo médio de parada	47
6.2.1 Definição do tempo médio de parada.....	47
6.2.2 Processo de coleta de dados	48
6.2.3 Cálculo do tempo médio de parada.....	49
6.3 Cálculo do OEE (Overall Equipment Effectiveness).....	53
6.3.1 Disponibilidade	53
6.3.2 Desempenho	54
6.3.3 Qualidade	54
6.3.4 Calcular OEE	55
6.3.5 Análise dos resultados de OEE	55
6 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE A - EQUIPAMENTOS	60
APÊNDICE B - Lista de parada: NOVEMBRO.....	62

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Almeida (2015), a manutenção industrial é uma prática desenvolvida para garantir que máquinas e equipamentos operem corretamente, prolonguem sua vida útil e evitem paradas não planejadas. A história da manutenção industrial remonta ao início do século XX, quando a mecanização industrial começou a se desenvolver. Porém, foi somente após a Segunda Guerra Mundial que a manutenção industrial começou a ser vista como uma atividade estratégica para as empresas, pois as paradas de máquinas poderiam significar perdas financeiras significativas. Desde então, a manutenção industrial mudou significativamente com as inovações tecnológicas e mudanças nos padrões de produção.

Atualmente, a manutenção industrial é uma atividade altamente especializada que envolve o uso de tecnologias avançadas, como manutenção baseada em condições do equipamento, ou seja, manutenção preditiva. É uma área em constante evolução, que se adapta às novas tecnologias e práticas para garantir a eficiência e a longevidade dos equipamentos industriais (FOGLIATTO, 2009).

A manutenção preventiva tornou-se uma prática comum, com as empresas realizando verificações regulares para prevenir falhas antes que elas ocorram. Além disso, a manutenção preditiva, que utiliza dados de monitoramento para prever possíveis falhas, também está ganhando popularidade. A automação desempenha um papel importante na manutenção industrial, permitindo uma resposta mais rápida e eficiente a problemas potenciais. Além disso, a manutenção industrial agora também se concentra na sustentabilidade, procurando maneiras de minimizar o impacto ambiental das operações industriais (Alberto e Freitas *et al.*, 2020).

Esse estudo aplicou conceitos de manutenção industrial em uma empresa de fabricação de carvão ativado e determinou os índices de manutenção para essa empresa. Dessa maneira, foi realizado um contato com a empresa de carvão ativado, localizada em Guarapuava; a empresa se disponibilizou a fornecer os dados necessários dos índices de manutenção dos equipamentos, baseado em uma metodologia científica e em ferramentas adequadas.

Espera-se que o presente estudo possa contribuir para que a empresa conheça seus índices de manutenção e que possa fazer planos de manutenção futuros baseados nesses índices.

1.1 Problema

A manutenção industrial possui papel estratégico em indústrias do setor de carvão ativado, que operam em condições de processo abrasivo e elevado desgaste mecânico. A confiabilidade dos equipamentos e a redução de paradas não programadas são essenciais para garantir produtividade, qualidade do produto e competitividade no mercado. A gestão estruturada da manutenção, com definição clara de índices e estratégias, contribui para reduzir custos operacionais e otimizar o uso dos ativos produtivos.

A empresa, na qual está sendo realizado o estudo de caso, nunca recebeu uma consultoria para determinar os índices de manutenção de seus equipamentos, dessa maneira, não existe uma definição correta da metodologia de manutenção para essa empresa.

A empresa não conhece os índices de disponibilidade de seus equipamentos, o que pode afetar a capacidade produtiva da empresa. A falta de determinação dos índices de manutenção pode afetar de forma secundária alguns aspectos importantes para a empresa, como lucratividade, competitividade e satisfação dos clientes.

1.2 Justificativa

A manutenção de equipamentos é uma prática importante para garantir a eficiência e a durabilidade dos equipamentos. No caso de empresas que trabalham com carvão ativado, a manutenção é ainda mais importante, pois os equipamentos são submetidos a condições extremas de trabalho. A falta de manutenção pode levar a uma série de problemas, como a redução da vida útil dos equipamentos, o aumento dos custos operacionais, a perda de produtividade e até mesmo a ocorrência de acidentes de trabalho.

A criação de um cronograma de manutenção de equipamentos é uma medida preventiva que visa minimizar esses riscos. Com um cronograma bem estruturado, é possível planejar as atividades de manutenção de forma a garantir que os equipamentos estejam sempre em boas condições de funcionamento. Além disso, a manutenção preventiva é mais econômica do que a manutenção corretiva, na maioria dos casos, pois evita a necessidade de reparos emergenciais e reduz o tempo de parada dos equipamentos.

Sem conhecer seus índices de manutenção, torna-se impossível realizar um planejamento de manutenção eficiente. Dessa maneira, esse trabalho se justifica, porque serão determinados os índices de manutenção para a empresa do estudo de caso, o que irá possibilitar que ela realize um planejamento de manutenção adequado no futuro.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar os índices de manutenção em uma empresa produtora de carvão ativado, por meio do cálculo do Overall Equipment Effectiveness (OEE), com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria e apoiar o planejamento de manutenção.

2.2 Objetivo Específicos

- Identificar e analisar os equipamentos e processos para manutenção do maquinário de produção da empresa;
- Analisar os históricos de falhas e paradas dos equipamentos para quantificar o tempo de inatividade e identificar as principais causas;
- Determinar os índices de Disponibilidade, Desempenho e Qualidade dos equipamentos;
- Calcular o Overall Equipment Effectiveness (OEE) e comparar os valores obtidos com os padrões da indústria;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta fundamentação teórica visa proporcionar uma melhor compreensão dos temas relacionados à manutenção industrial em empresas de carvão ativado, oferecendo as bases necessárias para o desenvolvimento e análise do estudo.

Essas bases são constituídas por teorias a respeito dos principais tipos de manutenção, como corretiva, preventiva, preditiva e centrada na confiabilidade, além de conceitos essenciais como indicadores de desempenho e o cálculo da Eficiência Global dos Equipamentos (OEE). O embasamento teórico busca contextualizar a importância da manutenção na continuidade operacional, na redução de falhas e na melhoria da produtividade industrial.

3.1 Conceito da manutenção

De acordo com Silveira (2018), a manutenção passou por uma grande evolução com o passar dos tempos, tendo um grande avanço em todos os sentidos, pode-se classificar em três gerações, a primeira foi na década de 1950, onde acreditava-se que o melhor método de manutenção era a corretiva, que consistia em deixar o equipamento operar até quebrar, pois a taxa de falhas era considerada constante e aumentava apenas no fim da vida útil do equipamento.

De 1950 a 1970, a estratégia de manutenção mais adotada era a preventiva, que visava aumentar a disponibilidade, prolongar a vida útil e reduzir os custos dos ativos. Acreditava-se que a taxa de falhas era alta no início, diminuía e se estabilizou após a adaptação do equipamento ao contexto operacional, e aumentava novamente no final da vida útil (comportamento conhecido como curva da banheira) (FOGLIATTO, 2009).

Por fim, na década de 1980, a visão sobre manutenção se ampliou e tornou-se mais estratégica. Além da disponibilidade, passou-se a buscar confiabilidade, qualidade, saúde, segurança e maior efetividade no custo. A taxa de falhas passou a ser vista como um comportamento que podia se comportar de maneiras diferentes (GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018).

As estratégias de manutenção passaram a ser baseadas na condição do equipamento, e ferramentas e softwares relacionados à manutenção foram desenvolvidos e começaram a ser cada vez mais utilizados pelas indústrias.

Segundo Viana (2002), os tipos de manutenção são as formas de encaminhar as intervenções nos instrumentos de produção, ou seja, nos equipamentos que compõem uma determinada planta.

Para Almeida (2015), a manutenção pode ser definida como um conjunto de ações e procedimentos técnicos que visam garantir o bom funcionamento, reparo e conservação de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas. A palavra “manutenção” tem origem no latim “*manus tenere*”, que significa "manter o que se tem".

3.2 Manutenção corretiva

Segundo Viana (2002), a manutenção corretiva é um tipo de manutenção que ocorre após a ocorrência de uma falha ou pane em um componente. Seu objetivo é colocar o componente em funcionamento novamente. No entanto, a manutenção corretiva é considerada o tipo mais caro e demorado de manutenção, causando prejuízos na produção. Seu alto custo se deve a parada na produção ser necessária em alguns casos, para que seja feito o reparo do equipamento.

Dentro da manutenção corretiva existem dois tipos de manutenção, a chamada não programada e programada, para Gregório (2018), a manutenção corretiva não programada, que também pode ser citada como manutenção de emergência, deve ser usada no reparo ou também na troca do equipamento quando for identificada a falha. Neste tipo de reparo existem algumas desvantagens, onde irá existir um aumento de custos, perda de produção e a redução da qualidade do produto. Já a chamada manutenção corretiva programada torna o processo muito mais seguro, pois consiste em um conjunto de ações em que é recuperado o sistema posteriormente ao evento de falha, onde existem vantagens como, o trabalho mais rápido, mais seguro e terá um menor custo para eventuais falhas.

Herpich e Fogliatto (2013), complementam que, a manutenção corretiva é a intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente. Dentro da indústria a manutenção corretiva é conhecida como “apagar incêndios”.

3.3 Manutenção preventiva

Segundo Herpich e Fogliatto (2013), a manutenção preventiva é a manutenção efetuada em intervalos pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

Para Gregório (2018), a manutenção preventiva é um tipo de manutenção que é realizada de forma planejada, em intervalos predefinidos ou de acordo com critérios específicos, em equipamentos que não estejam em falha. O objetivo principal é reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item, evitando assim uma parada indesejada da produção.

Para realizar a manutenção preventiva, é necessário ter uma equipe permanente de manutenção e adquirir componentes para reposição. Esse tipo de manutenção é destinado a prolongar a vida útil dos equipamentos e garantir que eles funcionem de maneira eficiente. Além disso, ela ajuda a reduzir os custos associados à manutenção corretiva e minimiza o tempo de inatividade da produção.

A manutenção preventiva envolve uma série de atividades planejadas, como apertar parafusos, inspeções de rolamentos durante a operação, substituição de peças desgastadas, lubrificação, limpezas e ajustes. Em resumo, a manutenção preventiva é uma estratégia importante para garantir que os equipamentos funcionem corretamente e evitar paradas indesejadas da produção (Gregório, 2018).

3.4 Manutenção preditiva

Segundo Gregório (2018), a manutenção preditiva é uma técnica de manutenção que aplica, de forma planejada e sistemática, técnicas de análise com o objetivo de reduzir ao mínimo as manutenções preventiva e corretiva. Dessa forma, o componente é utilizado durante toda a sua vida útil, não havendo perda de tempo de produção.

Embora a manutenção preditiva possa ser mais cara do que outros tipos de manutenção, ela pode ajudar a reduzir os custos associados à manutenção corretiva e minimizar o tempo de inatividade da produção. Isso ocorre porque a manutenção preditiva detecta problemas antes que eles se tornem críticos, permitindo que as equipes de manutenção resolvam os problemas antes que eles causem uma parada na produção.

Alguns fenômenos que são detectados pela manutenção preditiva incluem

alterações no nível de vibração de equipamentos rotativos, contaminação de óleos lubrificantes e alterações nos níveis de pressão (Gregório, 2018).

Almeida (2015), complementa que este tipo de manutenção é baseado em inspeções periódicas, nas quais são observados fenômenos como temperatura, vibração, ruídos excessivos, entre outros, por meio de instrumentos específicos.

Essa análise permite a observação das reais condições do equipamento e o acompanhamento da evolução de um defeito, possibilitando o planejamento em curto prazo para uma intervenção de manutenção para troca de peças e a eliminação do defeito, além de indicar o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e dos equipamentos e as condições para que esse tempo de vida útil seja bem aproveitado (FOGLIATTO, 2009).

Em outras palavras, essa manutenção é realizada por meio de inspeções regulares que permitem a identificação de problemas em potencial antes que eles se tornem críticos, permitindo que sejam tomadas medidas preventivas para evitar falhas e prolongar a vida útil dos equipamentos (ALMEIDA, 2015).

Com a implementação da manutenção preditiva, a empresa terá um melhor aproveitamento da vida útil dos equipamentos, tendo assim um menor custo com reparos, pois estes serão feitos de maneira planejada, melhorando a segurança do trabalho dos funcionários (GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018).

3.5 Manutenção centrada na confiabilidade (RCM)

Para Fogliatto (2009), a chamada manutenção centrada na confiabilidade (RCM - Reliability Centred Maintenance) tem como objetivo reunir várias técnicas de engenharia para que os equipamentos de uma planta fabril continuem com seu funcionamento normal.

A RCM é reconhecida como a forma mais eficiente de tratar questões de manutenção. Sua filosofia está baseada em pilares próprios desse programa como o amplo envolvimento de engenheiros, operadores e técnicos de manutenção, caracterizando um ambiente de engenharia simultânea; ênfase no estudo das consequências das falhas, que direcionam todas as tarefas de manutenção; abrangência das análises, que consideram questões associadas à segurança, meio ambiente, operação e custos; ênfase nas atividades pró-ativas, envolvendo tarefas preditivas e preventivas; e combate às falhas escondidas, que reduzem a

confiabilidade do sistema (FOGLIATTO, 2009).

De acordo com Gregório (2018), a Manutenção Centrada em Confiabilidade, tem quatro objetivos principais: preservar as funções do sistema, identificar modos de falha que possam afetar essas funções, avaliar a importância de cada falha funcional e definir tarefas preventivas para evitar essas falhas.

Em outras palavras, a RCM ajuda a manter os sistemas em pleno funcionamento, identificando possíveis problemas e tomando medidas para evitá-los.

3.5.1 Análise de falhas na implementação da RCM

Para Gregório (2018), a análise de falhas na implementação da RMC é um evento necessário, pois as falhas indesejáveis podem ocorrer em equipamentos, e sua análise pode ajudar a descobrir suas causas e tomar medidas para evitar que ocorram novamente. A análise de falhas pode revelar deficiências no projeto, imperfeições no material, erros no processamento do material, erros de montagem, manutenção inadequada, entre outros fatores.

Quando uma falha é identificada antes de ocorrer, ela é chamada de falha potencial. Já a falha funcional é a incapacidade de um item de desempenhar uma função específica dentro dos limites desejados de performance. Em outras palavras, a análise de falhas ajuda a prevenir problemas futuros, identificando possíveis problemas e tomando medidas para evitá-los (GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018).

3.6 Manutenção Produtiva Total (TPM)

O TPM (*Total Productive Maintenance*) surgiu no Japão, onde é considerada como a evolução natural da manutenção corretiva (reativa) para a manutenção preventiva (pró-ativa). Para Almeida (2015), TPM (*Total Productive Maintenance*) é um conceito que visa aumentar a produtividade do processo produtivo integrando os departamentos de manutenção e operações para reduzir perdas, paradas e quebras.

Abrange programas de manutenção preventiva e preditiva, além de um programa de treinamento de operadores onde os operadores passam a auxiliar no monitoramento das máquinas à medida que realizam atividades e realizam operações de manutenção que não exigem muita expertise, como troca de filtros de óleo. Os cinco pilares do TPM são a base sobre a qual construímos um programa TPM que

envolve toda a empresa e permite-lhe atingir metas como zero defeitos, zero avarias, maior disponibilidade e rentabilidade dos equipamentos. Esses pilares são representados por eficiência, autocura, planejamento, treinamento e ciclo de vida.

Os objetivos principais da TPM (Manutenção produtiva total) têm como princípio aumentar a produtividade dos processos produtivos reduzindo perdas, paradas e falhas (NAKAJIMA, 1989).

Assim melhorando a estrutura da empresa na parte de materiais, como equipamentos e ferramentas, mas também em termos humanos, englobando o aprimoramento das capacitações pessoais envolvendo conhecimento, habilidades e atitudes, procurando um rendimento operacional global.

Atua na melhoria e no aproveitamento da mão de obra dos operadores das máquinas para pequenas operações de manutenção preditiva, preventiva e corretiva (NAKAJIMA, 1989).

De acordo com Seleme (2015), para um bom funcionamento da empresa é necessário que os operadores possam realizar tarefas de manutenção mais simples, como limpeza, lubrificação, ajustes, substituição de lâmpadas e filtros. Além disso, existe uma relação eficaz entre operador e equipamento, criando um sentimento de “propriedade”.

A filosofia TPM tem como conceito a quebra zero, uma vez que a quebra é o principal fator que afeta o rendimento operacional. Assim, considera-se que a máquina não pode parar durante o período em que foi programada para operar.

É importante que os operadores desenvolvam habilidades como identificar fontes de pequenos defeitos, compreender as funções e mecanismos do equipamento, compreender a relação entre o equipamento e as características de qualidade do produto, tomar medidas de emergência e reparar equipamentos, promover a melhoria contínua e prolongar a vida útil do equipamento.

Essas habilidades são essenciais para garantir que equipamentos e máquinas operem adequadamente e produzam produtos de alta qualidade, bem como para manter um ambiente de trabalho seguro e eficiente.

3.6.1 Eficiência global de equipamentos (OEE)

Para Gregório (2018), a Eficiência Global dos Equipamentos, é um indicador de manutenção importante que mede a eficiência dos ativos que compõem o processo

produtivo. Ele surgiu com o objetivo de estabelecer metas e permitir o acompanhamento da evolução do desempenho dos equipamentos em empresas que adotam o TPM (Manutenção Produtiva Total). O TPM busca a eficácia da empresa por meio da maior qualificação dos profissionais e da introdução de melhorias nos equipamentos.

Nesse sentido, o OEE pode auxiliar no controle e na avaliação do alcance desse objetivo, permitindo que as empresas identifiquem áreas de melhoria e tomem medidas para aumentar a eficiência de seus equipamentos.

Saleme (2015), complementa que a eficiência do equipamento se refere à capacidade de concluir o trabalho de forma eficiente e com o mínimo de desperdício possível. A métrica *Global Equipment Effectiveness* (OEE) é usada para medir a eficiência do TPM. Ele considera três fatores: qualidade, desempenho e usabilidade.

Qualidade refere-se ao produto que atende às expectativas ou requisitos; Desempenho é a capacidade de alcançar os resultados esperados; Disponibilidade refere-se à capacidade de um item desempenhar sua função em um determinado momento ou dentro de um intervalo de tempo pré-estabelecido.

3.7 Segurança e saúde no trabalho (SST)

A Saúde, Segurança e Medicina do Trabalho visam reduzir os riscos inerentes ao trabalho. Para isso, são utilizadas Normas Regulamentadoras, decretos e portarias como base para o trabalho e o exercício das atividades profissionais. Essas normas são amparadas por legislações específicas e contempladas nos direitos sociais constitucionais, reproduzidas tanto no cenário empresarial quanto na fiscalização por funcionários da administração pública.

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) tem o poder de interditar empresas que não seguem os requisitos mínimos legais relacionados às máquinas ou processos, aplicando multas e sanções, além de embargar qualquer atividade que ofereça risco ou uma condição iminente de acidente para com os trabalhadores (ALMEIDA, 2015).

Em outras palavras, a Saúde, Segurança e Medicina do Trabalho são medidas importantes para garantir a integridade física e mental dos trabalhadores e prevenir doenças e acidentes no ambiente de trabalho (Alberto de Freitas *et al.*, 2020).

Durante a maior parte da história, especialmente antes da Revolução

Industrial, há poucos registros de atividades relacionadas à identificação e prevenção de riscos no ambiente de trabalho. Isso sugere que a segurança e a saúde no trabalho não eram uma preocupação para a maioria dos empregadores, já que os trabalhos pesados e manuais eram geralmente realizados por escravos ou cidadãos de classes menos favorecidas.

Com o tempo, no entanto, a conscientização sobre a importância da segurança e da saúde no trabalho aumentou, levando a uma série de regulamentações e medidas preventivas para garantir um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

Ainda que a cultura de segurança e saúde no trabalho seja um tema recorrente, muitas empresas brasileiras, inclusive as de grande porte, não tratam a questão com a devida importância. Tanto os prepostos das empresas quanto os trabalhadores não se atentam para a necessidade de se adotar medidas preventivas e corretivas para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável (Oliveira, 2003).

3.7.1 Organização Internacional do Trabalho (OIT)

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) é uma agência da Organização das Nações Unidas (ONU) que tem como objetivo garantir que homens e mulheres possam ter acesso a um trabalho decente e produtivo, em condições de liberdade, equidade, segurança e dignidade. A criação da OIT foi considerada como o marco definitivo do Direito Internacional do Trabalho.

O conceito de “trabalho decente” foi formalizado pela OIT em 1999 e tem como ponto de partida o respeito aos direitos do trabalhador, em especial aqueles definidos como essenciais pela Declaração Relativa aos Direitos e Princípios Fundamentais no Trabalho.

A OIT tem quatro objetivos estratégicos que são: liberdade sindical e reconhecimento efetivo do direito de negociação coletiva, eliminação de todas as formas de trabalho forçado, abolição efetiva do trabalho infantil e eliminação de todas as formas de discriminação em matéria de emprego e ocupação, promoção do emprego produtivo e de qualidade, extensão da proteção social e fortalecimento do diálogo social.

A OIT também é responsável por diversos tratados internacionais que visam promover a melhoria das condições de segurança e saúde no trabalho (Chirmici;

Oliveira, 2016).

3.8 Planejamento da manutenção

Os dados de entrada para o planejamento da manutenção são as informações necessárias para definir os tipos, as frequências, os recursos, os procedimentos, os responsáveis e os indicadores de desempenho das atividades de manutenção. Esses dados podem ser obtidos a partir de fontes como:

- Histórico de manutenção dos equipamentos, máquinas e instalações;
- Manuais, normas e especificações técnicas dos fabricantes;
- Análise de falhas, riscos e modos de degradação dos equipamentos;
- Condições operacionais e ambientais dos equipamentos;
- Disponibilidade e custo dos recursos de manutenção;
- Necessidades e expectativas dos clientes internos e externos.

Alguns exemplos de dados de entrada para o planejamento da manutenção são:

- Prazos de vistoria e de realização das manutenções;
- Responsáveis pela execução dos serviços;
- Materiais ou ferramentas necessários ou utilizados;
- Descrições gerais dos problemas encontrados e se foram solucionados;
- Procedimentos de segurança para realização das atividades;
- Descrição detalhada dos planos de manutenção;
- Recursos necessários para realização de cada tarefa como: mão de obra, peças de reposição, ferramentas, materiais e insumos;

Dados disponíveis e documentados, o histórico de todos os processos de manutenção preventiva e das tratativas de manutenção corretiva da frota (se disponível), peças substituídas, SLA de fornecedores.

Segundo Fabro (2003), os dados de entrada para planejamento da manutenção são informações essenciais para garantir a eficiência e a segurança dos equipamentos e das instalações. Eles incluem dados sobre o histórico de falhas, o

desempenho operacional, as condições ambientais, as normas técnicas, os recursos disponíveis e os custos associados.

Esses dados permitem definir as prioridades, os métodos, os prazos e os responsáveis pela execução das atividades de manutenção preventiva, preditiva e corretiva. Além disso, eles possibilitam avaliar os resultados e aperfeiçoar o processo de planejamento da manutenção.

As etapas do planejamento da manutenção existem para garantir a eficiência e a segurança dos equipamentos e das instalações de uma empresa. O planejamento da manutenção consiste em definir, organizar e controlar as atividades de manutenção, bem como os recursos necessários para realizá-las. Algumas etapas do planejamento da manutenção são (GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018):

- Identificar as necessidades de manutenção: consiste em analisar as condições dos equipamentos e das instalações, verificar os históricos de falhas e de intervenções, avaliar os riscos e os impactos das falhas, e determinar as prioridades de manutenção.
- Estabelecer os objetivos e os indicadores de desempenho: consiste em definir os resultados esperados da manutenção, como a disponibilidade, a confiabilidade, a qualidade, o custo e a segurança dos equipamentos e das instalações, e os indicadores que permitirão medir e acompanhar esses resultados.
- Elaborar o plano de manutenção: consiste em especificar as atividades de manutenção preventiva, preditiva e corretiva, os procedimentos técnicos, os materiais, as ferramentas, os equipamentos, os tempos, os custos e os responsáveis pela execução das atividades.
- Implementar o plano de manutenção: consiste em executar as atividades de manutenção conforme o plano estabelecido, registrando as informações relevantes sobre as intervenções realizadas, os problemas encontrados, as soluções adotadas e as recomendações para melhorias.
- Avaliar o plano de manutenção: consiste em monitorar e analisar os indicadores de desempenho da manutenção, verificar o cumprimento dos objetivos e das metas estabelecidos, identificar as falhas e as oportunidades de melhoria, e propor ações corretivas e preventivas para otimizar o plano de manutenção.

3.9 Treinamento da equipe de manutenção

As empresas enfrentam o desafio de qualificar seus colaboradores, especialmente os novos, para que sejam inseridos adequadamente aos padrões, normas e cultura da empresa. Isso é fundamental para garantir a integração dos colaboradores ao time.

Além dos investimentos tecnológicos, as empresas precisam investir em educação e outras áreas sociais para garantir a qualificação da mão de obra e preencher as lacunas de habilidades necessárias para o sucesso da empresa (Menegon; Zambarda, 2019).

De acordo com (Oliveira, 2003), treinamento de segurança pode ser prejudicial se não houver as condições necessárias para discutir, ponderar e propor melhorias. É importante destacar que é uma coisa expor-se a uma situação de risco sem saber o que isso significa e outra bem diferente é ter consciência do problema e ter que se expor sem condições para agir.

Nesse caso, o dano não se restringe apenas ao risco em questão, mas também ao sofrimento mental de não poder se proteger. O autor conclui que oferecer essa condição ao trabalhador como um caminho alternativo para a solução do problema acidentário não representa solução alguma e aprofunda ainda mais o fosso que separa os propósitos da empresa em relação ao tema do engajamento voluntário e comprometido dos trabalhadores.

3.9.1 Introdução dos trabalhadores no programa de treinamento

O constrangimento sofrido por um trabalhador que é impedido de praticar as lições aprendidas em um treinamento específico de segurança promovido pela própria empresa é altamente prejudicial a qualquer programa de gestão de SST (CHIRMICI; OLIVEIRA, 2016).

Esse constrangimento pode ocorrer por decisão das chefias imediatas do trabalhador, sem justificativas convincentes, ou por impedimento das próprias condições de trabalho.

No segundo caso, o conflito está intimamente relacionado ao fato de o conteúdo do treinamento não ter considerado as peculiaridades do ambiente e do trabalho. A desvinculação da SST dos processos produtivos e da própria organização do trabalho

é a principal causa desse fato. Alguns gerentes, de forma contundente, reivindicam direitos legalmente instituídos para proteger trabalhadores expostos habitual e permanentemente a agentes nocivos à saúde, como os adicionais de insalubridade e periculosidade.

Essas posturas são igualmente prejudiciais, ou piores, do que o constrangimento sofrido pelos trabalhadores (Oliveira, 2003).

3.10 Indicadores de manutenção

3.10.1 Eficiência global de equipamentos (OEE)

Conforme já citado em 3.6.1, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) foi estabelecido inicialmente como um indicador para o TPM, mas hoje é largamente utilizado como um dos principais indicadores para qualquer tipo de manutenção, a OEE é usada não apenas para identificar áreas de ineficiência em um sistema de produção, mas também para rastrear melhorias ao longo do tempo. Isso permite que as empresas identifiquem problemas, implementem soluções e avaliem o sucesso dessas soluções de maneira quantitativa.

Portanto, a OEE continua sendo uma ferramenta valiosa para a indústria, ajudando as empresas a se manterem competitivas em um mercado global cada vez mais exigente.

Para Albertin (2012), OEE é um indicador que mede a eficiência global das máquinas em uma indústria, considerando três aspectos: disponibilidade, performance e qualidade. O OEE é usado para identificar e reduzir as perdas na produção, aumentando assim a competitividade e a lucratividade da indústria.

Para calcular o OEE, é necessário conhecer o tempo programado, o tempo produzido, a produção real e a produção teórica de um equipamento ou de uma linha de produção.

Um OEE de Classe Mundial é de 85%, contanto que a disponibilidade seja igual ou maior que 90%, a performance seja igual ou maior que 95% e a qualidade seja igual ou maior que 99,9% (SILVA, 2020).

3.10.2 Disponibilidade

A disponibilidade de equipamentos é um fator crítico para o sucesso de qualquer projeto industrial. Ela representa a porcentagem de tempo em que os equipamentos estão aptos a operar, sem falhas ou interrupções.

A disponibilidade de equipamentos depende de vários aspectos, como a qualidade do projeto, a manutenção preventiva, a gestão de estoques, o treinamento dos operadores e a capacidade de resposta em caso de emergências. Uma alta disponibilidade de equipamentos significa maior produtividade, menor custo operacional e maior satisfação dos clientes (Gonzaga; Neto, 2006).

Considerando apenas as paradas relativas a falhas de manutenção, o Disponibilidade é um dado de entrada para cálculo do OEE.

Ou seja, do tempo programado para produção, quanto realmente foi o tempo utilizado para realizar a produção. Espera-se que a disponibilidade seja superior a 90% para que a empresa possa ser classificada entre as melhores, ou seja, seja considerada uma empresa de classe mundial. Fatores que afetam a disponibilidade são:

- Taxa de falhas dos equipamentos: quantidade de vezes que o equipamento falha em um determinado período;
- Tempo médio entre falhas: Quanto mais tempo demora para que haja uma nova falha, mais tempo o equipamento fica em operação;
- Tempo médio de reparo: tempo utilizado para reparar o equipamento. O tempo médio de reparo considera não apenas o tempo de parada de máquina, mas também as perdas de performance pela curva de reativação do equipamento até que ele volte a operar em plena velocidade.

3.10.3 Performance

A performance dos equipamentos em uma indústria pode ser afetada por diversos fatores, tais como:

- Falhas e quebras: quando os equipamentos param de funcionar por algum motivo, seja por falta de manutenção preventiva, desgaste natural, defeitos de fabricação ou uso inadequado.

- Preparação e ajustes de máquina: atividades para deixar os equipamentos prontos ou adaptados para iniciar ou mudar a produção, como trocas de ferramentas, matérias-primas ou parâmetros.
- Redução de velocidade: quando os equipamentos operam abaixo da capacidade nominal, seja por problemas técnicos, variações na demanda ou gargalos no processo.
- Peças defeituosas: quando os equipamentos produzem itens fora das especificações de qualidade, seja por falhas no processo, erros humanos ou variações na matéria-prima.

A performance é utilizada para o cálculo do OEE dos equipamentos e conseqüentemente afeta a produtividade e a lucratividade da empresa (Filho, 2017).

3.10.4 Qualidade

Peças produzidas com defeito não são contabilizadas como produção efetiva, mas afetam ainda mais a produção total, porque utilizaram recursos de matéria-prima e recursos de equipamentos (Santos; Santos, 2021).

Caso haja reparo, ainda há o tempo despendido para essa atividade. Dessa maneira o índice percentual de qualidade dos equipamentos é um dos índices que compõem o OEE.

Onde a quantidade de produtos produzidos que atendem às especificações é dividido pela quantidade de produtos que efetivamente foram produzidos. O complemento dos produtos com qualidade são os produtos com defeito.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Tendo em vista que este estudo foi conduzido como um estudo de caso em uma empresa de carvão ativado, os procedimentos metodológicos incluem a identificação dos equipamentos, coleta de dados sobre falhas e paradas, organização das informações em planilhas e cálculo dos indicadores de manutenção, como o OEE.

Os dados analisados serviram de base para propor melhorias no planejamento da manutenção da empresa.

4.1 Equipamentos e processos da empresa

A primeira etapa para determinar os índices de manutenção da empresa é identificar e analisar os equipamentos e processos para manutenção do maquinário de produção.

A partir do fluxo de processo e da planta da empresa, listar cada equipamento e maquinário, desde o recebimento até a entrega do produto acabado, para atingir este objetivo, é necessário realizar uma análise detalhada dos equipamentos e processos de manutenção existentes na empresa.

Isso pode ser feito por meio de análise de documentos técnicos, observação direta dos equipamentos em operação, entre outras técnicas. O objetivo é identificar todos os processos e equipamentos, e quais são os processos de manutenção mais eficazes.

4.2 Critérios e procedimentos para manutenção

Após a identificação dos equipamentos e processos, deve-se identificar os critérios e os procedimentos para a realização da manutenção dos equipamentos, de acordo com as normas técnicas de segurança, considerando aplicáveis à indústria de carvão ativado.

É importante também considerar as especificidades dos equipamentos da empresa em questão.

4.3 Cronograma de manutenção

Após os critérios já estabelecidos, a próxima etapa é verificar o cronograma de manutenção dos equipamentos, analisando a disponibilidade, a demanda e os custos envolvidos.

É importante também considerar as especificidades dos equipamentos da empresa em questão. Será verificado se o cronograma foi elaborado com base nas melhores práticas da indústria.

4.4 Comparar os custos de manutenção preventiva e corretiva

Para comparar os custos de manutenção preventiva e corretiva, é necessário levar em consideração diversos fatores, como o custo das peças sobressalentes, o tempo de inatividade do equipamento durante a manutenção corretiva, o tempo necessário para realizar a manutenção preventiva.

É importante também considerar as especificidades dos equipamentos da empresa em questão. A análise deve ser realizada com base nas melhores práticas da indústria e deve ser adaptada às necessidades específicas da empresa.

Com o estudo no mercado de equipamentos e mão de obra especializada, deve ser comparado os custos entre a manutenção preventiva e corretiva, assim sendo apresentada para a empresa avaliar os custos envolvidos em cada tipo de manutenção e escolher o mais adequado para cada situação.

4.5 Custos e treinamento

Para determinar os custos diretos e indiretos de treinar a equipe de manutenção em novas técnicas e tecnologias, é necessário levar em consideração diversos fatores, como o custo do treinamento em si, o tempo necessário para realizar o treinamento, o impacto do treinamento na eficiência operacional da equipe.

A análise deve ser realizada com base nas melhores práticas da indústria e deve ser adaptada às necessidades específicas da empresa.

Um estudo de custos para o treinamento de uma equipe de manutenção será feito, onde para fazer esse cálculo deve ser levado em consideração: Custo do treinamento que inclui o valor pago pelo treinamento, inscrição e deslocamento; Custo de perda de produção: perda de produção durante o treinamento; Custo da substituição dos funcionários que estão sendo treinados. E assim será feita uma

pesquisa para identificar se houve aumento na produtividade e na satisfação dos funcionários após o treinamento.

4.6 Indicadores de Manutenção

Estabelecer indicadores de manutenção e metas factíveis para a empresa incluindo critérios de avaliação de desempenho de manutenção para uma empresa envolve a definição de indicadores-chave de desempenho que refletem os objetivos da empresa. Esses indicadores podem incluir métricas como tempo de inatividade do equipamento, tempo de resposta a problemas, custo de manutenção e taxa de falhas.

As metas devem ser estabelecidas com base nesses indicadores, levando em consideração as capacidades e recursos da empresa. É importante que essas metas sejam factíveis e realistas, para motivar a equipe de manutenção a alcançá-las.

Os critérios de avaliação devem ser claros para toda a equipe, garantindo alinhamento com os objetivos, e a avaliação regular do desempenho da manutenção permite identificar melhorias e adotar ações corretivas quando necessário.

4.7 Cálculo dos Indicadores de Manutenção

Para a análise dos dados coletados e avaliação do desempenho dos equipamentos, foram aplicadas fórmulas consolidadas na literatura técnica para o cálculo dos indicadores de disponibilidade, performance, qualidade e OEE. Esses indicadores permitem mensurar a eficiência operacional e identificar oportunidades de melhoria na gestão da manutenção.

As fórmulas utilizadas foram as seguintes:

- Disponibilidade (%) = $(\text{Tempo produzido} / \text{Tempo programado}) \times 100$
- Performance (%) = $(\text{Produção real} / \text{Produção teórica}) \times 100$
- Qualidade (%) = $(\text{Produtos bons} / \text{Produção real}) \times 100$
- OEE (%) = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade

5 DESENVOLVIMENTO

5.1 Apresentação da empresa

A indústria é especializada na produção e comercialização de carvões ativados na cidade de Guarapuava, sua estrutura está mostrada na Figura 1.

Figura 1 - Fábrica de carvão ativado



Fonte: Autoria Própria (2025)

A empresa foi criada em 01 de julho de 2010, e, desde então, foca na qualidade dos produtos elaborados. O carvão ativado produzido pela empresa tem como matéria prima o coco de babaçu, apresentando uma grande variedade de granulometrias.

5.1.1 Lista de produtos

A empresa se destaca na produção de carvão ativado, oferecendo uma vasta gama de granulometrias para atender às diversas necessidades do mercado. Com uma média de 17 granulometrias principais, a empresa demonstra sua capacidade de adaptação e flexibilidade na produção.

Além disso, mediante pedidos específicos, a empresa é capaz de fabricar tamanhos personalizados, proporcionando soluções sob medida para seus clientes.

A seguir, serão apresentadas cinco granulometrias para ilustrar melhor as variações nos tamanhos dos produtos e destacar a versatilidade e qualidade do carvão ativado produzido.

5.1.1.1 Carvão ativado em pó

O carvão ativado em pó é utilizado principalmente em processos de tratamento de água e ar, bem como na fabricação de produtos farmacêuticos e cosméticos. Sua alta área de superfície permite uma adsorção eficiente de impurezas e contaminantes.

Figura 2 – Carvão ativado em pó



Fonte: Aatoria Própria (2025)

5.1.1.2 Carvão ativado com granulometria 20x40 Mesh

O carvão ativado 20x40 mesh é ideal para filtração de água potável e processos de purificação de líquidos. Esta granulometria oferece um bom equilíbrio entre área de superfície e resistência ao fluxo, garantindo uma filtração eficaz e duradoura.

Figura 3 – Carvão ativado 20x40 mesh



Fonte: Aatoria Própria (2025)

5.1.1.3 Carvão ativado com granulometria 6x10 Mesh

O carvão ativado 6x10 mesh é comumente utilizado em sistemas de tratamento de água industrial e na adsorção de contaminantes orgânicos em grandes volumes. A granulometria maior permite um fluxo mais rápido, adequado para aplicações que exigem altas taxas de transferência de massa.

Figura 4 – Carvão ativado 6x10 mesh



Fonte: Aatoria Própria (2025)

5.1.1.4 Carvão ativado com granulometria 3x6 Mesh

O carvão ativado 3x6 mesh é usado em processos industriais de grande escala, como a recuperação de solventes e purificação de gases. A granulometria mais grossa é ideal para situações em que é necessário um fluxo de alta capacidade e menor resistência.

Figura 5 – Carvão ativado 3x6 mesh



Fonte: Autoria Própria (2025)

5.1.1.5 Carvão ativado com granulometria 2x4 Mesh

Assim como o carvão ativado 3x6 mesh, o carvão ativado com granulometria 2x4 Mesh é ideal para aplicações industriais de grande escala, porém a principal diferença entre o carvão ativado 2x4 e o 3x6 está na capacidade de fluxo e na resistência ao fluxo.

O carvão 2x4, com partículas maiores, permite um fluxo mais rápido e é ideal para aplicações que exigem alta capacidade de volume, como a purificação de gases e líquidos em grandes volumes.

Já o carvão 3x6, sendo um pouco mais fino, é usado em processos industriais onde ainda é necessário um bom fluxo, mas com maior eficiência na remoção de contaminantes devido à sua maior área de superfície em comparação com o 2x4.

Figura 6 – Carvão ativado 2x4 mesh

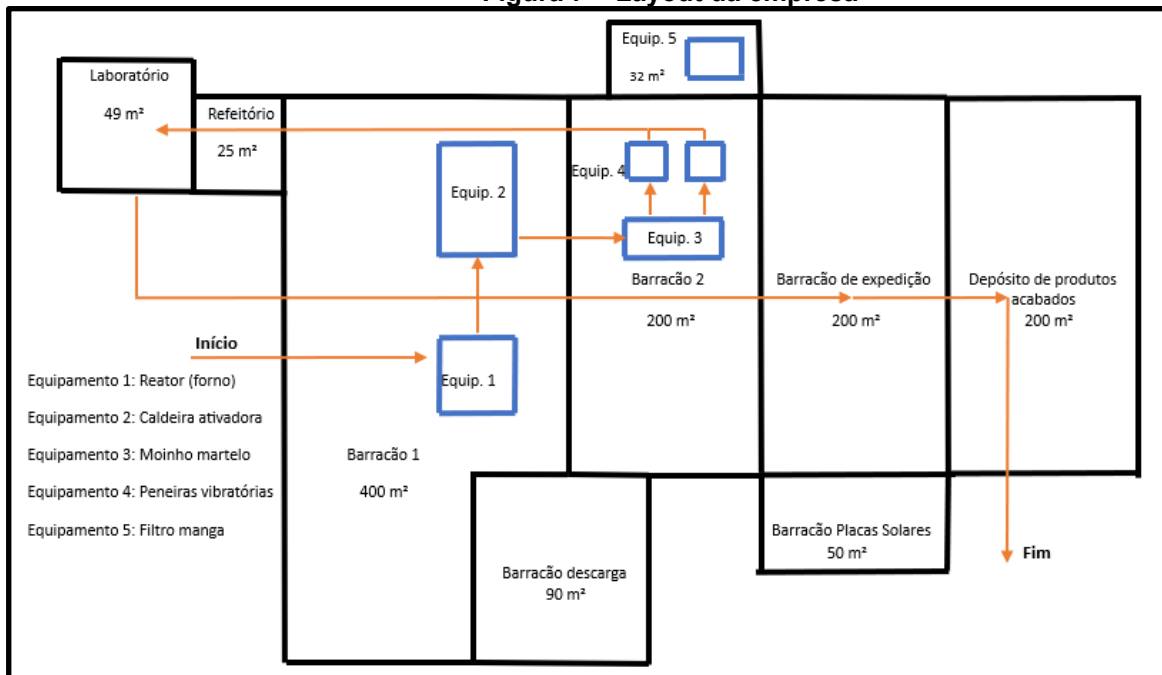


Fonte: Autoria Própria (2025)

5.2 Layout da empresa

O layout da empresa é organizado para otimizar o fluxo de trabalho e a eficiência operacional. A Figura 7 mostra a disposição dos setores e equipamentos na produção de carvão ativado, facilitando a logística interna e melhorando a comunicação entre os departamentos.

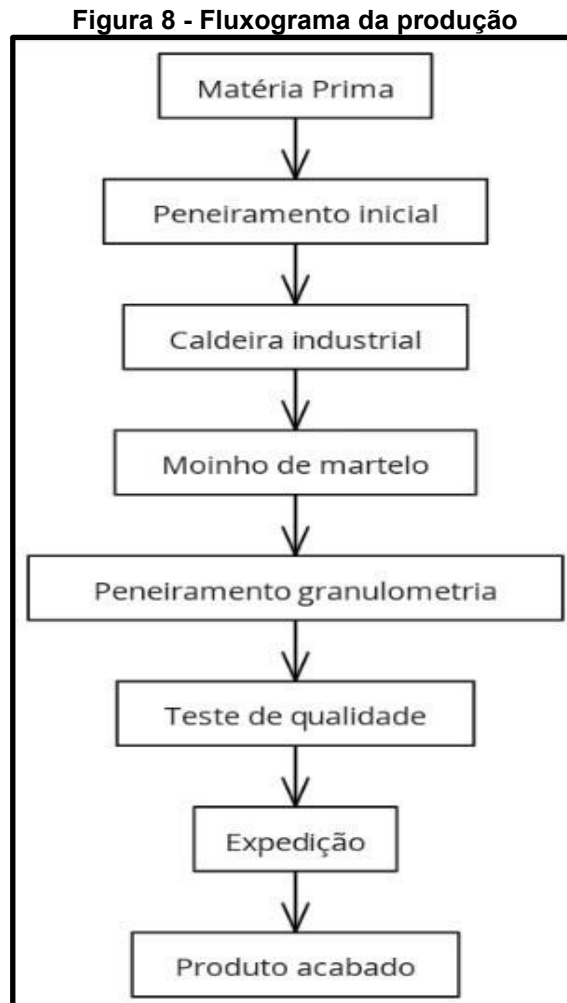
Figura 7 – Layout da empresa



Fonte: Autoria Própria (2025)

5.3 Fluxo de produção

A empresa opera um fluxo contínuo na produção do carvão ativado de babaçu, que começa com a chegada da matéria-prima. O fluxo produtivo está explícito na Figura 8.



Fonte: Autoria própria (2025)

O processo de produção de carvão ativado na empresa inicia-se com a chegada da matéria-prima, o carvão de babaçu (coco de babaçu carbonizado). Após a chegada, o material é peneirado para remover qualquer impureza residual e, em seguida, passa por um processo de ativação em uma caldeira industrial.

O material é recebido em tambores hermeticamente fechados, a fim de evitar contato com o ar. Após o resfriamento, o carvão é moído em moinhos de martelo e peneirado novamente para atingir a granulometria desejada, seguindo para o controle de qualidade. Uma amostra é enviada ao laboratório e, após aprovação, o material é

embalado e preparado para expedição, sendo peletizado e embalado.

A matéria-prima utilizada é principalmente o babaçu, proveniente do Estado do Maranhão, com recebimento semanal de aproximadamente 30 toneladas. O babaçu passa por uma etapa de carbonização, na qual umidade e materiais voláteis são eliminados através do aumento de temperatura sob condições controladas, resultando na perda de cerca de 60% do peso inicial.

Na etapa de ativação, são injetados agentes ativantes, como ar, vapor ou gás carbônico, a temperaturas entre 800 e 1.000°C. Esta fase promove reações químicas que liberam uma mistura de gases, principalmente monóxido de carbono e hidrogênio, enquanto a estrutura porosa do carvão é formada. Após a ativação, o carvão é submetido às etapas finais de resfriamento e embalagem.

5.4 Lista de equipamentos

5.4.1 Caldeira ativadora

Uma caldeira ativadora é um equipamento utilizado na indústria de carvão ativado para aquecer o carvão e remover a umidade, aumentando sua reatividade. Esse processo de aquecimento é essencial para melhorar a eficiência do carvão ativado em diversas aplicações, como filtração e adsorção.

Figura 9 – Caldeira ativadora



Fonte: Autoria Própria (2025)

5.4.2 Reator (forno)

Um reator (forno) é fundamental na produção de carvão ativado, realizando a ativação térmica do carvão em altas temperaturas controladas. Isso cria microporos que aumentam a área superficial e a capacidade de adsorção, garantindo a qualidade do carvão ativado para diversas aplicações.

Figura 10 – Reator (forno)



Fonte: Aatoria Própria (2025)

5.4.3 Eixo transportador

Um eixo transportador é um componente fundamental em sistemas de transporte de materiais na indústria, incluindo a produção de carvão ativado. Ele é responsável por mover os materiais de um ponto a outro ao longo do processo de fabricação.

Composto por rolos ou polias conectadas a uma correia, o eixo transportador assegura que o carvão bruto, ou intermediário, seja transportado de maneira eficiente entre as diferentes etapas de produção, como a caldeira ativadora, o reator (forno) e outras seções da planta. Sua função é vital para manter a continuidade do fluxo de materiais, aumentando a eficiência e reduzindo o tempo de produção.

Figura 11 – Eixo transportador

Fonte: Aatoria Própria (2025)

5.4.4 Moinho de martelo

Um moinho de martelo é um equipamento utilizado na indústria de carvão ativado para moer e triturar o carvão em partículas menores, facilitando seu processamento posterior.

Equipado com martelos rotativos que giram em alta velocidade, o moinho de martelo impacta e quebra o material, proporcionando uma granulometria uniforme e adequada para as etapas subsequentes, como a ativação térmica no reator (forno).

Figura 12 – Moinho de martelo

Fonte: Aatoria Própria (2025)

5.4.5 Martelos

Os martelos giram em alta velocidade dentro do moinho, impactando o material repetidamente até alcançar a granulometria desejada. A eficácia dos martelos é fundamental para garantir a consistência e a qualidade do carvão ativado, preparando-o adequadamente para as etapas subsequentes de produção.

Figura 13 – Martelos



Fonte: Autoria Própria (2025)

5.4.6 Telas de granulometria

As telas de granulometria do moinho são equipamentos utilizados para separar e classificar partículas de carvão ativado com base no tamanho. Elas são essenciais para garantir que o carvão ativado tenha uma granulometria uniforme e adequada para suas aplicações específicas.

As telas são compostas por uma série de peneiras com diferentes tamanhos de aberturas, que permitem a passagem de partículas menores enquanto retêm as maiores.

Figura 14 – Telas de granulometria (moinho)



Fonte: Aatoria Própria (2025)

5.4.7 Peneira vibratória

Uma peneira vibratória é um equipamento utilizado na indústria de carvão ativado para separar e classificar materiais com base em seu tamanho de partícula.

Esse equipamento utiliza vibrações rápidas e intensas para mover as partículas através de uma série de telas ou peneiras, permitindo a passagem das menores enquanto retém as maiores.

Figura 15 – Peneira vibratória



Fonte: Aatoria Própria (2025)

5.4.8 Telas de granulometria

As telas de granulometria da peneira são componentes essenciais da peneira vibratória na indústria de carvão ativado. Elas são utilizadas para classificar o carvão ativado em diferentes tamanhos de partículas, garantindo uma granulometria uniforme.

Figura 16 – Telas de granulometria (peneira vibratória)



Fonte: Aatoria Própria (2025)

5.4.9 Cintas da peneira

As cintas da peneira são componentes utilizados na fixação e suporte das telas de granulometria na peneira vibratória. Elas garantem que as telas permaneçam firmemente no lugar durante o processo de vibração, permitindo a classificação eficiente das partículas de carvão ativado por tamanho.

Figura 17 – Cintas da peneira



Fonte: Aatoria Própria (2025)

5.4.10 Filtro manga

Um filtro manga é um dispositivo utilizado na filtração de ar em sistemas industriais para remover partículas sólidas e impurezas do ar. Ele é composto por várias mangas filtrantes feitas de materiais porosos, como tecido ou feltro, que retêm as partículas enquanto o ar limpo passa através delas.

O filtro manga é amplamente utilizado em indústrias químicas, contribuindo significativamente para a redução de poluentes atmosféricos e a melhoria das condições de trabalho.

Figura 18 – Filtro manga



Fonte: Aatoria Própria (2025)

5.5 Tipo de manutenção de cada equipamento

Atualmente, a empresa adota predominantemente a manutenção corretiva para seus equipamentos, com intervenções que ocorrem principalmente após a ocorrência de falhas.

Em menor escala, são realizadas manutenções preventivas, que visam evitar problemas futuros e prolongar a vida útil dos equipamentos, embora ainda não sejam a prática mais comum na organização.

5.6 Funcionários que realizam as manutenções

Na empresa, a manutenção dos equipamentos é realizada por um funcionário com mais de 30 anos de experiência na área. Ele já trabalhou em outras fábricas ao longo de sua carreira e possui formação específica como torneiro mecânico e soldador industrial.

Atualmente, ele é o único responsável por todas as atividades de manutenção da empresa.

5.7 Vendas

A empresa trabalha exclusivamente com carvão ativado, oferecendo diversas granulometrias. Atualmente, a produção mensal inclui cerca de 17 granulometrias principais, porém, tamanhos específicos podem ser fabricados sob pedido.

A análise granulométrica é realizada utilizando peneiras de diferentes aberturas, padronizadas internacionalmente. Cada peneira possui um número específico de aberturas por polegada linear, conhecido como “*mesh*”.

Quanto maior o “*mesh*”, maior o número de aberturas e, conseqüentemente, mais fino é o grão que passa por ela. Para materiais mais grossos, utilizam-se peneiras com baixo “*mesh*” e para materiais finos, peneiras com alto “*mesh*”.

Por exemplo, um carvão ativado com granulometria de 6 x 10 Mesh significa que ele passa pela peneira de 6 Mesh, com uma abertura de 3,36mm, e é retido pela peneira de 10 Mesh, que possui uma abertura de 2 mm.

Para a elaboração da tabela 1, foi calculada a média de produção mensal dos

produtos ao longo de três meses, julho, agosto e setembro de 2024. É possível visualizar as diferentes granulometrias fabricadas pela empresa.

Tabela 1 – Dados da produção mensal da empresa

Produto	Quantidade (kg)
Granulado 2x3	3066,6
Granulado 2x4	2425,0
Granulado 3x6	1741,6
Granulado 3x8	333,3
Granulado 4x10	1541,6
Granulado 4x12	800,0
Granulado 6x10	7710,0
Granulado 8x16	758,0
Granulado 8x30	10416,6
Granulado 12x24	2000,0
Granulado 12x25	1825,0
Granulado 20x40	1833,3
Granulado 20x50	966,6
Granulado 6x10 com prata	1000,0
Granulado 8x30 com prata	333,3
Granulado 20x50 com prata	66,6
Pó	2638,3
Total	39455,8

Fonte: Autoria própria (2025)

6 RESULTADOS

6.1 Índice de Paradas das máquinas (indicador da gestão da manutenção)

No contexto da indústria de carvão ativado, a eficiência operacional é frequentemente desafiada por paradas decorrentes de falhas nos equipamentos. Essa análise tem como objetivo estudar as paradas ocorridas na empresa devido a tais falhas, procurando identificar e implementar melhorias que promovam um processo mais eficiente e um maior retorno monetário.

Um dos grandes desafios enfrentados pela empresa é o desgaste mecânico dos equipamentos causado pelo pó do carvão, que compromete a durabilidade e o funcionamento das máquinas.

A análise do Índice de Paradas das Máquinas é crucial para a gestão da manutenção, pois fornece uma visão clara sobre a frequência e as causas das interrupções.

Monitorar e entender este indicador não só permite identificar pontos críticos, mas também fundamentar estratégias de manutenção preventiva, visando reduzir as paradas, aumentar a produtividade e minimizar os custos operacionais. Portanto, a busca por um índice de paradas mais baixo é essencial para garantir a sustentabilidade e a competitividade da empresa no mercado.

6.2 Tempo médio de parada

6.2.1 Definição do tempo médio de parada (importância do indicador para a eficiência da manutenção)

O Tempo Médio de Parada (TMP) é um indicador fundamental para a gestão da manutenção em qualquer indústria, pois oferece uma visão clara sobre a eficiência dos processos de manutenção e a disponibilidade dos equipamentos.

Na indústria de carvão ativado, onde a corrosão causada pelo pó de carvão pode comprometer seriamente a durabilidade das máquinas, monitorar o TMP torna-se ainda mais crucial.

Este trabalho tem como objetivo determinar e analisar o Tempo Médio de Parada (TMP) na empresa, com base em dados coletados ao longo do mês de novembro de 2024, para identificar causas de inatividade e subsidiar melhorias na gestão da manutenção.

A coleta de dados foi realizada por meio de uma planilha eletrônica, em conjunto com o funcionário responsável pela manutenção na empresa. Diariamente, eram registradas as paradas dos equipamentos, incluindo o motivo da falha, e os tempos de início e término das intervenções.

A manutenção corretiva desempenha um papel importante nesta análise, uma vez que a maior parte das paradas observadas na empresa foi causada por falhas inesperadas que exigiram reparos imediatos para garantir o funcionamento contínuo dos equipamentos. Essas intervenções geralmente ocorrem sem planejamento prévio e demandam diagnóstico para identificar o problema, seleção de peças de reposição e execução do reparo, o que resulta em maior tempo de máquina parada e impacto direto na disponibilidade produtiva.

Já a manutenção preventiva realizada na empresa consiste em intervenções programadas para evitar falhas e prolongar a vida útil dos equipamentos. Entre as atividades preventivas mais comuns estão a troca periódica de rolamentos, correias, correntes e outros componentes de fácil substituição. Essas ações são planejadas com base em recomendações dos fabricantes ou histórico de uso, com o objetivo de reduzir o risco de falhas inesperadas e garantir maior confiabilidade operacional.

A análise do Tempo Médio de Parada (TMP) fornece informações valiosas sobre a duração média das interrupções na produção, permitindo identificar oportunidades para otimização do processo de manutenção. Compreender melhor o tempo necessário para realizar manutenções corretivas e preventivas possibilita o desenvolvimento de estratégias que não apenas reduzam a duração das paradas, mas também melhorem a eficiência operacional e contribuam para a redução dos custos associados à manutenção.

6.2.2 Processo de coleta de dados

Para realizar a coleta de dados referente às paradas de máquinas, foi elaborada uma planilha em conjunto com o funcionário responsável pelas manutenções na empresa. Este funcionário forneceu atualizações diárias sobre as paradas, incluindo informações detalhadas sobre cada ocorrência.

A planilha continha campos específicos para anotar o equipamento que sofreu a parada, a razão da parada, e os tempos de início e término da manutenção, registrando assim o retorno do equipamento ao funcionamento normal. Os dados de

parada foram coletados durante o mês de novembro de 2024.

A coleta de dados foi sistematizada de modo a garantir a precisão e a relevância das informações. A cada atualização, o funcionário informava os dados, que eram prontamente inseridos na planilha, proporcionando um acompanhamento contínuo e detalhado das paradas ao longo de um mês.

Este método permitiu a criação de um banco de dados robusto e confiável, essencial para a análise do índice de paradas e para o desenvolvimento de estratégias de melhoria no processo de manutenção.

6.2.3 Cálculo do tempo médio de parada

O Tempo Médio de Parada (TMP) é um indicador que mede a duração média das interrupções dos equipamentos devido a manutenções ou falhas. Esse tempo é calculado somando todos os tempos de parada durante um período específico e dividindo pelo número total de ocorrências de paradas.

Na indústria, o TMP é utilizado para avaliar a eficiência dos processos de manutenção, identificar pontos críticos que necessitam de melhorias e planejar ações preventivas.

Monitorar e reduzir o TMP é necessário para aumentar a disponibilidade dos equipamentos, melhorar a produtividade e reduzir os custos operacionais associados às paradas não planejadas.

Para calcular o tempo médio de parada, é usada a equação 1:

$$\text{Tempo médio de paradas (TMP)} = \frac{\text{Soma dos tempo de parada}}{\text{Número de paradas}} \quad (\text{Equação 1})$$

Para apresentar de forma clara e organizada os dados sobre os tipos de problemas enfrentados e suas respectivas proporções, foi elaborada a tabela 2 que detalha essas informações. Essa tabela fornece uma visão abrangente das falhas registradas durante o período de estudo.

Neste trabalho, "troca rápida" ou "setup" refere-se às paradas para ajustes e preparação dos equipamentos, como troca de peneiras e regulagens, necessárias para atender diferentes granulometrias de carvão ativado.

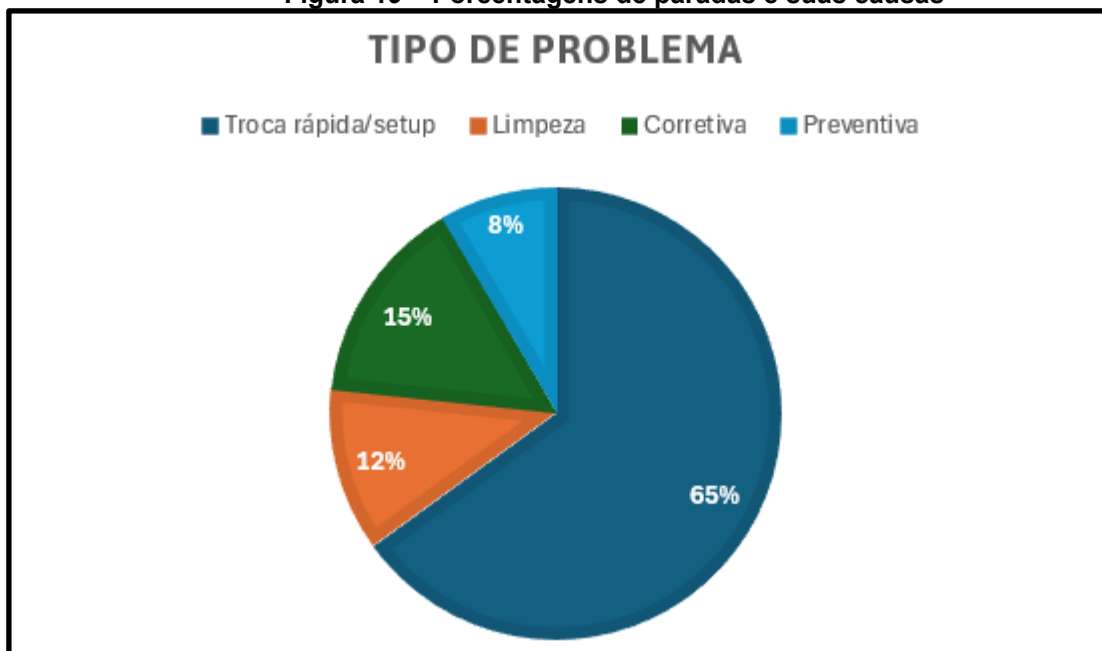
Tabela 2 – Dados das paradas da empresa

Tipo de problema	Quantidade	Proporção (%)
Troca rápida/setup	39	65%
Limpeza	7	12%
Corretiva	9	15%
Preventiva	5	8%
Total	60	100%

Fonte: Autoria própria (2025)

Com os valores apresentados, é possível criar a figura 19, que ilustra os dados de paradas dos equipamentos, bem como suas causas. Esse gráfico facilita a visualização das principais origens das paradas.

Figura 19 – Porcentagens de paradas e suas causas



Fonte: Autoria própria (2025)

Pode-se destacar que, durante o período analisado, a principal causa das paradas de produção foi atribuída às atividades de troca rápida de ferramentas e setup, representando 65% do total de paradas.

Esse alto percentual indica que um tempo considerável é consumido na preparação dos equipamentos para novas operações, o que impacta diretamente na eficiência produtiva.

Em contraste, as paradas para manutenção corretiva representaram apenas 15% do total de paradas. Esse valor está dentro do intervalo considerado aceitável na

literatura, que sugere que entre 10% e 20% das paradas de produção sejam devido à manutenção corretiva ALMEIDA (2015).

Tal indicador sugere que a fábrica possui um equilíbrio razoável entre a manutenção preventiva e corretiva, contribuindo para a redução de falhas inesperadas e aumentando a confiabilidade dos equipamentos.

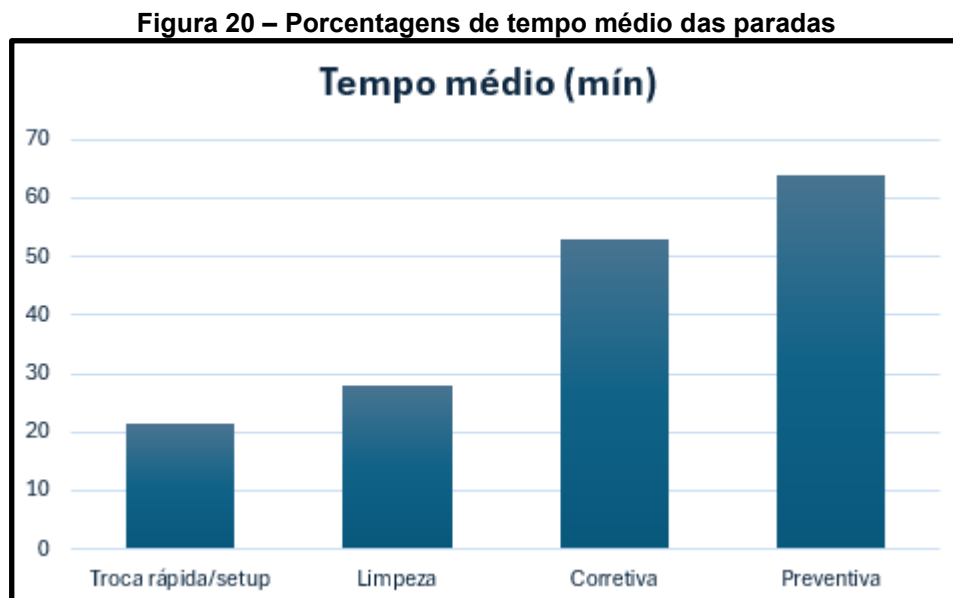
Na Tabela 3, serão evidenciados os dados de parada, juntamente com seus respectivos tempos durante o período de coleta.

Tabela 3 – Dados dos tempos de paradas

Tipo de problema	Quantidade	Tempo total (min)	Tempo médio (min)
Troca rápida/setup	39	830	21,3
Limpeza	7	195	27,9
Corretiva	9	475	52,8
Preventiva	5	320	64

Fonte: Autoria própria (2025)

A figura 20 faz a mesma ilustração, porém, dessa vez apresenta apenas o tempo médio necessário para realizar cada parada e suas respectivas causas.



Fonte: Autoria própria (2025)

Com os dados obtidos, destaca-se que o tempo médio de paradas corretivas é de 52,8 minutos, um valor elevado para uma indústria. Esse tempo excessivo de inatividade resulta em considerável perda de tempo de produção, o que, por sua vez,

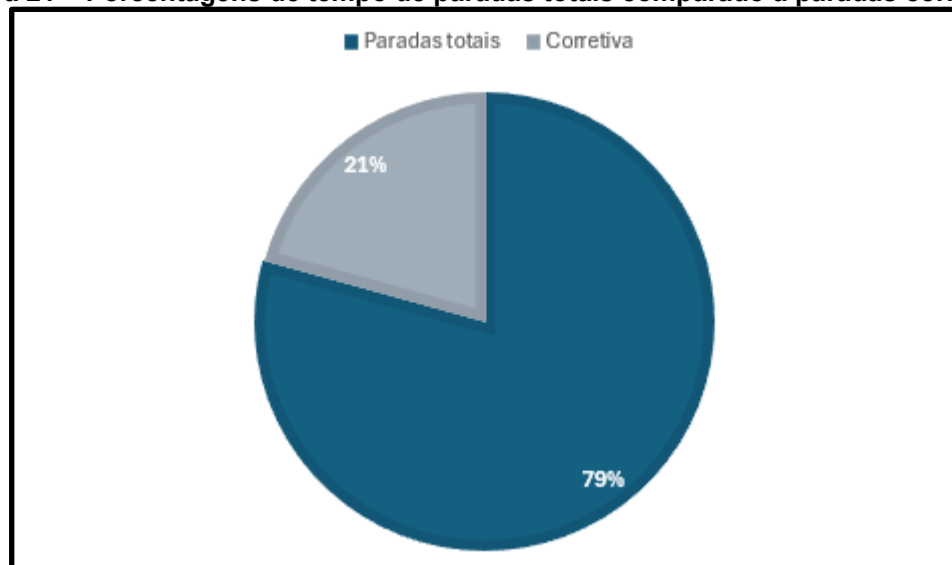
implica em uma quantidade significativa de material não produzido.

Consequentemente, essa ineficiência acarreta uma perda monetária substancial para a empresa, impactando diretamente sua produtividade e competitividade no mercado. Além disso, a redução da capacidade produtiva faz com que a empresa não consiga atender todos os pedidos recebidos, o que pode gerar atrasos, insatisfação dos clientes e até a perda de oportunidades de venda para concorrentes.

A figura 21 apresenta uma comparação entre o tempo total de paradas durante o período estudado e o tempo específico dedicado às paradas para manutenções corretivas.

Essa visualização permite uma análise detalhada das proporções de tempo de inatividade, evidenciando a representatividade das manutenções corretivas em relação ao total de paradas, o que é crucial para identificar áreas que necessitam de maior atenção e melhoria.

Figura 21 – Porcentagens de tempo de paradas totais comparado a paradas corretivas



Fonte: Autoria própria (2025)

Pode-se observar que as paradas de natureza corretiva representam 21% do tempo total de paradas na empresa, o que é um número significativo. Essa porcentagem evidencia a frequência relativamente alta de manutenções corretivas, destacando a importância de investir em práticas de manutenção preventiva para reduzir esses índices e melhorar a eficiência operacional.

6.3 Cálculo do OEE (Overall Equipment Effectiveness)

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), ou Eficiência Global dos Equipamentos, é uma métrica amplamente utilizada na indústria para avaliar a eficiência e a produtividade de um equipamento em um ambiente de produção.

Trata-se de uma ferramenta poderosa que integra três fatores essenciais: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade, oferecendo uma visão abrangente das perdas e das áreas que necessitam de melhorias.

O cálculo do OEE combina esses três fatores em uma única métrica expressa como porcentagem, onde um OEE de 100% indica uma produção perfeita: o equipamento está sempre disponível, operando na velocidade máxima e produzindo apenas itens de alta qualidade. A análise do OEE ajuda a identificar oportunidades de melhoria e a implementar estratégias para aumentar a eficiência dos processos produtivos.

6.3.1 Disponibilidade

Disponibilidade refere-se ao tempo em que o equipamento está realmente disponível para operar em comparação com o tempo planejado. Isso inclui todas as interrupções, tanto planejadas (como manutenções programadas) quanto não planejadas (como falhas inesperadas).

Um equipamento com alta disponibilidade está operacional a maior parte do tempo, minimizando paradas que possam comprometer a produção.

Para este cálculo, considerou-se o tempo de produção disponível como 43.200 minutos, referente ao período de 30 dias com operação contínua de 24 horas diárias. As paradas planejadas e não planejadas totalizaram 1.820 minutos, conforme os dados apresentados na tabela do apêndice B, resultando em um tempo real de produção de 41.380 minutos. Aplicando a fórmula de disponibilidade já descrita na Metodologia, obteve-se um resultado aproximado de 95,88%.

6.3.2 Desempenho

Desempenho mede a velocidade de produção do equipamento em relação à sua capacidade máxima teórica. É uma avaliação de quão eficientemente o equipamento está operando, considerando perdas de velocidade, como paradas rápidas ou redução de ritmo de produção.

O desempenho ideal é alcançado quando o equipamento opera continuamente em sua velocidade máxima, sem interrupções.

Embora a tabela de vendas do trabalho indique uma comercialização média de 40 toneladas por mês durante o período estudado, o valor de 50 toneladas foi utilizado nos cálculos de produção, pois representa a quantidade efetivamente produzida pela fábrica, incluindo o volume que permanece em estoque. Nos três meses analisados, observou-se essa média de produção, mesmo com vendas momentaneamente abaixo da média histórica anual. Em uma visão mais ampla, a empresa apresenta variações sazonais de demanda, com meses em que as vendas superam o volume registrado no período específico do estudo.

Para o cálculo do Desempenho, foi considerada a produção real mensal de aproximadamente 50 toneladas em relação à capacidade máxima de 60 toneladas. Como a produção ocorre em três turnos de 8 horas por dia, com operação contínua ao longo do mês, os valores foram ajustados para uma base horária, dividindo a produção mensal pelo número total de horas produtivas. Esse ajuste permitiu comparar diretamente a produção real por hora com a capacidade nominal por hora, resultando em uma relação de aproximadamente 69,44 para 83,33 unidades por hora. Aplicando a fórmula de desempenho apresentada na metodologia, obteve-se um valor final de aproximadamente 83,33%.

6.3.3 Qualidade

Qualidade avalia a proporção de produtos que atendem aos padrões de qualidade em relação ao total de produtos fabricados. Um equipamento eficiente não só produz grandes quantidades, mas também garante que a maior parte dos produtos estejam dentro das especificações de qualidade, reduzindo assim a necessidade de retrabalhos e descartes.

Para o cálculo do indicador de Qualidade, considerou-se uma produção total

de 50.000 kg no período analisado, sendo que 4.000 kg apresentaram necessidade de reprocessamento devido a problemas de granulometria, exigindo nova peneiração para atender às especificações. Assim, foi utilizado o valor de 46.000 kg como produção de unidades boas. Aplicando a fórmula de qualidade já descrita na Metodologia, obteve-se um resultado aproximado de 92%

6.3.4 Calcular OEE

Para obter o valor do OEE, foram utilizados os resultados calculados previamente para disponibilidade, desempenho e qualidade, aplicando a fórmula já apresentada na metodologia, que consiste em multiplicar esses três indicadores. Com base nos valores encontrados, obteve-se um OEE aproximado de 73,55%, refletindo o aproveitamento global dos equipamentos no período analisado.

6.3.5 Análise dos resultados de OEE

O OEE (Overall Equipment Effectiveness) é um indicador que mede a eficiência de um processo produtivo, considerando três fatores principais: disponibilidade, desempenho e qualidade.

No caso analisado, o OEE da empresa foi de 73,55%, o que indica um nível de eficiência bom, mas com espaço para melhorias. Um OEE de 85% ou mais é considerado excelente na maioria das indústrias, mostrando que o processo está operando de forma extremamente eficiente.

A disponibilidade, que foi de 95,88%, indica que os equipamentos estão disponíveis e operando na maior parte do tempo planejado. Este valor é alto e pode ser ligeiramente melhorado monitorando e reduzindo ainda mais o tempo de inatividade não planejada.

O desempenho, com um valor de 83,33%, sugere que há um bom índice de eficiência, mas ainda há potencial para otimização, como a eliminação de gargalos no processo de produção e otimização das configurações dos equipamentos.

A qualidade, que atingiu 92%, demonstra que a maioria dos produtos são aprovados, mas pode ser melhorada implementando controles de qualidade mais rigorosos e treinamentos adicionais para os operadores.

Concluindo, o OEE de 73,55% mostra que a empresa está operando em um

nível de eficiência satisfatório, mas que existem oportunidades de melhoria nos três pilares: disponibilidade, desempenho e qualidade.

Focar em otimizações nessas áreas pode elevar o OEE para um patamar excelente, acima de 85%. A adoção de práticas de manutenção preventiva, a análise de gargalos no processo e a implementação de treinamentos adicionais são passos recomendados para melhorar ainda mais a eficiência global dos equipamentos da empresa.

Segundo Silva, Vaz e Campos (2020), de modo geral, o OEE em indústrias de processo químico varia entre 60 % e 75 %. No Brasil, a Braskem, maior petroquímica da América Latina, adota práticas de gestão da produção que mantêm índices médios de eficiência próximos a 75 % em suas plantas de polietileno e polipropileno (BRASKEM, 2023). Internacionalmente, a BASF, referência global no setor químico, reporta regularmente desempenhos de OEE acima de 75 % em unidades automatizadas, alinhando-se ao conceito de operações de classe mundial (BASF, 2023). Assim, o valor de 73,55 % de OEE obtido nesta pesquisa indica que a empresa de carvão ativado estudada apresenta um nível de eficiência comparável ao de grandes empresas do setor químico nacional e internacional, corroborando a eficácia de suas práticas operacionais.

A análise dos dados do OEE mostrou que uma parte significativa do tempo de parada está relacionada a setups ou trocas rápidas, que consistem nos ajustes necessários para preparar os equipamentos para a produção de diferentes granulometrias ou lotes. Esse processo inclui a troca de peneiras, regulagens e limpeza para evitar contaminação entre diferentes tipos de carvão ativado. Embora necessário para garantir a qualidade do produto, o tempo excessivo gasto nessas trocas representa uma perda importante de disponibilidade operacional.

Com base nesses dados, uma proposta de atuação seria investir na análise detalhada dos tempos de setup, buscando identificar etapas que possam ser padronizadas, simplificadas ou preparadas externamente, aplicando conceitos de troca rápida de ferramentas para reduzir o tempo de parada. Além disso, o planejamento mais estratégico da produção, agrupando lotes semelhantes ou organizando a sequência de produção para minimizar trocas de granulometria, pode contribuir significativamente para reduzir paradas, melhorar a eficiência global dos equipamentos e aumentar a competitividade da empresa.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o sistema de manutenção de uma empresa produtora de carvão ativado, abordando aspectos essenciais para a eficiência e a segurança dos processos produtivos. A coleta de históricos de falhas e paradas possibilitou quantificar o tempo de inatividade e identificar as principais causas dessas interrupções, gerando dados concretos para embasar futuras melhorias no sistema de manutenção. O cálculo do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) resultou em 73,55%, demonstrando um desempenho dentro da média do setor, mas com margem significativa para otimização, especialmente relacionada aos tempos de setup e à padronização dos procedimentos.

Durante o desenvolvimento do estudo, uma das principais dificuldades encontradas foi a ausência de registros padronizados e detalhados de manutenção, o que exigiu um trabalho adicional de organização e validação das informações. Também se observou uma falta de integração entre os setores de produção e manutenção, fator que contribuiu para paradas não planejadas e tempos elevados de setup. Essas questões evidenciam a importância de fortalecer a cultura de manutenção preventiva e aprimorar o gerenciamento dos dados operacionais da empresa.

A análise dos resultados reforça a necessidade de ações direcionadas para reduzir perdas relacionadas a setup e trocas rápidas, visto que essas atividades representam uma parcela significativa das paradas. Investir na revisão e padronização de procedimentos operacionais, além de capacitar a equipe para práticas mais ágeis e organizadas, pode contribuir diretamente para o aumento da disponibilidade e do desempenho dos equipamentos.

Recomenda-se, portanto, investigar mais detalhadamente os tempos de setup, com o objetivo de aplicar técnicas de redução e aperfeiçoamento desses processos. Também é indicado o desenvolvimento de indicadores adicionais de confiabilidade e custo, além da implementação de treinamentos específicos para operadores e equipe de manutenção. Tais medidas poderão elevar o OEE, reduzir custos operacionais e fortalecer a competitividade da empresa no mercado.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Marcos Ronaldo *et al.* **Aplicação da eficiência global de equipamentos com indicador de qualidade sem perdas.** 2012.

ALBERTO DE FREITAS, C. *et al.* **A evolução da segurança no trabalho aplicada na manutenção industrial 4.0 Processo de Avaliação: Double Blind Review Adriano Real Silva.** 2023

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial - Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada.** Editora Saraiva, 2015. E-book. ISBN 9788536519791.

BASF. *Relatório Anual 2023.* Ludwigshafen: BASF SE, 2023. Disponível em: <https://www.basf.com>. Acesso em: 16 jun. 2025.

BRASKEM. *Relatório Anual 2023.* São Paulo: Braskem S.A., 2023. Disponível em: <https://www.braskem.com.br>. Acesso em: 16 jun. 2025.

CHIRMICI, Anderson; OLIVEIRA, Eduardo Augusto Rocha de. **Introdução à Segurança e Saúde no Trabalho.** Grupo GEN, 2016. E-book. ISBN 9788527730600.

FILHO, E. D. *et al.* **Otimização da performance da linha de produção mediante a implantação da Manutenção Produtiva Total Optimization of production line performance through the implementation of Total Productive Maintenance.** 2017.

FOGLIATTO, Flavio. **Confiabilidade e Manutenção Industrial.** [Digite o Local da Editora]: Grupo GEN, 2009. E-book. ISBN 9788595154933. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788595154933/>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

GONZAGA, Luiz; NETO, Costa. **Influência do Monitoramento Objetivo e Subjetivo na Disponibilidade e Confiabilidade de Equipamentos Industriais.** 2006. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado em Engenharia de produção, UNIMEP, Santa Bárbara D'Oeste. 2006.

GREGÓRIO, Gabriela F P.; SILVEIRA, Aline M. **Manutenção industrial.** Grupo A, 2018. E-book. ISBN 9788595026971. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788595026971/>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

HERPICH, Cristiano; SANSON, Flavio. **Aplicação de FMECA para Definição de Estratégias de Manutenção em um Sistema de Controle e Instrumentação de Turbogeneradores.** Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, 2013. Disponível em: <<http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/viewFile/2594/pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

MARCORIN, Wilson R.; LIMA, Carlos R. C. **Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos.** Revista de Ciência & Tecnologia, Santa Bárbara d'Oeste, v. 11, n. 22, p. 35-42, jul./dez., 2003. Disponível

em: <<https://phys.org/news/2023-07-korean-team-room-temperature-ambient-pressure-superconductor.html>>. Acesso em: 19, out., 2023.

MENEGON, E. M. P.; ZAMBARDA, A. B. Percepção de colaboradores sobre as ações de treinamentos em uma indústria têxtil. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, p. 07–20, 1 jan. 2019.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM**. Instituto IMAM, 1989.

OLIVEIRA, J. C. DE. Segurança e saúde no trabalho: uma questão mal compreendida. **São Paulo em Perspectiva**, v. 17, n. 2, p. 03–12, jun. 2003.

SANTOS, P. V. S.; SANTOS, L. DI P. G. DOS. Avaliação da eficiência geral de equipamento como suporte para gestão da qualidade. **ForScience**, v. 9, n. 1, p. e 00914, 19 mar. 2021.

SELEME, R. **Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. Curitiba: Intersaberes, 2015.

SILVA, R. F. da; VAZ, C. R.; CAMPOS, M. F. B. de. Aplicação do indicador OEE em processos industriais: estudo de caso em uma indústria de pequeno porte. *Revista Gestão Industrial*, v. 16, n. 1, p. 1–20, 2020.

SILVEIRA, Aline M.; VILSEKI, Abel J.; PEZZATTO, Alan T.; *et al.* **Confiabilidade de sistemas**. Grupo A, 2018. E-book. ISBN 9788595028456.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM, **Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed. 2002.

APÊNDICE A - EQUIPAMENTOS

Caldeira ativadora

- Limpeza da caldeira
- Correia
- Corrente
- Polia
- Eixo transportador
- Marcha da descarga (velocidade)
- Motor
- Mancal
- Rolamento
- Mangueira de vapor
- Bomba de água
- Rolamento da bomba
- Nível do visor de água
- Bomba injetora
- Exaustor do lavador
- Chaminé
- Limpeza dos tubos (cachimbo)
- Válvula da descarga caldeira segurança

Moinho de martelo

- motor 1 helicoidal transporte inicial
- Motor 2 gira o martelo
- Motor 3 helicoidal para silo de armazenamento
- Martelos
- Telas de granulometria
- Rolamento do transporte (mancal)
- Rosca transportadora
- Redutor 1 motor (velocidade)
- Redutor 2 motor
- Ciclone do produto moído (final)
- Parafuso do mancal do eixo

Peneira vibratória

- telas de granulometria
- Motor vibratório
- Molas
- Rolamento do motor
- Cintas

Filtro manga (segura o pó)

- Manga
- Purgador (segura a água)
- Mangueira
- Válvula pneumática (ar limpo)
- Exaustor
- Motor
- Rolamento do motor
- Ventoinha
- Mancal do exaustor
- Rolamento do exaustor
- Correia
- Polia
- Limpeza (linha de exaustão)
- Compressor
- Correia compressor
- Polia compressor
- Motor do compressor
- Óleo do compressor

APÊNDICE B - Lista de parada: NOVEMBRO

EQUIPAMENTO	INÍCIO	FINAL
Moinho: estava vazando pó para o rolamento, troca do mancal, rolamento e parafusos. Feita chapa para vedar o pó, causa desgaste.	Dia 01/11 9:05 h	10:30 h
Peneira: troca da peneira	12:00 h	12:10 h
Filtro manga: limpeza	12:15 h	12:30 h
Moinho: troca do martelo	14:00 h	14:30 h
Peneira: troca peneira	Dia 03/11 7:00 h	7:30 h
Peneira: troca peneira	18:20 h	18:30 h
Peneira: troca peneira	Dia 04/11 8:00 h	8:20 h
Moinho: troca martelo e manutenção do eixo	13:00 h	13:30 h
Peneira: troca peneira	15:10 h	15:20 h
Moinho: troca peneira do moinho	Dia 06/11 15:25 h	15:55 h
Filtro manga: limpeza	Dia 07/11 8:00 h	8:40 h
Filtro manga: troca correia exaustor	9:00 h	9:40 h
Peneira: troca peneira	10:00 h	10:15 h

Peneira: troca peneira	Dia 08/11 7:40 h	8:00 h
Moinho: troca do martelo, eixo, reforma peneira de moagem	15:45 h	17:00 h
Corrente transportadora da descarga: solda	21:00 h	21:45 h
Filtro manga: Limpeza	Dia 11/11 16:30 h	16:50 h
Moinho: troca martelo e soldar eixo moinho	16:55 h	17:50 h
Peneira: troca peneira	Dia 12/11 11:40 h	11:45 h
Moinho: inverter o martelo para melhorar granulometria	12:25 h	13:20 h
Peneira: troca peneira	16:30 h	16:35 h
Peneira: troca peneira	17:40 h	17:45 h
Filtro manga: troca de óleo do compressor e arrumar mangueira	18:00 h	18:20 h
Caldeira: Pré limpeza e retirada de todos os cachimbos para limpar	Dia 13/11 8:00 h	10:30 h
Moinho: troca tela de moagem e troca martelo	8:20 h	9:00 h
Peneira: troca peneira	9:05 h	9:15 h
Moinho: troca tela de moagem	Dia 14/11 12:15 h	12:45 h
Peneira: troca peneira	17:50 h	18:00 h
Forno: troca de cachimbos e mangueira de vapor	Dia 15/11 7:45 h	8:15 h
Forno: limpeza do forno, retirada das cinzas	12:20 h	12:40 h
Peneira: troca peneira	15:00 h	15:10 h
Peneira: troca peneira	Dia 17/11 7:00 h	7:10 h
Moinho: troca do martelo, rolamento e mancal	12:30 h	14:00 h
Peneira: troca peneira	14:20 h	14:30 h
Moinho: troca da peneira	Dia 18/11 11:40 h	12:10 h
Peneira: troca peneira	16:30 h	16:40 h

Peneira: troca peneira	Dia 19/11 10:40 h	10:45 h
Moinho: troca peneira	13:00 h	13:40 h
Peneira: troca peneira	Dia 20/11 00:00 h	00:10 h
Filtro manga: tirar carvão pó, engraxar rotor e rolamento	14:00 h	14:30 h
Moinho: troca da peneira	14:35 h	15:00 h
Peneira: troca peneira	Dia 21/11 13:30 h	13:40 h
Moinho: troca mancal e rolamento	14:00 h	14:30 h
Moinho: troca dos martelos	Dia 22/11 8:00 h	9:15 h
Filtro manga: tirar o carvão, troca da correia do motor exaustor	8:50 h	9:20 h
Moinho: troca martelo	Dia 23/11 10:40 h	11:30 h
Peneira: troca peneira	12:00 h	12:10 h
Caldeira: manutenção do cachimbo e mangueira vapor	Dia 26/11 9:00 h	10:30 h
Peneira: troca peneira	10:40 h	10:50 h
Moinho: troca martelo e troca tela	Dia 27/11 8:00 h	9:25 h
Filtro manga: limpeza filtro	13:00 h	13:30 h
Peneira: troca peneira	Dia 28/11 8:20 h	8:40 h
Descarga do carvão: quebrou o eixo que puxa a corrente, alinhamento do eixo, mancal soldado	11:40 h	13:10 h
Arrebentou a corrente que puxa o carvão: manutenção	15:00 h	15:40 h
Peneira: troca peneira	16:00 h	16:10 h
Peneira: troca peneira	Dia 29/11 8:00 h	8:15 h
Moinho: troca de martelos e manutenção da peneira, colocar PU para parar vazamento de pó	11:50 h	13:10 h
Filtro manga: tirar pó e fazer limpeza	16:40 h	17:10 h

60 paradas totais: 1820 min ou 30,33 horas

- 24 paradas para troca de peneira (granulometria) - Troca rápida/Setup – 280 min
- 7 paradas para troca peneira do moinho - Troca rápida/Setup – 280 min
- 7 paradas filtro manga limpeza – Limpeza – 195 min
- 8 trocas de martelos - Troca rápida/Setup – 270 min
- 9 paradas para manutenção – Corretiva – 475 min
- 5 paradas para manutenção - Preventiva – 320 min