

MANUTENÇÃO DE ATIVOS E ANÁLISE DE DADOS: UM ESTUDO DE CASO APLICADO À INDÚSTRIA METALMECÂNICA NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Gabriel Olegario ⁽¹⁾ (2022000913@ifam.edu.br), Roberto Canedo Rosa ⁽¹⁾ (roberto.rosa@ifam.edu.br)

⁽¹⁾ Instituto Federal do Amazonas (IFAM); Departamento de Processos Industriais

RESUMO: *As empresas são exigidas a adotar práticas alinhadas com os padrões internacionais, não apenas para gerar riqueza, mas também para coletar, medir, analisar, melhorar e controlar os dados relacionados à geração dessa riqueza. Este controle visa tornar os processos menos variáveis e mais eficientes. Um setor que pode contribuir significativamente para este controle de variabilidade e eficiência é a Manutenção, especialmente o que compete a Gestão de Ativos, que agrega valor aos negócios em seus mais variados processos e atividades. Este estudo de caso baseia-se em dados de uma empresa do Polo Industrial de Manaus, especializada na fabricação de artefatos metalmecânicos, com o objetivo de sugerir melhorias na área de Gestão de Manutenção. A metodologia aplicada inclui a coleta e análise de dados, seguida pela implementação de ações de melhoria e controle. Os resultados esperados incluem processos mais eficientes e controlados, além de uma maior conformidade com as boas práticas internacionais.*

PALAVRAS-CHAVE: MANUTENÇÃO, GESTÃO DE ATIVOS, ANÁLISE DE DADOS, POLO INDUSTRIAL DE MANAUS.

ASSET MAINTENANCE AND DATA ANALYSIS: A CASE STUDY APPLIED TO THE METALWORKING INDUSTRY IN THE INDUSTRIAL HUB OF MANAUS

ABSTRACT: *Companies are required to adopt practices aligned with international standards, not only to generate wealth but also to collect, measure, analyze, improve, and control the data related to the generation of that wealth. This control aims to make processes less variable and more efficient. One sector that can significantly contribute to this control of variability and efficiency is Maintenance, particularly in the area of Asset Management, which adds value to businesses through various processes and activities. This case study is based on data from a company in the Manaus Industrial Hub, specializing in the manufacturing of metal-mechanical artifacts, with the objective of suggesting improvements in the Maintenance Management area. The applied methodology includes data collection and analysis, followed by the implementation of improvement and control actions. The expected results include more efficient and controlled processes, as well as greater compliance with international best practices.*

KEYWORDS: MAINTENANCE, ASSET MANAGEMENT, DATA ANALYSIS, MANAUS INDUSTRIAL HUB.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica dos processos fabris exige cada vez mais respostas céleres e assertivas da manutenção de ativos em relação às paradas de máquina, aos aumentos de demanda de produção ou à diminuição de custos de processos que não geram valor agregado no fluxo das empresas. Diante disso, muitas organizações adotam sistemas que integram várias de suas áreas hierárquicas para gerar relatórios e controles simples e dinâmicos, a fim de entender o que aconteceu, o que está acontecendo e, a partir disso, definir o que e como devem ocorrer as atividades na empresa dali para frente (Silva, 2022).

Nesse contexto, a gestão de ativos surge como uma abordagem promissora para identificar, organizar, planejar e controlar os dados gerados nos processos. Rui Coutinho (2017) define a gestão de ativos como uma disciplina que integra aspectos técnicos e gerenciais, com aplicação global e particular relevância para a gestão de infraestruturas. O foco está no desenvolvimento de ferramentas que permitam otimizar a utilização dos ativos para atingir os objetivos estratégicos da organização, também buscando auxiliar na orientação do planejamento tático e na compreensão das atividades operacionais, respondendo a questões cruciais como o impacto da redução de investimentos, a priorização de projetos e a avaliação do perfil de risco do portfólio de ativos e a sustentabilidade disso dentro da instituição.

Coutinho (2017) define um ativo como algo que possui valor real ou potencial para uma organização, podendo ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro. Ele descreve a gestão de ativos como "o conjunto coordenado de atividades de uma organização para a realização de valor através dos seus ativos". Para ativos tangíveis, como maquinário e equipamentos, isso envolve a otimização do equilíbrio entre custos, riscos e desempenho ao longo do ciclo de vida do ativo. A manutenção desempenha um papel crucial aqui, impactando o desempenho e a sustentabilidade desses ativos físicos.

Kayo *et al.* (2006) discutem a importância dos ativos tangíveis na formação do valor econômico de uma empresa, enfatizando que ativos tangíveis como maquinário e equipamentos continuam sendo fundamentais para as operações de muitas empresas. A gestão eficaz desses ativos, incluindo a manutenção adequada, garante a geração consistente de valor. A análise do ciclo de vida dos ativos tangíveis ajuda a determinar os investimentos ótimos em manutenção para melhorar o desempenho e a longevidade dos ativos.

Silva (2022) explora a natureza multidisciplinar da gestão de ativos físicos, focando na otimização da criação de valor através dos ativos tangíveis de uma organização. Esta gestão complexa exige processos estruturados, recursos humanos qualificados, gerenciamento de informações e liderança comprometida. Garantir diretrizes claras para o alinhamento dos processos organizacionais com a gestão de ativos tangíveis é crucial para superar desafios e assegurar a eficácia operacional.

Costa *et al.* (2019) examinam a conformidade das empresas industriais com a norma NBC TG 27 (R4) para a divulgação de ativos fixos no Rio Grande do Sul, Brasil. Eles descobriram que a divulgação adequada dos ativos tangíveis, como maquinário industrial, impacta os relatórios financeiros e os processos de tomada de decisão. Assegurar a conformidade com as normas contábeis ajuda a proporcionar transparência e melhores informações para as partes interessadas, aprimorando a gestão e manutenção desses ativos.

Barbosa e Gomes (2002) realizaram um estudo exploratório sobre o controle gerencial de ativos tangíveis em empresas brasileiras, enfatizando a necessidade de uma medição adequada e de ações gerenciais para manter e aprimorar esses ativos. Eles encontraram que ativos tangíveis, como máquinas e instalações, requerem monitoramento contínuo e intervenção para garantir que contribuam efetivamente para os objetivos operacionais da empresa. Isso envolve a integração de indicadores de desempenho e atividades de gestão voltadas para manter e melhorar a condição dos ativos tangíveis.

Koksal e Ozdemir (2016) apresentam um plano de manutenção melhorado para transformadores de potência, centrado na confiabilidade da gestão de ativos. Eles desenvolveram um modelo de Markov para analisar os procedimentos de manutenção existentes e realizaram uma análise de sensibilidade para determinar as taxas de transição efetivas. A pesquisa destaca que a manutenção centrada na confiabilidade (RCM) pode otimizar a confiabilidade dos transformadores e reduzir os custos totais, prolongando a vida útil dos ativos e melhorando a eficiência do sistema de transmissão.

A gestão de ativos tangíveis, particularmente no contexto da manutenção, é essencial para a eficiência operacional e a criação de valor nas empresas. A literatura destaca a importância de processos bem estruturados, recursos qualificados e liderança comprometida na implementação de práticas de manutenção que garantam a confiabilidade e disponibilidade dos ativos. Ao otimizar o equilíbrio entre custos, riscos e desempenho, as empresas podem garantir que seus ativos tangíveis continuem a contribuir significativamente para sua competitividade e sustentabilidade no mercado.

Silva (2022) explora a importância da gestão de ativos físicos como uma disciplina multidisciplinar que busca otimizar a criação de valor através dos ativos de uma organização. O autor destaca a complexidade da gestão de ativos físicos, que exige processos estruturados, recursos humanos qualificados, gerenciamento de informações e liderança comprometida. A falta de clareza nas diretrizes para alinhamento dos processos organizacionais com a gestão de ativos, bem como a escassez de estudos sobre a série ISO 55000, são apontadas como desafios para a sua implementação.

Ainda de acordo com Silva (2022), uma manutenção deficiente pode resultar em falhas que colocam pessoas em risco, causam perdas financeiras e inviabilizam as operações. Dessa forma, o

gerenciamento de manutenção, como um estágio crucial do ciclo de vida dos ativos, desempenha um papel fundamental para atingir os objetivos organizacionais.

Para poder realizar a integração dos dados que envolvem a gestão de ativos na empresa metalmeccânica que está em análise, eles escolheram a empresa TOTVS com seu ERP Protheus® que são fundamentais para a gestão eficiente de ativos tangíveis. Essas tecnologias permitem o monitoramento em tempo real e a análise detalhada de dados sobre o desempenho e a manutenção dos equipamentos. A integração de sistemas ERP facilita a coleta e análise contínua de dados, otimizando a gestão de ativos e possibilitando decisões informadas que melhoram a produtividade e a rentabilidade das operações empresariais.

A análise de negócios desempenha um papel crucial na tomada de decisões empresariais, especialmente na gestão de ativos tangíveis. Conforme discutido por Castro *et al.* (2023), a implementação de sistemas de planejamento de recursos empresariais (ERP) facilita a integração de processos multifuncionais, melhorando a eficiência e a precisão das informações sobre ativos. Ao utilizar ferramentas de análise de dados, as empresas podem identificar padrões de uso e manutenção, prever falhas e otimizar os cronogramas de manutenção. Isso não apenas prolonga a vida útil dos ativos, mas também reduz os custos operacionais e melhora a competitividade no mercado.

Nesse contexto, este artigo tem por objetivo a análise de dados de uma empresa que atua na produção de artefatos metálicos em Manaus, que possui um sistema de gestão de ativos que ainda não está integrado ao sistema ERP Protheus® da TOTVS. Para o controle das atuações das suas manutenções, adota os apontamentos em tokens instalados nas máquinas de fabricação, que representam 60% do faturamento da empresa. Esse sistema com coletores de dados responde a inserções manuais de informações, tanto de paradas planejadas (como almoços e 5S) como paradas classificadas internamente como “emergenciais”, que envolvem tanto paradas da produção quanto da manutenção. As paradas de manutenção são acompanhadas pela geração de um número de controle que corresponde ao número da Ordem de Serviço, a qual conterá as horas de trabalho do executante da manutenção.

Este serviço de tokens é fornecido sob contrato por uma empresa terceira e tem por objetivo auxiliar no controle de ocorrências. Através dele, é possível criar um relatório, que pode ser filtrado por datas, estações (linhas de produção) e grupos de eventos (falhas, paradas, 5S, reuniões). Através de um desses relatórios de 2023, analisou-se todos os eventos apontados e verificou-se a possibilidade de melhorias para o processo de 10 estações/linhas de produção, sendo 6 de um tipo que envolve solda indutiva e 4 sem esse processo.

A análise das 10 linhas de produção mencionadas anteriormente será realizada sob a perspectiva da Gestão de Ativos e Manutenção, com base na definição de Falha fornecida pela NBR

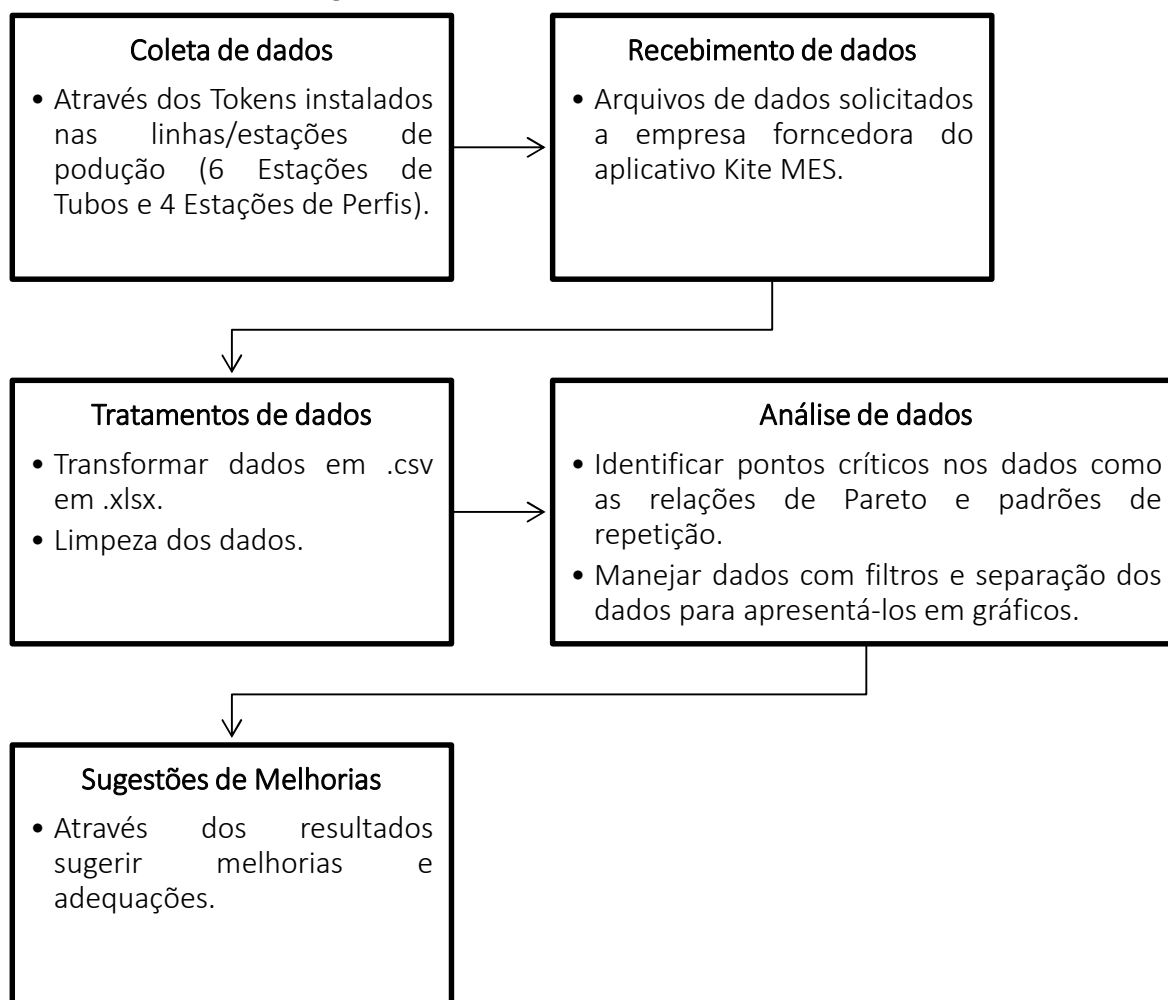
5462 (1994). De acordo com essa norma, falha é entendida como o "término da capacidade de um item desempenhar a função requerida". Em nossa análise, aplicamos essa definição aos dados coletados, onde falhas são representadas pelas Categorias de Eventos registrados pelos operadores no sistema de tokens das estações de trabalho. Esses eventos indicam ou alertam para a necessidade de uma intervenção emergencial da equipe de manutenção, uma vez que o equipamento parou inesperadamente, exigindo uma manutenção não programada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Fluxograma

Segue na Figura 1 o fluxograma referente ao processo para a análise dos dados referentes as linhas de fabricação de Estações de Tubos e Estações de Perfis coletados.

Figura 1. Fluxograma do processo dos dados.



Fonte: Autor (2024).

2.2 Contexto da Empresa

O estudo de caso foi realizado em uma empresa situada no Polo Industrial de Manaus, especializada na fabricação de artefatos metálicos. Esta empresa possui um sistema de gestão de ativos que ainda não está integrado ao sistema TOTVS Protheus®. O sistema utilizado atualmente para o controle das manutenções adota apontamentos em tokens instalados nas máquinas de fabricação, que representam 60% do faturamento da empresa.

2.3 Coleta de Dados

Conforme a Figura 1 a coleta de dados que foi realizada através do sistema de tokens, que registra tanto as paradas planejadas (como almoços e 5S) quanto as paradas emergenciais, que envolvem tanto a produção quanto a manutenção. Os dados foram extraídos de modelos de relatórios gerados pela interface web fornecido pelo proprietário do software Kite MES que podem ser filtrados por datas, estações (linhas de produção) e grupos de eventos (falhas, paradas, 5S, reuniões).

2.4 Tratamento de dados

Os dados foram enviados via e-mail pela equipe do software de manufatura em forma de um arquivo .csv. Os dados foram transformados em colunas, onde os títulos em inglês da primeira linha foram traduzidos. Na coluna “Categoria” que se trata dos tipos de eventos apontados, diferenciando-as para filtrar de acordo com a necessidade, foram traduzidos os itens da coluna da seguinte forma mostrada na Tabela 1:

Tabela 1. Adequação da nomenclatura das Categorias.

Categoria	Nova Categoria
event_category.stop	Parada
event_category.failure	Falha
event_category.maintenance	Manutenção
event_category.planned_stop	Parada Planejada
event_category.setup	Setup
event_category.preventive	Preventiva
event_category.inspection	Inspeção

Fonte: Autor (2024).

Na coluna “Ordem de Serviço”, onde estão os números de registro dos eventos que caracterizam as necessidades de manutenção corretiva foi mantido o termo “NULL” para indicar a ausência do número da Ordem de Serviço. Na coluna “Duração em horas” foi feito uma fórmula subtraindo a coluna “Data do fim” da coluna “Data do início” que se referem, respectivamente, ao fim e início do evento em relação a hora e data. Os termos da coluna Duração (Horas) tiveram sua fonte formatada para o formato HH:MM:SS (Horas:Minutos:Segundos). Para a coluna “Duração (Decimais)” o valor da célula desta coluna foi gerado da multiplicação do valor da coluna “Duração (Horas)” por 24 e o formato do texto resultante foi definido como número. Foi acrescentada mais uma coluna com cabeçalho “Hora do Dia” usando a fórmula =HORA() em relação a “Data inicial” e outra coluna chamada “Dia de semana” com a fórmula =DIA.DA.SEMANA(). Além disso, foi acrescentada uma coluna referente ao Tempo Total em Minutos dos Eventos.

2.5 Análise de dados

Após tratamento dos dados busca-se pontos de destaque ao dividir os dados entre as Categorias para buscar verificar padrões nos apontamentos de eventos como os que foram mais apontados em relação a soma total do tempo de duração dos eventos ou a repetição deles e as frequências que podem ser verificadas em relação aos dias de semana ou horário do dia.

Além disso, identificar pontos críticos como o Princípio de Pareto verificando tendências que em que 80% do impacto de perdas causados pelos eventos em relação ao tempo de duração saem de um número limitado de Categorias, assim como dentro das Falhas buscar essas mesmas tendências entre as Falhas nas linhas de Estações de Tubos e Estações de Perfis.

3. RESULTADOS

3.1 Tabelas dinâmicas

Em primeiro momento foi criada uma tabela dinâmica do banco de dados formatado anteriormente com 77045 linhas e 9 colunas para se obter a Tabela 2 onde se verifica o impacto de cada Categoria em relação a soma das horas.

Na coluna Categoria o maior dos apontamento em questão de tempo apontado em relação ao ano de 2023 foram as Paradas Planejadas com eventos de “Horário de Almoço/Janta” e “Abastecendo Máquina” com matéria prima, a segunda maior Categoria apontada em relação ao tempo total de duração em 2023 foram as “Paradas” com os maiores eventos em duração sendo “Parada não Categorizada” (quando o operador de produção não justifica a interrupção de produção maior que 3 minutos) e “Falta de Matéria Prima” que são apontamentos feitos pela equipe de produção que indicam paradas causadas pela produção como “ajustes” e “erros operacionais”.

A Categoria Falha aparece como terceiro maior apontamento em relação ao tempo de “Duração (Horas)” e é o apontamento feito pela Produção quando ocorre uma interrupção da produção da estação de trabalho ou linha de produção que ele é responsável, quando este apontamento ocorre a equipe da manutenção deve atender a atividade como manutenção emergencial, quando ocorre sem programação ou planejamento prévio considerando a disponibilidade do equipamento em questão.

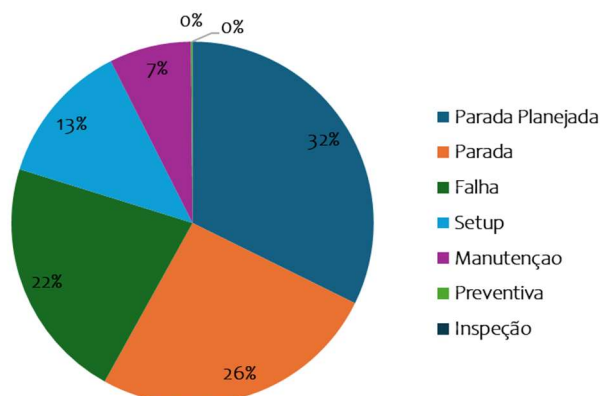
Tabela 2. Impacto em Horas por Categoria em 2023.

Categoria	Soma de Duração (Horas)
Parada Planejada	5766:29:16
Parada	4600:36:09
Falha	3878:46:48
Setup	2275:39:43
Manutenção	1305:22:24
Preventiva	24:46:18
Inspeção	1:21:52

Fonte: Autor (2024).

As 3 Categorias citadas anteriormente representam em relação ao tempo total de eventos apontados cerca de 79,80%. Segue Figura 2 para ilustrar o impacto percentual de cada Categoria.

Figura 2. Impacto em Horas por Categoria em 2023.



Fonte: Autor (2024).

Avaliando de forma mais detalhada o tipo de eventos classificados como Falhas de Categoria, conforme foi definido anteriormente, pode-se observar que esses eventos representam situações em que houve interrupções emergenciais na produção das respectivas Estações. Esses tipos de falhas não apenas interrompem a operação normal das máquinas, mas também têm um impacto direto e significativo no tempo disponível ou na disponibilidade das linhas de produção como um todo.

Quando falamos em disponibilidade, de acordo com a NBR 5462, estamos nos referindo a um conceito que vai além da simples capacidade de operação de um equipamento. A norma define disponibilidade como "a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados." Isso significa que, para que um equipamento ou sistema seja considerado disponível, ele não precisa apenas estar operacional; ele deve também estar apto a realizar a função esperada com confiabilidade, facilidade de manutenção e suporte adequado, assumindo que todos os recursos necessários estão à disposição.

Em contextos industriais, como o das linhas de produção de Estações de Tubos e Estações de Perfis analisadas, a disponibilidade é um indicador crítico de eficiência operacional. Uma falha em qualquer uma dessas estações não é simplesmente uma interrupção; é uma falha em todo o sistema de produção, que pode resultar em perdas financeiras significativas, atrasos na produção e, potencialmente, na insatisfação dos clientes devido a prazos não cumpridos. Assim, eventos classificados como falhas são particularmente preocupantes, pois eles sugerem não apenas um problema técnico, mas também uma vulnerabilidade na capacidade do sistema de produção de manter um nível de operação constante e confiável.

Essas falhas emergenciais interrompem a produção de maneira inesperada, exigindo uma resposta rápida e eficaz por parte da equipe de manutenção. A falta de uma resposta eficiente a essas falhas pode resultar em uma extensão desnecessária do tempo de inatividade, o que afeta ainda mais a disponibilidade da linha de produção. Consequentemente, a análise das falhas deve ser uma prioridade para a gestão de ativos, pois é a partir da identificação e correção desses problemas que se pode garantir uma operação mais eficiente e com menos interrupções.

O sistema Kite MES fornece um relatório que detalha os dados de disponibilidade para grupos de estações, que no caso são Estações de Tubos e Estações de Perfis. De acordo com esse relatório, o tempo disponível para produção nas linhas de Estações de Tubos foi de 972.181,25 minutos, enquanto para as Estações de Perfis foi de 616.523,00 minutos. A Tabela 3 apresenta os dados desse relatório para o ano de 2023 para cada estação das Estações de Tubos.

Tabela 3. Tempo de Falhas e Tempo Disponível das Estações de Tubos para 2023.

Estação	Tempo Acumulado de Falhas em Minutos	Tempo Disponível para Produção segundo Kite MES em Minutos
Tubo 1	26.081,05	151.168,89
Tubo 2	11.522,53	148.270,98
Tubo 3	17.169,08	155.824,75
Tubo 4	15.627,07	183.095,73
Tubo 5	10.478,27	193.333,50
Tubo 6	17.011,58	140.487,48
Tempo Acumulado de Falhas das Estações de Tubos	97.889,58	972.181,34

Fonte: Autor (2024).

Em relação ao tempo de minutos disponível das Estações de Perfis para 2023, verifica-se que é menor do que o das Estações de Tubos, em grande parte devido ao menor número de linhas de produção (6 Estações de Tubos e 4 Estações de Perfis). A diferença média de disponibilidade entre os dois grupos de linhas do nosso estudo foi de 7.899,45 minutos a menos para as Estações de Perfis, conforme mostrado na Tabela 4. Essa diferença entre o tempo disponível pode ser creditada a exigência de fabricação dos itens para criação de estoque ou outros fatores de demanda de vendas.

Tabela 4. Tempo de Falhas e Tempo Disponível das Estações de Perfis para 2023.

Estação	Tempo Acumulado de Falhas em Minutos	Tempo Disponível para Produção segundo Kite MES em Minutos
Perfil 1	25.148,83	185.633,22
Perfil 2	34.597,57	134.818,09
Perfil 3	26.300,03	159.975,02
Perfil 4	13.507,78	136.096,77
Tempo Acumulado de Falhas das Estações de Perfis	99.554,22	616.523,10

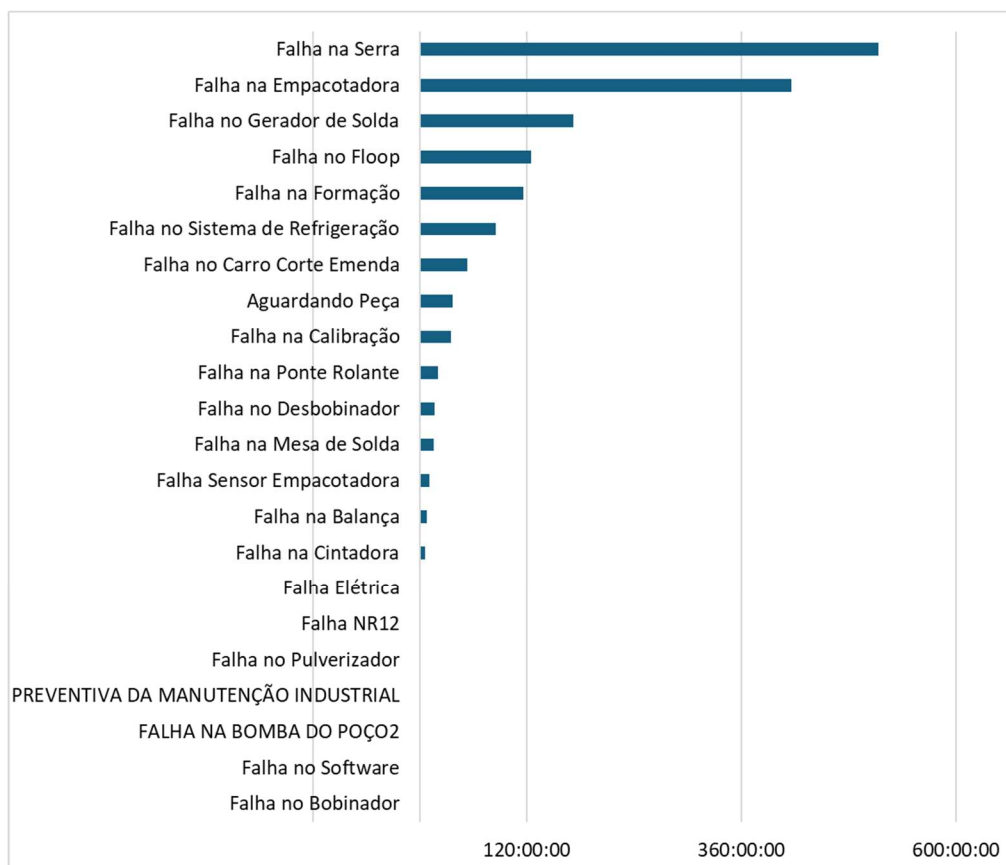
Fonte: Autor (2024).

Após isso foram filtrados os dados referentes somente a “Categoria” “Falha” e foram divididas as falhas em 2 guias, uma somente para as linhas de Estações de Tubos, apresentado na Figura 3, que são os equipamentos que recebem bobinas de aço e as conformam a ponto de seus Estações de Perfis transversais serem circulares, quadrados e retangulares soldando o ponto de contato entre as laterais do tubo de maneira transversal com um equipamento que realiza uma solda indutiva, o outro modelo de equipamento que tem seus apontamentos em destaque são as perfiladeiras que são diferentes em relação as formadoras de Estações de Tubos por não precisar unir as laterais dos Estações de Perfis. Estas máquinas têm vários fabricantes nacionais e internacionais.

Foram filtrados o valor da soma das horas de “Duração (horas)” em ordem decrescente e criada outras colunas, uma para média do tempo de Falha por evento e outra coluna com a frequência de repetição dos eventos.

Em relação as linhas de fabricação de Estações de Tubos o evento que mais impactou em soma total de horas foram as Falha na Serra, sendo a serra padrão utilizada chamada de Serra Voadora responsável pelo corte dos Estações de Tubos no tamanho solicitado pelos clientes, sendo em média o tamanho de 6 metros.

Figura 3. Eventos de Falhas nas Estações de Tubos de 2023.



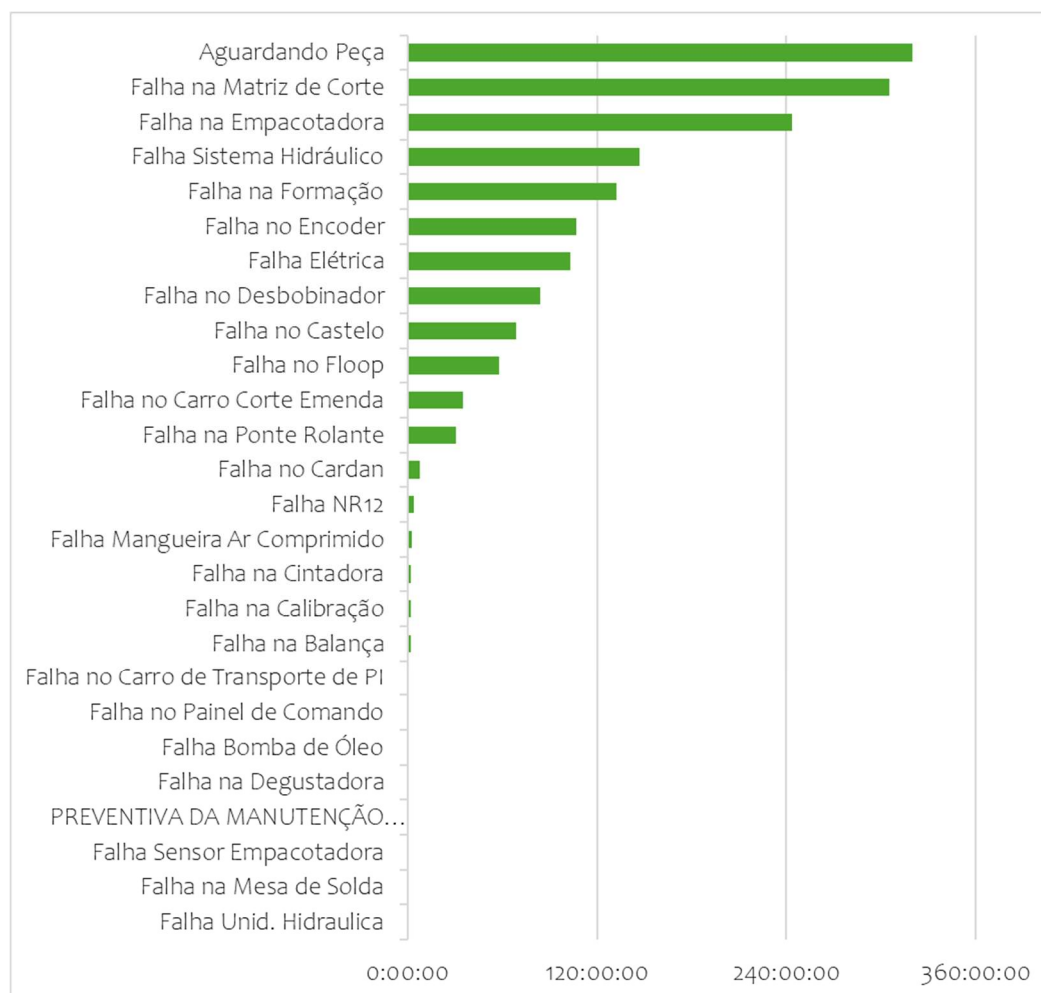
Fonte: Autor (2024).

O evento que em média teve o maior tempo de atividade da manutenção foi o apontamento Aguardando Peça devido as dificuldades logísticas e demanda de atividades corretivas emergenciais.

O Evento que mais se repetiu em 2023 nas linhas de Estações de Tubos foram as Falhas na Empacotadora, penúltimo equipamento da linha de produção, só anterior a Balança, onde é feita a amarração dos fardos de Estações de Tubos e Estações de Perfis.

Os filtros e ajustes que foram feitos para as “Estações de Tubos”, também foram feitos para as “Estações de Perfis” como mostrado na Figura 4 a seguir:

Figura 4. Eventos de Falhas nas Estações de Perfis de 2023.



Fonte: Autor (2024).

Em relação as Estações de Perfis o evento com maior impacto em tempo total e maior média de tempo de duração foi o Aguardando Peça devido as mesmas dificuldades logísticas e de processo apresentadas para as linhas de Estações de Tubos. A Falha na Empacotadora também se destaca nas

perfiladeiras como evento mais repetitivo devido principalmente a quantidade de sensores sensíveis a variações dos processos como sensores magnéticos e ópticos para controle no empacotamento dos fardos.

Em relação as datas e períodos da sinalização dos eventos de falhas nas Estações de Tubos destacam-se os horários de início de turno comercial das 7 às 9 mostrados a seguir na Tabela 5.

Tabela 5. Impacto de Falhas das Estações de Tubos por Hora do Dia.

Hora do dia	Soma de Duração (Horas)	Média de Duração (Horas)	Contagem de Duração (Horas)
7	268:03:39	0:57:02	282
8	207:46:37	0:33:31	372
9	101:14:33	0:23:55	254
23	91:34:28	0:18:04	304
13	88:21:38	0:20:47	255
12	83:24:33	0:30:54	162
10	77:44:40	0:19:26	240
14	76:54:10	0:16:32	279
0	76:27:47	0:18:30	248
15	73:29:14	0:17:42	249
22	65:43:27	0:25:36	154
4	58:40:09	0:17:26	202
16	57:13:39	0:13:38	252
3	56:02:28	0:27:47	121
5	52:20:13	0:16:21	192
11	50:09:21	0:18:01	167
1	41:16:11	0:12:08	204
6	31:57:45	0:10:22	185
2	29:08:29	0:16:11	108
21	15:55:35	0:24:30	39
20	13:42:44	0:51:25	16
17	11:51:19	0:11:51	60
18	1:22:58	0:13:50	6
19	1:03:58	0:12:48	5
Total Geral	1631:29:35	0:22:28	4356

Fonte: Autor (2024).

Quanto aos Estações de Perfis a maioria dos eventos também ocorre no início do turno comercial a partir do analisado na Tabela 6.

Tabela 6. Impacto de Falhas das Estações de Perfis por Hora do Dia.

Hora do Dia	Soma de Duração (Horas)	Média de Duração (Horas)	Contagem de Duração (Horas)
7	490:36:58	1:29:45	328
8	211:03:32	0:27:00	469
9	113:52:32	0:15:27	442
23	98:55:03	0:25:03	237
13	76:50:32	0:14:38	315
22	75:04:43	0:54:16	83
10	63:53:54	0:09:48	391
14	63:39:06	0:10:33	362
12	60:16:44	0:15:48	229
15	56:25:23	0:08:09	415
11	54:22:58	0:11:27	285
16	49:57:53	0:07:16	413
0	47:36:19	0:17:00	168
4	41:04:25	0:12:50	192
6	33:55:26	0:10:26	195
5	30:34:01	0:09:02	203
2	28:36:32	0:09:02	190
1	27:49:26	0:09:32	175
3	13:49:13	0:17:39	47
17	8:35:48	0:05:16	98
21	4:26:37	0:26:40	10
18	3:57:58	0:09:55	24
20	2:15:43	0:33:56	4
19	1:33:27	0:08:30	11
Total Geral	1659:14:13	0:18:50	5286

Fonte: Autor (2024).

3.2 Propostas de Soluções e Melhorias

As falhas na serra, especialmente na Serra Voadora utilizada para cortar Estações de Tubos no tamanho solicitado, podem ser atribuídas ao desgaste natural das lâminas de corte, problemas de alinhamento e manutenção inadequada ou tardia. Conforme os dados coletados, as "Falhas na Serra" representam uma grande porcentagem do tempo de inatividade nas linhas de produção de Estações de Tubos.

Implementar um programa de manutenção preventiva específico para as serras, incluindo inspeções regulares, substituição programada das lâminas e alinhamento periódico dos equipamentos. Adicionalmente, treinamentos regulares para os operadores sobre a utilização correta e manutenção básica das serras podem reduzir significativamente a frequência e a duração dessas falhas. Estudos como o de Catelli (2003) destacam a importância de uma manutenção preventiva eficaz para a longevidade dos equipamentos.

Aguardando Peça que teve o maior tempo médio de atividade de manutenção, indica dificuldades logísticas na obtenção de peças de reposição. Isso pode ser causado por uma gestão de inventário inadequada, longos tempos de entrega dos fornecedores ou uma comunicação ineficaz entre a equipe de manutenção e o departamento de compras. A análise dos dados mostrou que "Aguardando Peça" é uma causa significativa de inatividade nas linhas de Estações de Tubos e perfiladeiras.

Melhorar a gestão de inventário utilizando sistemas de gestão de estoque just-in-time (JIT) e estabelecendo contratos com fornecedores que garantam prazos de entrega mais curtos. A integração dos sistemas de manutenção com o ERP pode facilitar a previsão de necessidades de peças e permitir a realização de pedidos de reposição de forma mais proativa. Estudos como o de Koksall e Ozdemir (2016) sugerem que a integração de sistemas pode melhorar a eficiência da cadeia de suprimentos e reduzir tempos de inatividade.

As falhas na empacotadora, identificadas como o evento mais frequente tanto nas linhas de Estações de Tubos quanto nas perfiladeiras, podem ser resultado de sensores defeituosos ou mal calibrados, bem como problemas mecânicos recorrentes. De acordo com os dados analisados, estas falhas são predominantes devido à complexidade dos sistemas de sensores envolvidos no empacotamento.

Realizar uma revisão completa dos sensores utilizados, substituindo os defeituosos e calibrando os restantes de acordo com as especificações do fabricante. Além disso, implementar um programa de manutenção preventiva e preditiva para identificar e corrigir problemas mecânicos antes que causem falhas. Silva (2022) destaca a importância de uma manutenção preditiva para evitar falhas não planejadas e melhorar a eficiência dos processos.

Realizar uma análise de causa raiz (RCA) para cada uma das principais falhas identificadas. Ferramentas como a Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) e os Cinco Porquês podem ser úteis

para identificar as causas subjacentes das falhas e desenvolver soluções eficazes para preveni-las no futuro. A literatura sugere que uma RCA detalhada pode revelar problemas sistêmicos que, se corrigidos, podem melhorar significativamente a confiabilidade dos equipamentos.

Integrar o sistema de gestão de ativos com o sistema ERP da empresa. A integração permitirá uma visão holística dos dados de produção e manutenção, facilitando a tomada de decisões baseadas em dados. O uso do software Kite MES pode ser expandido para incluir mais funcionalidades de análise de dados em tempo real e monitoramento de desempenho. A integração de sistemas é recomendada por estudos como o de Koksall e Ozdemir (2016), que demonstram melhorias na eficiência operacional e na resposta a falhas.

Utilizar técnicas de análise de dados avançadas, como aprendizado de máquina e análise preditiva, para prever falhas e otimizar os cronogramas de manutenção. Isso pode incluir a implementação de algoritmos de aprendizado de máquina que analisem os dados históricos de falhas e prevejam futuros pontos de falha com base em padrões identificados. Silva (2022) sugere que a análise preditiva pode reduzir significativamente o tempo de inatividade e os custos de manutenção.

Investir na formação e desenvolvimento contínuo dos operadores e técnicos de manutenção. A criação de programas de certificação e workshops regulares pode garantir que a equipe esteja atualizada com as melhores práticas de manutenção e novas tecnologias. Estudos demonstram que a formação contínua melhora a eficiência operacional e reduz a ocorrência de erros humanos.

Revisar e atualizar os procedimentos operacionais padrão (SOPs) para refletir as melhores práticas de manutenção e operação dos equipamentos. Incluir diretrizes claras para a documentação e reporte de falhas, bem como procedimentos para a resposta rápida a eventos de manutenção emergencial. A literatura destaca a importância de SOPs bem definidos para garantir a consistência e a qualidade dos processos operacionais.

Implementar as soluções propostas e conduzir análises adicionais pode ter vários impactos positivos na operação da empresa.

Redução do Tempo de Inatividade: A adoção de manutenção preventiva e preditiva, aliada à melhor gestão de inventário, pode reduzir significativamente o tempo de inatividade causado por falhas e espera por peças de reposição.

Aumento da Eficiência Operacional: A integração de sistemas e o uso de análise de dados avançada permitem uma gestão mais eficaz dos ativos, otimizando a produção e melhorando a eficiência operacional.

Melhoria da Qualidade do Produto: Com equipamentos em melhores condições de funcionamento e processos operacionais otimizados, a qualidade dos produtos pode ser mantida ou até melhorada.

Redução de Custos: A prevenção de falhas e a manutenção eficiente reduzem os custos operacionais associados a reparos emergenciais e perda de produção.

A aplicação dessas estratégias não apenas melhora a eficiência e a eficácia das operações de manutenção, mas também proporciona uma base sólida para a inovação contínua e o crescimento sustentável da empresa.

4. CONCLUSÃO

A análise detalhada dos dados de produção e manutenção forneceu uma avaliação crítica dos principais fatores que impactam a eficiência operacional na empresa estudada. O estudo de caso destacou a importância de uma gestão eficaz de ativos tangíveis e a necessidade de estratégias robustas de manutenção. As categorias de paradas planejadas, paradas não planejadas e falhas representam uma parte significativa do tempo de inatividade, afetando diretamente a produtividade e a rentabilidade da empresa.

Especificamente em relação às falhas, os dados revelaram que as falhas nos equipamentos críticos, como a Serra Voadora e a Empacotadora, contribuíram significativamente para o tempo de inatividade total. Essas falhas não apenas diminuem a produtividade, mas também aumentam os custos operacionais devido à necessidade de reparos emergenciais e substituição de peças. A Falha na Serra, por exemplo, apresentou o maior tempo acumulado de inatividade, indicando que o equipamento requer uma atenção especial em termos de manutenção preventiva e preditiva. A categoria "Aguardando Peça" também se mostrou crítica, destacando problemas relacionados à gestão de inventário. A falta de peças sobressalentes disponíveis em tempo hábil prolongou significativamente o tempo de inatividade, revelando a necessidade de uma gestão de estoque mais eficiente, que possa responder rapidamente às demandas emergenciais.

Para mitigar esses problemas, propõe-se a implementação de um projeto piloto de melhorias, que pode ser focado em um único equipamento, como a Serra Voadora, ou em uma linha de produção específica, como uma linha de Estações de Tubos ou Estações de Perfis.

Além disso, a comunicação com os fornecedores dos equipamentos é fundamental. A interação regular com os fornecedores pode levar ao suporte técnico adicional, atualizações de software e até mesmo à recomendação de retrofit dos equipamentos. O retrofit, que envolve a modernização de equipamentos com novas tecnologias, pode ser uma solução eficaz para reduzir a frequência e a gravidade das falhas. Por exemplo, a Serra Voadora, com altos índices de falhas, poderia se beneficiar significativamente de um retrofit, melhorando sua confiabilidade e desempenho operacional.

A realização de entrevistas com operadores e técnicos, que frequentemente registraram eventos de falhas, é outra ação crucial. Isso pode ajudar a identificar problemas operacionais não

evidentes nos dados, como lacunas no treinamento, procedimentos inadequados ou desafios físicos enfrentados pelos operadores. Entender essas questões permitirá ajustes nos processos de trabalho e nas políticas de manutenção, visando reduzir ainda mais a ocorrência de falhas.

Por fim, é essencial revisar periodicamente as políticas de manutenção e os processos de gestão de ativos, adequando ou implementando indicadores de eficiência e OEE, garantindo que estejam alinhados com as melhores práticas internacionais e com as necessidades específicas da empresa. Isso inclui a contínua coleta e análise de dados, bem como a adaptação das estratégias de manutenção conforme surgem novas tecnologias e metodologias.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade: procedimentos e definições. Rio de Janeiro, ABNT, 1994.

BARBOSA, J. G.; GOMES, M. E. Um estudo exploratório do controle gerencial de ativos e recursos intangíveis em empresas brasileiras. *Revista de Administração Contemporânea (RAC)*, v. 6, n. 2, p. 29-48, Maio/Ago. 2002.

COSTA, D. M., Sprenger, K. B., & Kronbauer, C. A. Conformidade na Evidenciação do Ativo Imobilizado: um estudo sob a ótica da Teoria Institucional. *REUNIR Revista De Administração Contabilidade E Sustentabilidade*, 9(2), p. 49-61., 2019.

COUTINHO, R. Gestão de ativos físicos aplicada às infraestruturas. *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas (rpee)*, Série III, n.º 4, p. 113-118., 2017.

KOKSAL, A. and OZDEMIR, A. (2016), Improved transformer maintenance plan for reliability centred asset management of power transmission system. *IET Gener. Transm. Distrib.*, 2016, Vol. 10, Iss. 8, pp. 1976–1983

KAYO, E. K.; KIMURA, H.; MARTIN, D. M. L.; NAKAMURA, W. T. Ativos Intangíveis, Ciclo de Vida e Criação de Valor. *Revista de Administração Contemporânea (RAC)*, v. 10, n. 3, p. 73-90, Jul./Set. 2006.

SILVA, Renan Favarão da. Estrutura de gerenciamento de manutenção para a gestão de ativos físicos. Tese em Engenharia Mecânica – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 190f., 2022.