

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNIDA

Gabriel de Melo Alves Martins

Paulo Ricardo Lima Almeida Souza

**ANÁLISE DE FALHAS DE EQUIPAMENTOS: DESENVOLVIMENTO DE UMA
FERRAMENTA DE GESTÃO E CONTROLE PARA O APRIMORAMENTO DA
CONFIABILIDADE OPERACIONAL**

UBERLÂNIDA

2023

Gabriel de Melo Alves Martins

Paulo Ricardo Lima Almeida Souza

**ANÁLISE DE FALHAS DE EQUIPAMENTOS: DESENVOLVIMENTO DE UMA
FERRAMENTA DE GESTÃO E CONTROLE PARA O APRIMORAMENTO DA
CONFIABILIDADE OPERACIONAL**

Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Rosa Ribeiro da Silva

UBERLÂNDIA

2023

Gabriel de Melo Alves Martins

Paulo Ricardo Lima Almeida Souza

**ANÁLISE DE FALHAS DE EQUIPAMENTOS: DESENVOLVIMENTO DE UMA
FERRAMENTA DE GESTÃO E CONTROLE PARA O APRIMORAMENTO DA
CONFIABILIDADE OPERACIONAL**

Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Banca Examinadora:

Uberlândia, 08 de novembro de 2023

Prof. Dr. Leonardo Rosa Ribeiro da Silva

Prof. Dr. Luciano José Arantes

Me. Felipe Chagas Rodrigues de Souza

AGRADECIMENTO

Agradecemos primeiramente a Deus, pois dele e para ele são realizadas todas as coisas, e por nos ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Aos nossos pais e irmãos, que deram o incentivo necessário nos momentos de dificuldade e ofereceram as melhores condições para que nós pudéssemos estar hoje nesse momento da vida.

Aos professores, por suas dedicações incansáveis e pela contribuição que fazem em nossas vidas ao transmitir os conceitos fundamentais que formam a base de nossa carreira profissional. Suas paixões pelo ensino, paciência e habilidade em explicar conceitos complexos não apenas facilitaram o nosso aprendizado, mas também nos inspiraram a alcançar grandes alturas.

Aos nossos amigos que adquirimos durante o período de graduação e colegas da comunidade acadêmica que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

RESUMO

A migração de ferramentas e softwares de tratamento e análise de dados vêm se tornando cada vez mais essencial para a implementação e desenvolvimento de soluções e tratativas para manutenção industrial. A melhoria contínua é um dos pilares para a manutenção, visando o aumento da eficiência de linhas e equipamentos. O presente trabalho tem como objetivo descrever e implementar no software de BI, os indicadores primordiais para desempenho da manutenção. O MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), MTTR (Tempo Médio de Reparo), Confiabilidade e Disponibilidade são os pontos-chave escolhidos para o desenvolvimento da ferramenta, contemplando o desenvolvimento da base de dados, coleta de dados, construção da padronização e formulação dos dados, visualização e disseminação para a equipe. Os dados foram cedidos e coletados em uma indústria com nove linhas de produção e equipamentos diferentes para cada produto processado. Após o estudo e início da implementação, foi observado a melhora na chegada e análise dos dados pela gerência, além de uma melhora na identificação de perdas e tempo. Um estudo futuro deve realizar a busca pela melhoria da plataforma, aprimoramento na identificação de causas raízes e melhoria no tempo entre coleta do dado e seu respectivo lançamento.

Palavras-chave: Manutenção industrial. Indicadores. Ferramentas de BI. Melhoria contínua.

ABSTRACT

The migration of data processing and analysis tools and software has become increasingly essential for the implementation and development of resolutions and treatments for industrial maintenance. Continuous improvement is one of the pillars for maintenance, aiming to increase the efficiency of lines and equipment. The present work aims to describe and implement the essential indicators for maintenance performance in BI software. MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time to Repair), Reliability and Availability are the key points chosen for the development of the tool, covering the development of the database, data collection, construction of standardization and data formulation , visualization and dissemination to the team. The data was provided and collected in an industry with nine different production lines and equipment for each processed product. After the study and beginning of implementation, an improvement in the arrival and analysis of data by management was observed, in addition to an improvement in the identification of losses and time. A future study should seek to improve the platform, improve the identification of root causes and improve the time between data collection and its respective release.

Keywords: Industrial maintenance. Indicators. BI tools. Continuous improvement.

Lista de Figuras

Figura 1 – Plataformas de Análise e Business Intelligence.....	16
Figura 2 – Recursos plataformas de Análise e Business Intelligence	18
Figura 3 – Modelo Star Schema	20
Figura 4 – Snowflake Schema	21
Figura 5 - Pedido de Serviço de Manutenção.....	30
Figura 6 – Formulário de preenchimento de quebras	31
Figura 7 - Tela inicial	33
Figura 8 - Tela de lançamento	34
Figura 9 - Campo em branco	34
Figura 10 - Tela de consulta	35
Figura 11 - Consulta encontrada.....	35
Figura 12 – Modelo relacional.....	36
Figura 13 - Painel Análise de Quebra.....	41
Figura 14 - Painel análise de KPIs.....	42
Figura 15 - Tempo de reparo para as linhas 12, 14 e 19.....	43
Figura 16 - Tempo de reparo para as linhas 2, 6 e 7.....	43
Figura 17 - Distribuição de horas na unidade de processo 1	44
Figura 18 - Distribuição de horas na unidade de processo 2	44
Figura 19 - Distribuição de horas na unidade de processo 3	44
Figura 20 - Painel de análise Erros/Classificação	45
Figura 21 - Quantidade de quebras classificadas como mecânica.....	47
Figura 22 - Quantidade de quebras classificadas como elétrica.....	48
Figura 23 - Quantidade de quebras classificadas como outra operacional.....	49
Figura 24 - Quantidade de quebras classificadas como outra manutenção	49
Figura 25 - Painel de análise Linhas/Semana.....	50

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Detalhes importantes do documento	23
Tabela 2 - Horários	24
Tabela 3 - Aprofundamento da falha	25
Tabela 4 - Análise da falha	27
Tabela 5 - Maiores causas de falhas	46

Sumário

1 Introdução	9
2 Justificativa	10
3 Objetivo	11
4 Manutenção	12
4.1 Tipo de Manutenção	12
4.2 Manutenção Corretiva	13
4.3 Manutenção Preventiva	13
4.4 Manutenção Preditiva	13
5 Business Intelligence	14
5.1 Conceitos	14
5.2 Ferramentas	15
5.3 Aplicação	19
6 Metodologia	22
6.1 Descrição dos Dados de Quebras	22
6.2 Coleta dos Dados	28
6.3 Estruturação e Preparação dos Dados para Análise	32
6.4 Importação e Atualização Automática dos Dados	33
6.4.1 Cálculo dos Indicadores	36
6.4.2 Medidas	37
6.4.2.1 Confiabilidade	37
6.4.2.2 - Disponibilidade	37
6.4.2.3 -Quantidade de Quebras	37
6.4.2.4 - MTBF	38
6.4.2.5 - Tempo médio de Reparo	38
6.4.2.6 - Quantidade de Horas	38
6.4.2.7 - Tempo de Peças	38
6.4.2.8 - Tempo de Terceiro	38
6.4.2.9 - Tempo Médio de Parada	39
6.4.2.10 - Tempo de SETUP	39
6.4.2.11 - Tempo Total de Parada	39
6.4.2.12 - Tempo Total de Quebra	39
6.4.2.13 - Tempo Total de Reparo	39
7 Resultados e Discussões	40
7.1 Painel Análise de Quebra	40

7.2 Painel análise de KPIs	41
7.3 Painel de análise Erros/Classificação	44
7.4 Painel de análise Linhas/Semana.....	50
8 Conclusão	51

1 Introdução

A análise de falha representa uma metodologia de investigação, sendo uma abordagem estruturada para desvendar as causas raízes das falhas em processos. Seu propósito é de solucionar problemas imediatos e a prevenção de falhas semelhantes no futuro. Ao entender as causas raízes é possível implementar ações corretivas e preventivas e além de promover a qualidade, também busca a segurança dos produtos e serviços.

Nesse sentido a gestão de indicadores impactam diretamente na disponibilidade, confiabilidade e desempenho de máquinas e equipamentos presentes em linhas de produção. Como por exemplo o MTBF (Mean Time Between Failures) que fornece uma medida do tempo médio entre falhas nos equipamentos, permitindo que sejam tomadas medidas proativas para evitar paradas não programadas e aumentar a disponibilidade dos equipamentos (KARDEC; NASCIF, 2001). Ao obtermos indicadores confiáveis temos a possibilidade de monitorar o desempenho dos equipamentos, identificar oportunidades de melhoria e otimizar o processo, assim, garantindo a continuidade e a eficiência.

Com a evolução das tecnologias e a vasta quantidade de dados disponíveis, torna-se viável utilizar análises estatísticas para extrair informações valiosas e fundamentadas para apoiar as decisões. Como afirma Banasiewicz (2010), conhecimento é a moeda da era da informação. Ao aplicar métodos de ciência de dados na indústria, é possível identificar padrões, tendências e correlações nos dados, proporcionando uma compreensão mais profunda dos equipamentos, o que ajuda na otimização dos processos de produção.

A análise de dados por sua vez oferece a capacidade de identificar oportunidade de melhoria, prever possíveis falhas e implementar estratégias de manutenção preditiva, resultando em maior eficiência, uma redução de custos significativa e uma melhoria na qualidade da linha de produção. Com isso, a ciência de dados é uma aliada poderosa na busca pela excelência operacional.

2 Justificativa

Frequentemente, ressalta-se a relevância dos dados no mundo corporativo. No entanto, além dessa importância, há uma área pouco explorada, mas altamente valiosa: entender minuciosamente as razões por trás de falhas ou brechas que impactam os resultados na produção. Este nicho de conhecimento, ainda subestimado, é essencial para as principais marcas globais.

O simples fato de possuir dados, sem uma análise aprofundada do contexto atual, foi o estímulo fundamental para este estudo. Ele busca não apenas identificar aprimoramentos, mas também desvendar causas que possam orientar futuras implementações, tanto na manutenção do trabalho realizado quanto na otimização do desempenho empresarial.

3 Objetivo

O presente trabalho visa investigar e desenvolver estratégias para o aprimoramento da análise de falhas na manutenção industrial, focando no aumento da eficiência e qualidade da coleta e tratativa dos dados de quebras. O estudo buscará investigar as ferramentas de BI, aprimoramento da base de dados, organização e visualização de dados relacionados aos equipamentos industriais. A avaliação relacionada aos dados de quebras tem como principal foco a identificação de lacunas e oportunidades de melhoria, desenvolver um sistema de BI personalizado para consolidação e facilitação de acessos. As rápidas tendências e padrões de falhas serão estudadas e analisadas para transformá-las em recursos, redução de tempo e custos para a planta.

4 Manutenção

A preservação e restauração das condições operacionais em equipamentos industriais são fundamentais para diversos setores. Essa prática, conhecida como manutenção, abrange ações preventivas, corretivas e preditivas, todas visando assegurar a disponibilidade, confiabilidade, segurança e desempenho dos ativos industriais.

A confiabilidade em engenharia é a garantia de que um sistema ou componente execute suas funções ao longo do tempo sem surpresas desagradáveis. Isso é vital para a consistência operacional de equipamentos e é quantificado através de métricas como o tempo médio entre falhas (MTBF). Estratégias como a Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA) e a Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM) são comumente empregadas para identificar e mitigar potenciais modos de falha, contribuindo para otimizar a confiabilidade de sistemas mecânicos.

Já a disponibilidade refere-se à capacidade de um sistema ou componente estar pronto e operacional quando necessário. Isso vai além da prevenção de falhas, incluindo a eficiência na recuperação após falhas, medida pelo Tempo Médio de Reparo (MTTR). A Disponibilidade Total (AT) avalia o tempo de operação efetiva em relação ao tempo total, proporcionando uma visão holística do desempenho do sistema. Manter uma alta disponibilidade requer não apenas componentes confiáveis, mas também uma gestão eficaz do tempo de inatividade por meio de estratégias de manutenção e práticas operacionais eficientes.

A relevância da manutenção industrial está intimamente relacionada à otimização da produção, à economia de custos e à extensão da vida útil dos equipamentos. Segundo Xavier (2003), a organização que utiliza a manutenção corretiva, mas incorporando a preventiva e a preditiva, rapidamente executará a engenharia de manutenção que por sua vez permite que a confiabilidade seja aumentada e disponibilidade garantida. Gerir essa manutenção de forma eficaz é essencial para evitar paradas inesperadas, minimizar riscos de acidentes e interrupções na produção. Além disso, a melhoria na qualidade dos produtos e a satisfação dos clientes são resultados diretos de uma gestão de manutenção bem-sucedida.

4.1 Tipo de Manutenção

Na indústria, diferentes abordagens de manutenção são utilizadas, cada uma com suas peculiaridades ABNT (NBR 5462-1994):

4.2 Manutenção Corretiva

É a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Esta prática envolve intervenções nos equipamentos somente após a ocorrência de falhas ou quebras, com o objetivo de restaurar o funcionamento normal. Embora necessária em algumas situações, a aplicação excessiva dessa técnica pode resultar em paradas não programadas e custos mais elevados devido à perda de produção.

4.3 Manutenção Preventiva

É a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Baseada em inspeções periódicas e atividades programadas, essa abordagem visa prevenir falhas e prolongar a vida útil dos equipamentos. A manutenção preventiva antecipa problemas potenciais, realizando ajustes, substituições de peças desgastadas e lubrificação. É essencial para reduzir a probabilidade de falhas e otimizar a confiabilidade dos equipamentos. De acordo com Xavier (2003) um dos segredos de uma boa preventiva está na determinação dos intervalos de tempo.

4.4 Manutenção Preditiva

Utilizando técnicas de monitoramento e análise de dados, essa abordagem identifica sinais de deterioração ou falhas iminentes nos equipamentos. Com base nas informações coletadas, planejam-se intervenções específicas antes que ocorram danos significativos. Essa prática permite um planejamento mais eficiente das atividades de manutenção, evitando paradas não programadas e reduzindo custos operacionais.

5 Business Intelligence

5.1 Conceitos

No mundo empresarial atual, assistimos a um aumento exponencial na quantidade de dados que as organizações geram todos os dias. De acordo com um relatório da International Data Corporation (IDC), a quantidade de dados globais duplica a cada dois anos e espera-se que atinja 175 zettabytes até 2025. Este dilúvio de dados não é apenas uma marca da era moderna, é também uma mina de informações valiosas que, quando devidamente extraídas e interpretadas, podem orientar estratégias empresariais de formas que até então, isso não era possível. É nesse cenário de transformação digital e crescimento exponencial de dados que a Inteligência de Negócios, ou business intelligence (BI), orienta as empresas.

Inteligência de Negócios é um processo que constitui da análise, coleta, compartilhamento e monitoramentos dos dados para garantir a assertividade na tomada de decisão. O Business Intelligence (BI) proporciona uma tomada de decisões estratégicas baseadas em dados confiável.

De acordo com Turban et al. (2011), os objetivos primordiais da Inteligência de Negócios (BI) são viabilizar o acesso interativo aos dados, permitir manipulações e simplificar a análise dos aspectos comerciais de forma apropriada. No geral, o BI procura oferecer dados confiáveis para aprimorar a segurança e transparência no processo decisório e na gestão empresarial.

Conforme a FGV-EAESP/GV pesquisa o volume de dados gerados pelas organizações cresce a cada dia, vindo de diversas fontes, como custos de ativos e registros de operações. O desafio está em converter dados em conhecimento prático, que seja utilizável para guiar a estratégia de negócios, sendo comumente referidos como Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs).

Através de diversas metodologias, ferramentas e tecnologias especializadas, é possível coletar, armazenar e processar os dados de forma eficiente, permitindo análises avançadas ao utilizar relatórios e dashboards intuitivos. Possibilitando uma visão geral e detalhada do negócio através de tendências, padrões e insights que podem influenciar nas tomadas de decisões estratégicas.

5.2 Ferramentas

O âmbito da Inteligência Empresarial engloba uma ampla gama de instrumentos e programas que possibilitam a aquisição, estruturação e avaliação de dados. Essas ferramentas são softwares que combinam dados das mais diversas fontes (internas ou externas), oferecendo a possibilidade de cruzarmos essas informações para gerarmos incríveis dashboard que possibilitam o entendimento do negócio.

O Gartner publica anualmente pesquisas sobre diversas ferramentas para que as empresas escolham a opção ideal que atende suas necessidades. A última pesquisa realizada até a data que essa monografia foi escrita apresenta a Microsoft liderando o mercado quando o assunto é ferramenta de BI e análise de dados. É possível que essa diferença venha a aumentar cada vez mais ao longo dos anos, principalmente com as novas tecnologias que foram lançadas esse ano, como por exemplo o Microsoft Fabric.

Figura 1 – Plataformas de Análise e Business Intelligence



Fonte: Gartner March (2023)

Com isso, a ferramenta que mais se destaca no mercado atual é o Power BI, desenvolvido pela Microsoft, oferecendo a capacidade de criar relatórios interativos com diversas fontes de dados, como o Excel, Banco de dados SQL, CSV, entre outros. Além de permitir o acesso a este relatório online.

As principais ferramentas disponíveis no Power BI incluem o Power Query, Power Pivot, Power View, Power Map, Power BI Desktop e o Power BI Service.

- Power Query: O Power Query permite importar, transformar e combinar dados de várias fontes, facilitando a preparação dos dados para análise. É possível realizar operações de limpeza, filtragem e formatação dos dados de acordo com as necessidades do usuário (MICROSOFT, 2023).
- Power Pivot: O Power Pivot é uma ferramenta de modelagem de dados que permite criar modelos relacionais complexos dentro do Power BI. Com o Power Pivot, é possível criar relacionamentos entre tabelas e realizar cálculos avançados usando a linguagem DAX (MICROSOFT, 2023).
- Power View: O Power View é uma ferramenta de visualização de dados interativa que permite criar relatórios e painéis interativos. Com o Power View, os usuários podem criar gráficos, tabelas e mapas interativos, além de explorar e filtrar os dados para análises mais detalhadas (MICROSOFT, 2023).
- Power BI Desktop: O Power BI Desktop é um aplicativo Windows que oferece uma interface completa para a criação de relatórios e painéis avançados. Ele permite importar, transformar e modelar os dados, além de criar visualizações interativas. Os relatórios criados no Power BI Desktop podem ser publicados no Power BI Service (MICROSOFT, 2023).
- Power BI Service: O Power BI Service é a plataforma online onde os relatórios e painéis criados no Power BI Desktop podem ser publicados, compartilhados e colaborados com outras pessoas. Ele oferece recursos adicionais, como agendamento de atualizações automáticas, compartilhamento de relatórios com usuários externos e colaboração em tempo real (MICROSOFT, 2023).

Além das ferramentas mencionadas, o Power BI suporta diferentes linguagens para análise e criação de fórmulas avançadas. A linguagem DAX (Data Analysis Expressions) é amplamente utilizada no Power BI para criar fórmulas e cálculos personalizados (Microsoft, 2021b). Além disso, o Power Query suporta a linguagem M, usada para transformação e preparação de dados (MICROSOFT, 2023).

O Power BI Desktop facilita na importação e utilização dos dados de vários tipos de fontes diferente. Essa flexibilidade permite uma análise dos dados de múltiplas fontes, através de uma interface intuitiva.

No estudo foi considerado diversos critérios, incluído facilidade de uso, recursos de visualização, desempenho e capacidade de manipulação. Com isso, é possível perceber que o Power BI, desenvolvido pela Microsoft, se destaca entre outras ferramentas de BI, principalmente por conta de sua integração com outros softwares da Microsoft, como por exemplo o Excel. O Tableau se destaca na área de visualização de dados e o Qlik Sense tem como ponto forte recursos de inteligência artificial.

A escolha da ferramenta ideal dependerá das necessidades da organização, considerando a facilidade de uso, recursos de visualização, integração com fontes de dados e desempenho.

Figura 2 – Recursos plataformas de Análise e Business Intelligence

Visão geral de recursos

Nossa comparação entre Tableau, QlikView e Microsoft Power BI considera as visualizações, análises, OLAP, gerenciamento de documentos, serviços de decisão e recursos de integração desses três sistemas. Tableau é a melhor ferramenta para visualização e QlikView possui a vantagem em análises, mas o Power BI supera a concorrência por seus serviços de decisão e recursos de integração.

	tableau	QlikView	Power BI
Visualização de dados <i>Os dados são apresentados visualmente para fácil interpretação.</i>	✓ VANTAGEM	✓	✓
Análises <i>A informação é quantificada e avaliada para um previsão das tendências da empresa e possibilidades futuras.</i>	✓	✓ VANTAGEM	✓
Processamento Analítico On-Line (OLAP) <i>As funções do OLAP fornecem acesso a bancos de dados e análises baseadas na web.</i>	✓	✓	✓
Gerenciamento de documentos <i>Converte relatórios em diferentes formatos de arquivo e compartilha descobertas analíticas.</i>	✓	✓	✓
Serviços de decisão <i>Recursos de gerenciamento financeiro que fornecem análises de informações monetárias.</i>	✓	✓	✓ VANTAGEM
Integrações <i>A habilidade de conectar-se com outros sistemas fornece diversas fontes e funcionalidades.</i>	✓	✓	✓ VANTAGEM
Integração de Big Data <i>Acesso programas de Big Data para análises abrangentes.</i>	✓	✓	✓ VANTAGEM

5.3 Aplicação

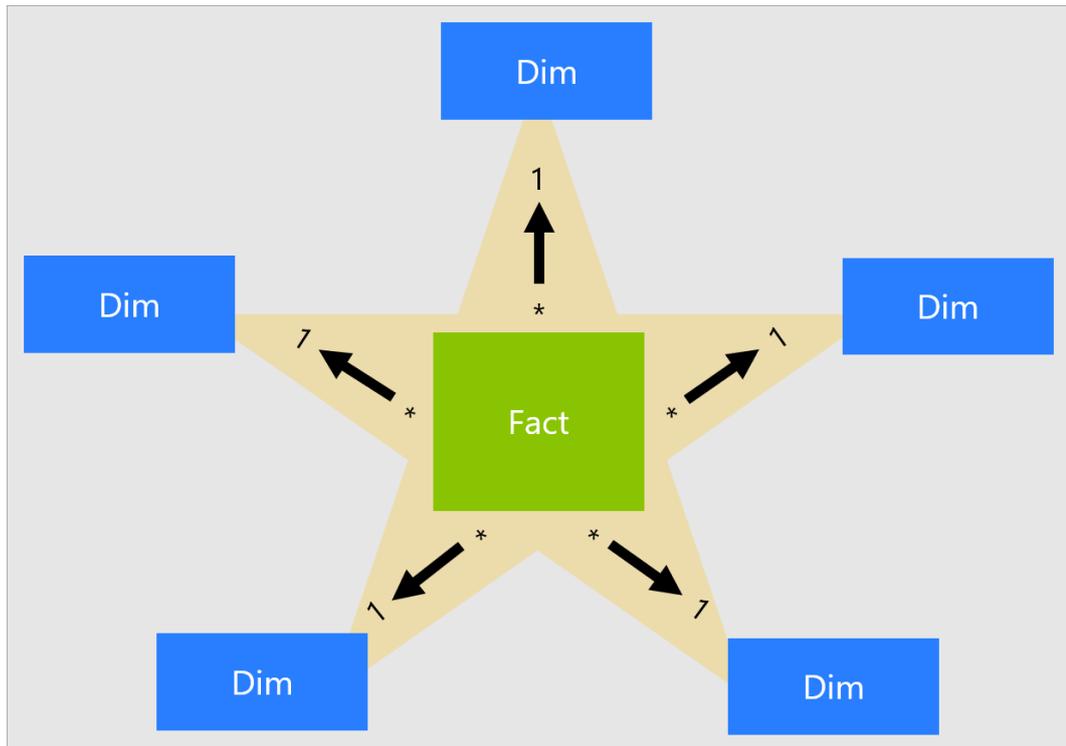
Um dos princípios da Inteligência de Negócio é o suporte à gestão empresarial, permitindo que a gestão tome decisões baseadas em dados ao obterem acesso a informações relevantes sobre o desempenho da organização. Essas informações são apresentadas através de dashboards interativos e de fácil acesso, facilitando a interpretação dos dados.

Através do BI é possível analisar dados para identificar padrões e tendências, proporcionando insights valiosos para o planejamento estratégico (RAI; MAHAPATRA, 2009). A Inteligência de Negócio funciona como um clique, dando início na aquisição dos dados, transformação dos dados, geração de conhecimento, decisão, ação e acompanhando resultados.

A etapa de preparação dos dados, conhecida como ETL (Extract, Transform and Load), envolve a extração dos dados das fontes identificadas, aplicação de transformações dos dados para sua integridade e consistência nas análises, e o carregamento dos dados em um ambiente adequado para a análise. Esse processo é o mais importante em um projeto de BI, sendo que um ETL bem estruturado garante uma confiabilidade dos dados e uma facilidade nas manutenções ou modificações futuras.

Após a preparação dos dados e o carregamento no ambiente é feita a modelagem das informações seguindo dois tipos de metodologias, esquema estrela ou floco de neve. No sistema estrela ou star schema, os dados são divididos em fatos e dimensões, onde temos relacionamentos seguros e confiáveis entre as tabelas.

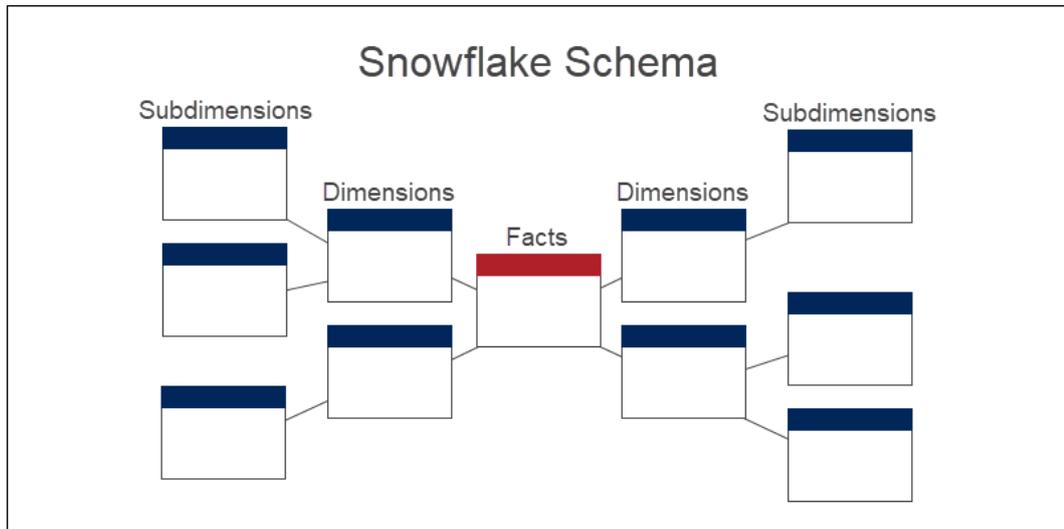
Figura 3 – Modelo Star Schema



Fonte: learn.microsoft.com

Já no modelo floco de neve ou snowflake schema na Figura 4 é um modelo multidimensional onde temos dimensões relacionadas a dimensões, esse modelo no Power BI deve ser evitado por se tratar de uma lógica complexa podendo causar inconsistência nos dados apresentados na visualização.

Figura 4 – Snowflake Schema



Fonte: <https://phoenixnap.com/kb/star-vs-snowflake-schema>

Um ETL bem desenvolvido junto com uma modelagem bem estruturada e documentada garante uma eficiência das consultas, facilidade nos entendimentos dos dados, facilidade nos cálculos analíticos e uma confiabilidade na informação apresentada.

6 Metodologia

Segundo Michel (2005) a metodologia de pesquisa desse trabalho é a quantitativa devido ao uso de dados com o objetivo de medir a relação entre variáveis baseando em técnicas para a busca de informações mediante técnicas estatísticas.

Os resultados vão ser interpretados de formas qualitativas, a fim de entender os dados históricos e atuais. Sendo uma pesquisa qualitativa que busca entender um caso em profundidade, a verdade pode ser comprovada através da experimentação empírica.

Esse trabalho pode ser classificado como um estudo de caso, pois adota um método de coleta de dados que permite responder perguntas as quais agora não possuem respostas ou controle.

6.1 Descrição dos Dados de Quebras

A coleta de dados referente as quebras e paradas causadas pelas ações de manutenções foram registradas no período de janeiro de 2022 a julho de 2023. Esses dados foram selecionados e caracterizados pela equipe de manutenção, considerando fatores como o tempo de produção paralisado, horário, turno, equipamento e produto produzido. Os principais focos da análise na manutenção são: eficiência operacional, reduzir o tempo de inatividade e aumentar a confiabilidade dos equipamentos ABNT NBR 5462 (1994).

As perguntas mais feitas após cada quebra ou parada não planejada são:

- Como é possível prevenir falhas semelhantes a essa?
- Como podemos melhorar a manutenção preventiva usando essa falha?
- Poderíamos ter em estoque os materiais necessários para corrigir essa falha e assim diminuir o tempo de inatividade do equipamento? É possível reduzir o custo dessa parada?
- Essa falha pode ocasionar um risco a segurança, meio ambiente ou qualidade?
- Podemos criar um instrutivo, lição de um ponto ou um procedimento operacional padrão?

A Tabela 1 - Detalhes importantes do documento apresenta os dados coletados do equipamento, linha, data da quebra, operador e qual mecânico atual no reparo. A coleta desses dados reúne as informações cruciais da falha, discriminando as principais informações em um determinado contexto, para compreensão inicial da quebra.

Tabela 1 - Detalhes importantes do documento

Dados da quebra	Descrição	Objetivo
Nº	Número da quebra	Mensurar as quebras em um determinado período
Máquina	Nome do equipamento	Identificar o equipamento de análise
Linha	Linha de produção	Identificar a linha de análise
Data	Data da quebra	Desenvolver uma linha do tempo das falhas
Operador	Nome do operador responsável pelo equipamento	Identificar a reincidência de falhas pelo operador
Turno	Turno da quebra	Identificar a reincidência de falhas pelo turno
Manutentor	Nome do manutentor que atuou na resolução da quebra	Mensurar a quantidade e o tipo de reparo atuados
Horas Trabalhadas	Horas dedicadas do manutentor para a resolução da quebra	Mensurar as horas trabalhadas e o tempo de reparo em diversos tipos de falhas

Unidade de Processo	Setor onde ocorreu a parada	Filtro de ocorrências de falhas na fábrica
Horímetro	Tempo de funcionamento total do equipamento	Mensurar o tempo entre quebras de um determinado equipamento em uma determinada área

Apresentado na Tabela 2 estão os dados de desempenho da manutenção na falha descrita pelas informações da Tabela 1, descrevendo informações críticas para a compreensão e análise da falha.

Tabela 2 - Horários

Dados da quebra	Descrição	Objetivo
Início da Parada	Horário de início da parada	Identificar erros que ocorrem em paralelo com outras atividades da planta
Término da Parada	Horário de término da parada	Identificar erros que ocorrem em paralelo com outras atividades da planta
Início do Reparo	Horário de início do reparo	Mensurar o tempo de reparo para determinados equipamentos
Término do Reparo	Horário de término do reparo	Mensurar o tempo de reparo para determinados equipamentos
Setup/Peças/Terceiro	Descrição de outros fatores que influênciam no tempo de quebra	Identificar possíveis fatores de redução do tempo para atuar em melhorias, como SETUP do

		equipamento para entrar em produção, tempo para obtenção de peças e o tempo para atuação de uma empresa terceira especializada no equipamento
iSPT	Horário de início do fator	Mensurar o início das ações referente ao fator analisado
fSPT	Horário de término do fator	Mensurar o término das ações referente ao fator analisado
Descrição SETUP/Peças/Terceiro	Descrição e observações que levaram a realizar tais atividades	Quais outras informações foram coletadas no fator em questão para serem analisadas

Os eventos de quebras devem ser aprofundados e os itens apresentados na Tabela 3 mencionam e descrevem os principais tópicos necessários para uma boa compreensão, análise da falha e detalhamento dos fatores que encurtaram ou prolongaram a quebra e conseqüentemente o tempo de parada.

Tabela 3 - Aprofundamento da falha

Dados da quebra	Descrição	Objetivo
O que aconteceu?	Alarme apresentado na IHM do equipamento	Mensurar todos os alarmes recorrentes iguais ou semelhantes
O que gerou o alarme?	Qual foi o motivo do alarme segundo o operador	Identificar possíveis causas ou sinais para a geração do alarme ou falha do equipamento.

Onde aconteceu?	Em qual sistema/subsistema do equipamento	Identificar com maior exatidão o sistema e subsistema da falha
Em que etapa do processo?	Descreve a etapa de produção	Identificar a ocorrência dela em outras etapas de produção
Sintomas apresentados	Sinais apresentados e observados pelo operador	Identificar sinais semelhantes de falhas para instruir os operadores as contramedidas
Produto	Qual o produto de fabricação no momento	Identificar o item em produção no momento
O que causou a quebra?	Causa raiz da falha relatada pelo manutentor	Analisar o real motivo da falha
Que componente falhou?	Componentes e agregados com falha	Analisar os dados gerados pela falha
Criticidade do equipamento	Classifica a importância do equipamento	Analisar qual foi o impacto da falha
Quando?	Descreve o provável início da falha pelo manutentor	Analisar possíveis fatores que iniciaram a falha
Como? Por quê?	Investiga como a causa raiz surgiu	Analisar como a falha pode ter se agravado
Pode ser relacionado a habilidade?	Investiga se houve uma falha humana	Analisar possíveis interferências humana no agravamento da falha
Poderia ser evitada?	Investiga as possibilidades de evitar falhas semelhantes a essa	Analisa as possíveis situações em que a manutenção ou operação poderiam atuar para evitar a falha

Dificuldades de manutenção?	Descreve as dificuldades para resolução da falha pelo manutentor	Analisa a situação e condições para reparo do equipamento, enumerando medidas para diminuir o tempo de parada do equipamento
Ações de reparo com êxito:	Descreve as ações de correção da falha	Identifica todas as ações realizadas pelo manutentor para resolução da falha
Ações de reparo sem êxito:	Descreve as ações que não surtiram efeito para correção da falha	Identifica todas as ações realizadas pelo manutentor para resolução da falha sem sucesso

A descrição do tipo de quebra, tipo de erro, verificações preventivas e ações abertas são utilizadas para o mapeamento da manutenção e obtenção de dados que podem estar fora do padrão de operação, assim como preventivas sem efetividade, falta de capacitação da equipe de manutenção em uma determinada área, treinamentos de operação defasados, insumos com problema e ações de revisão atrasadas ou não implementadas. A Tabela 4 apresenta os dados necessários para essa análise.

Tabela 4 - Análise da falha

Dados da quebra	Descrição	Objetivo
Tipo de Quebra	Identifica a quebra como mecânica, elétrica, projeto etc.	Mensurar o tipo de quebras
Tipo de Erro	Identifica o erro como operacional, manutenção, garantia, insumos etc.	Mensurar a quantidade de erros

Graxas e Lubrificante	Identifica o lubrificante utilizado	Mensurar e identificar graxas utilizadas no reparo dos equipamentos
Núm. Verifique	Identifica e descreve a verificação preventiva existente	Identificar a existência de uma preventiva e sua realização antes da falha
Status do verifique	Identifica e descreve como estava o sistema/subsistema na última verificação	Identificar a presença ou ausência de sinais na preventiva antes da falha
Quem Verificou?	Identifica o manutentor que realizou a verificação preventiva	Analisar com o manutentor sobre a realização da preditiva e confrontar a falha, identificando possíveis melhorias na preventiva
Número da ação	Identifica qual a ação será realizada no Grupo de Entendimento	Abertura de uma ação e conscientização da planta sobre a falha abordada

6.2 Coleta dos Dados

A coleta de dados irá ocorrer via formulário físico, o documento denominado “Pedido de Serviço de Manutenção”, alocado em todos os setores com os encarregados e líderes de produção. Após uma anomalia na funcionalidade dos equipamentos, o operador terá dez minutos para sanar a anomalia usando as técnicas de manutenção autônoma e seu conhecimento operacional. Ao perdurar o mal funcionamento do equipamento, a manutenção deverá ser acionada para identificar a falha e iniciar o reparo. Na situação em que a falha não pode ser sanada pelo operador, a manutenção pode e deve ser acionada ao início da falha, não necessitando aguardar os dez minutos para o operacional resolver. Segue abaixo, o passo a passo tomado pelo manutentor e operador para registro do ocorrido.

- Operador identifica o problema;

- Operador atua na resolução da anomalia;
- Operador relata ao manutentor;
- Falha persisti por dez minutos ou mais;
- Operador abre o Pedido de Serviço de Manutenção;
- Manutentor atua sobre a falha;
- Manutentor orienta o operador da finalização do reparo;
- Operador encerra a PSM após 10 minutos de produção;
- Manutentor deve retirar ou solicitar com o operador a PSM antes de ir realizar outra atividade, salvo situações de urgência;
- Prazo máximo para preenchimento de PSM: Final do turno de abertura da PSM;
- Deixar a PSM no organizador de papel referente a PSMs.

Figura 5 - Pedido de Serviço de Manutenção

Operador: Operador 90		Mecânico: Mecânico 37	Máquina/Linha: MD 4	Data: 29/06/2022	Hora: 03:31	Nº 19344																
Turno: 1 2 3																						
PSM: Pedido de Serviço de Manutenção						Nº 19344																
CABECALHO																						
OPERADOR E MANUTENTOR	Máquina/Linha: AutoDrive		TTQ	TTR	Operador: Operador 90																	
	Data: 29/06/2022		Tempo Total da Quebra	Tempo Total de Reparo	Turno: 2																	
	Horímetro: 8353		Início da Quebra: 03:31	Início do Reparo: 09:00:00	Mecânico:	Horas																
	Unidade de processo: Produção 2		Término da Quebra: 15:53:00	Término do Reparo: 11:33:00	Mecânico 37																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>SETUP, PEÇAS OU TERCEIROS</th> <th>INÍCIO</th> <th>TÉRMINO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SETUP</td> <td>03:31</td> <td>15:53</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		SETUP, PEÇAS OU TERCEIROS	INÍCIO	TÉRMINO	SETUP	03:31	15:53										Tempo Total da Parada	Tempo Total do Reparo:			
	SETUP, PEÇAS OU TERCEIROS	INÍCIO	TÉRMINO																			
SETUP	03:31	15:53																				
DETALHES DA QUEBRA																						
1 - Alarme/Parada		O que causou a quebra?																				
Informação restrita		Subiu produto para câmara asséptica																				
2 - O que gerou o Alarme/Parada?		Onde? Qual componente falhou?		Críticidade do componente: <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C																		
Informação restrita		Era possível identificar antes da quebra?																				
3 - Qual parte da máquina? E qual o componente com problema?		Como ocorreu a falha? Por quê?																				
Informação restrita		Ao colocar em produção pressão do Alsafe estava em 2.2 bar																				
4 - Em que etapa do processo ocorreu o problema?		O problema pode ser relacionado à habilidade?		<input checked="" type="checkbox"/> Sim																		
Informação restrita		Como a quebra poderia ser evitada?																				
5 - A máquina apresentou algum sintoma? Qual?		Não sei dizer																				
Informação restrita		Dificuldades de manutenção:																				
6 - Produção		Não																				
Informação restrita																						
DESCRIÇÃO DO SERVIÇO																						
Ações de reparo com êxito:				Tipo de quebra:																		
Foi efetuado diversos testes antes de Cipar o equipamento para o creme que estava produzindo a pressão ideal é de 2,4 bar. Se mudar a qualidade do proximo pode ser que tenha que ajustar novamente a pressão				<input checked="" type="checkbox"/> OUTRA																		
* Não é quebra de máquina				Outros: <input checked="" type="checkbox"/>																		
Ações de reparo sem êxito:																						
Informações sobre GRAXAS DE GRAU ALIMETÍCIO:																						
Avaliação de Preenchimento: 2																						
Número do registro no sistema de manutenção: 				Validação: quebra restaurada																		
mpresso para análise em: 01/10/2023				assinatura																		
RG-MAN-PPT-009 / 28.11.2022 / R04						Uso Interno																
						1/1																

6.3 Estruturação e Preparação dos Dados para Análise

As informações coletadas desempenham um papel fundamental e crucial para a análise de dados como mencionado por Kardec, Nascif e Baroni (2002). A partir da estruturação e preparação dos dados informados pode-se obter e compreender verdades escondidas no meio das várias entradas.

Primeiramente, visando a criação de um banco de dados compatível com as ferramentas de análise disponíveis hoje no mercado como Microsoft Excel, Power BI e Tableau, as informações coletadas serão rigorosamente processadas. O processo de validação e compatibilidade faz-se necessário, ao mesmo tempo que a garantia e veracidade dos dados são o ponto chave para evitar tomadas de decisões precipitadas ou incorretas.

No âmbito a qualidade, a correção de erros e inconsciências se enquadra na limpeza dos dados. Nessa etapa foram realizadas a detecção de valores incoerentes, erros de formatação, informações duplicadas, cédulas em branco, tipos de dados e posicionamento de cabeçalhos. Os dados informados vieram com diferentes formatos, unidades de medida e convenções de nomenclatura sem um padrão previamente definido, gerando um trabalho mais meticuloso na hora de refinar todas as tabelas de medidas.

O desenvolvimento da padronização continuou com a criação de variáveis adicionais. Tais variáveis tornaram-se necessárias, uma vez que somente os dados brutos não foram o suficiente ou faltava profundidade na informação. Foram inseridos cálculos, transformações, agregações, tratamentos de valores negativos, tratamento de datas e horas.

A escolha das ferramentas Microsoft Excel e Power BI foram pensadas com antecedência, uma vez que são amplamente utilizadas pela aplicabilidade em manipulação e visualização de dados. Tornando-as as melhores escolhas com o propósito de recursos avançados de análise, apresentações de dados, recursos de filtragem, gráficos, tabelas dinâmicas e compartilhamento de informações via nuvem.

Em suma, os elementos citados acima permitem uma obtenção de dados confiáveis e relevantes, manipulando os dados brutos e os transformando em informações confiáveis para tomadas de decisões assertivas.

6.4 Importação e Atualização Automática dos Dados

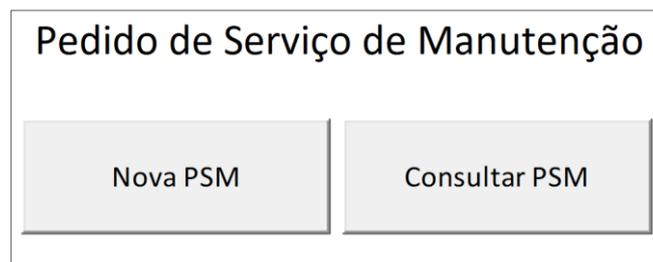
Assim como apresentado por ZANON (2021), um desenvolvimento prévio de equações e fórmulas para a tratativa dos dados se faz necessário, ocasionando em uma menor carga de cálculo em outras plataformas de importação dos dados do Microsoft Excel.

A coleta de dados em tempo real, envio automático de informações e um modelo de análise de dados pré-estabelecido são pontos abordados pela Indústria 4.0. Um aplicativo de gestão de manutenção permite uma configuração de alertas e feedbacks com base em parâmetros conhecidos enquanto faz a adição de novos detalhes de falhas de forma automática e sem custo de tempo para o gestor. Entretanto, para acessar ferramentas semelhantes a essas citadas, são necessários horas de padronização para as coletas de informações e seu correto lançamento na plataforma.

Dentro do sistema apresentado dessa dissertação, foram desenvolvidas as ferramentas de coleta de dados e análise sem perturbar o equilíbrio ou fluxo das atividades já existentes. O arquivamento dos pedidos de serviço de manutenção passava pelo lançamento de dados mais relevantes em uma planilha para rápido acesso enquanto o documento físico é arquivado na sala de arquivo. Partindo no ponto do fluxo do lançamento dos pedidos de manutenção, foi desenvolvido um sistema em VBA para o Microsoft Excel, com base que todos os membros da manutenção tenham acesso. No sistema apresentado na Figura 7, Figura 8, Figura 10, foram desenvolvidos campos e botões de fácil identificação para uma melhor experiência e velocidade no arquivamento e padronização dos dados de quebras.

A Figura 7 apresenta a tela inicial ao abrir a planilha de lançamento. Encontrando dois botões, cada um direcionará para uma tela totalmente diferente.

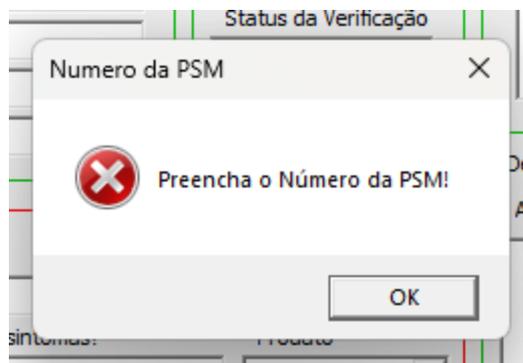
Figura 7 - Tela inicial



A Figura 8 será o direcionamento ao clicar o primeiro botão, Nova PSM, os campos simulam um mapa visual dos locais de lançamento das informações. A tabulação da ordem de lançamento baseou-se no formato de preenchimento manual, melhorando a experiência do colaborador ao registrar tais informações. Os campos de N° de PSM e Data estão travados com uma mensagem de erro, no caso do não preenchimento dos dois campos a mensagem aparecerá impedindo a continuação e alertando sobre o espaço em branco Figura 9.

Figura 8 - Tela de lançamento

Figura 9 - Campo em branco



A Figura 10 busca na base de dados o número do documento, retornando na Figura 11 todos os dados preenchidos de forma simples e visual. Os campos em branco refletem um preenchimento incompleto do documento, um lançamento parcial ou a base de dados anterior mostrando a deficiência nos registros de quebras. A Figura 11 ainda apresenta outra funcionalidade, o botão de impressão, reunindo as informações encontradas e compilando tais informações no modelo digital apresentado na Figura 5 e enviando diretamente para a impressora padrão do computador utilizado.

Figura 10 - Tela de consulta

Figura 11 - Consulta encontrada

6.4.1 Cálculo dos Indicadores

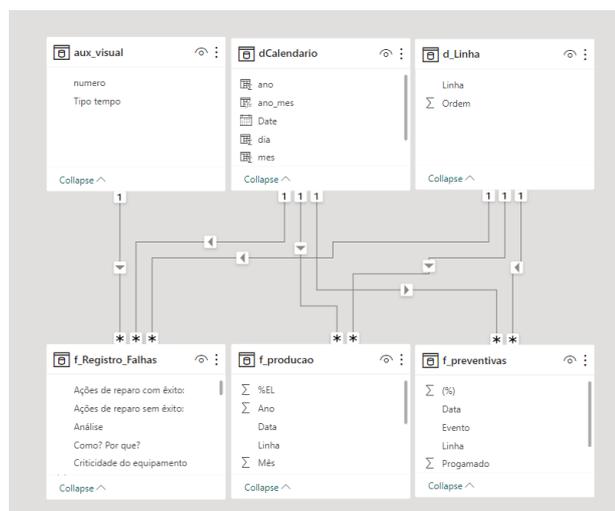
Após tratativas e parametrização dos dados é preciso entender a melhor forma de calcular o indicador de MTTR (Tempo médio de reparo) e MTBF (Tempo médio entre as falhas). Através do e-mail universitário é possível ter acesso ao Power BI e esse é o software que vai ser utilizado para a construção de todos os cálculos.

Todos os dados coletados foram mascarados como nome dos equipamentos, linhas de produção, entre outras colunas presentes na base de dados. Como na base temos uma grande quantidade de informação referente a rotina de coleta de informações da empresa analisada foi feito uma tratativa pensando nas informações que de fato será utilizado no trabalho.

Para uma melhor utilização dos dados no Power BI foi necessário transpor algumas colunas em linhas para facilitar no desenvolvimento dos cálculos como MTTR e MTBF. A linguagem DAX, linguagem utilizada dentro do Power BI para efetuar as medidas, é uma linguagem que trabalha a nível de contexto, ou seja, é passado informações de filtro e a partir delas é feito um cálculo.

Como temos mais de uma tabela de informação é preciso a criação de tabelas para ter a comunicação, pensando na lógica de fatos e dimensões. Onde as tabelas fatos contém os lançamentos e as tabelas de dimensões contem dos registos de linhas, conforme imagem abaixo:

Figura 12 – Modelo relacional



fonte: Relatório PBI

No geral as tabelas de dimensões são tabelas desenvolvidos com pelo menos uma coluna contendo apenas informações distintas, como a dCalendario, que contém as datas dia a dia, e a d_Linha que contém os nomes das linhas de produção.

6.4.2 Medidas

As medidas no Power Bi são ferramentas importantes para trabalhar com dados e visualização dinâmicas. Com isso é possível calcular indicadores e apresentá-los em visuais que podem ser filtrados por categorias ou séries temporais.

Ao analisarmos o cenário atual definimos alguns indicadores-chave de desempenho (KPI's), sendo fundamentais para medir e gerenciar o negócio. Os principais entre eles são:

6.4.2.1 Confiabilidade

Taxa de Confiabilidade, que mede a capacidade de um equipamento operar sem quebras.

$$\text{Confiabilidade} = 2.1828^{(-\text{DIVIDE}(1, [\text{MTBF}], 0) * 12)}$$

6.4.2.2 - Disponibilidade

Taxa de Disponibilidade, que é o percentual de tempo em que um equipamento está disponível para uso, sem quebrar ou interrupções.

$$\text{Disponibilidade} = \text{DIVIDE}([\text{MTBF}], [\text{MTBF}] + [\text{Tempo Médio de Reparo}], 0)$$

6.4.2.3 -Quantidade de Quebras

Quantidade de Quebra, é a quantidade de registros lançados, que corresponde na quantidade de falhas geradas ao longo do tempo.

$$\text{Quantidade de Quebra} = \text{DISTINCTCOUNT}(\text{Fato}[\text{N}^{\circ}])$$

6.4.2.4 - MTBF

MTBF (Tempo médio entre falhas), é uma média de tempo que um sistema pode funcionar entre quebras, quanto maior o MTBF mais confiável é o equipamento.

MTBF = DIVIDE(SUM(f_producao[Tempo Disponível (hr)])-SUM(f_producao[Tempo Total de Paradas (hr)]),[Quantidade de Quebra],0)

6.4.2.5 - Tempo médio de Reparo

MTTR (Tempo médio de reparo), mede o tempo médio que leva para reparar uma quebra. Um MTTR menor indica uma resposta mais rápida às quebras.

MTTR = DIVIDE([Tempo Total de Reparo (Hr)],[Quantidade de Quebra],0)

6.4.2.6 - Quantidade de Horas

Quantidade de Horas =

VAR vMinutos = SUMX(Fato,HOUR(Fato[Horas]))*60 +
SUMX(Fato,MINUTE(Fato[Horas]))

VAR vTotalHora = DIVIDE(vMinutos,60,0)

return

vTotalHora

Tempo de Peça (Hr) = CALCULATE([qtd_horas], Fato[Tipo de Tempo]="Tempo de Peças")

6.4.2.7 - Tempo de Peças

Tempo de Terceiro (Hr) = CALCULATE([qtd_horas], Fato[Tipo de Tempo]="Tempo de Terceiro")

6.4.2.8 - Tempo de Terceiro

Tempo de Terceiro (Hr) = CALCULATE([qtd_horas], Fato[Tipo de Tempo]="Tempo de Terceiro")

6.4.2.9 - Tempo Médio de Parada

Tempo Médio de Parada = DIVIDE([Tempo Total de Parada (Hr)],[Quantidade de Quebra],0)

Tempo SETUP (Hr) = CALCULATE([qtd_horas], Fato[Tipo de Tempo]="Tempo de Setup")

6.4.2.10 - Tempo de SETUP

Tempo Total de Parada (Hr) = CALCULATE([qtd_horas], Fato[Tipo de Tempo]="Tempo Total da Parada")

6.4.2.11 - Tempo Total de Parada

Tempo Total de Parada (Hr) = CALCULATE([qtd_horas], Fato[Tipo de Tempo]="Tempo Total da Parada")

6.4.2.12 - Tempo Total de Quebra

Tempo Total de Quebra (Hr) = CALCULATE([qtd_horas], Fato[Tipo de Tempo]="Tempo Total da Quebra")

6.4.2.13 - Tempo Total de Reparo

Tempo Total de Reparo (Hr) = CALCULATE([qtd_horas], Fato[Tipo de Tempo]="Tempo Total do Reparo")

7 Resultados e Discussões

Ao longo do estudo, os dados de manutenção obtidos, estruturados e preparados para a gestão revelaram discernimentos importante. Os dados coletados ao longo do período de 2022 e 2023, de uma planta de produção para equipamentos de nove linha diferentes e unidades de processos distintas, tornaram-se a base para o desenvolvimento das seguintes telas de gestão.

Os aspectos mais discrepantes da ferramenta apresentada em comparação com o modelo apenas em Excel são baseados no tempo de atualização de informações e indicadores apresentados na Tabela 5, tempo entre as atualizações de cada indicador na Tabela 6 e a disponibilidade da ferramenta em qualquer dispositivo seja ele móvel ou desktop na Tabela 7.

Tabela 5 - Atualização dos dados e tratamento das informações

Apenas Excel	Ferramenta desenvolvida
5 horas	10 segundos

Tabela 6 - Tempo entre as atualizações de indicadores

Apenas Excel	Ferramenta desenvolvida
30 dias	30 minutos

Tabela 7 - Disponibilidade da ferramenta

Apenas Excel	Ferramenta desenvolvida
Desktop disponível na rede da empresa	Desktop, Notebook, Tablet e Celular com acesso à internet

7.1 Painel Análise de Quebra

A Figura 13 inicia o painel de análise de quebras. O painel estruturado de forma a demonstrar primeiramente os números da planta como um todo, indica cartões com os ativos principais de desempenho. Os indicadores de desempenho, como MTBF, MTTR, Quantidade de Quebras, Tempos de SETUP, Peças e Terceiros dão uma visão geral de como a planta se comportou no período estipulado. Os gráficos seguintes, fazem uma menção da comparação

entre os meses do ano abordado, a etapa de quebra, o tipo de quebra e por último a comparação entre quebras e horas paradas.

Figura 13 - Painel Análise de Quebra



7.2 Painel análise de KPIs

Em seguida, a Figura 14 aborda os KPIs, direcionados para as linhas. Essa disposição se torna relevante para um início de aprofundamento no desempenho de cada linha e consequentemente, nos equipamentos que a compõe. A distribuição de horas e sua classificação devem ser um ponto de análise, para descobrirmos qual etapa da parada e procedimento para retorno da produção são os mais impactantes. E como primeira análise, podemos notar que no ano de 2023, 23% do tempo necessário para retorno da produção foram impactados por procedimento operacionais (SETUP). O segundo quadro no dashboard apresenta o tempo total de reparo, onde se mostram pontos específicos onde há um aumento o tempo de reparo, ocasionados principalmente por fatores externos, como revisões, rotatividade da equipe e férias de mantenedores mais experientes. Todos os dados externos a motivos de tempo de reparos podem ser abordados em um outro estudo mais aprofundado. A seguir são mencionados quatro gráficos, compondo o painel de KPIs com o MTBF, MTTR, disponibilidade e a confiabilidade do equipamento em um período de doze horas. Um ponto a ser mencionado nesse trabalho, o

indicador MTBF é diretamente proporcional aos indicadores disponibilidade e confiabilidade, o que não seria surpresa, pois com maior tempo entre as quebras, consequentemente a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos e linhas serão maiores.

Figura 14 - Painel análise de KPIs



Ao analisar toda a linha, seguindo o painel da Figura 14, é comprovado o impacto do tempo de reparo e a quantidade de quebras no indicador MTTR. Na Figura 15, temos as linhas 12, 14 e 19 apresentando os maiores MTTR do painel, enquanto na Figura 16 são elencados os tempos de reparo para as linhas 2, 6 e 7. Em uma comparação apenas por tempo de parada, podemos notar uma semelhança entre as duas figuras, ambas com uma média de valores de horas na faixa de 8 a 12 horas. Entretanto é visível também a frequência com que o gráfico é construído, demonstrando a maior reincidência de quebras nas linhas 2, 6 e 7. Com uma maior incidência de quebras, apresentamos um indicador de tempo de parada menor, porém o tempo de parada para reparo similar ao longo do tempo. Vale salientar que essa análise deve ser aprofundada, pois as linhas produzem produtos diferentes, logo os equipamentos e reparos serão diferentes.

Figura 15 - Tempo de reparo para as linhas 12, 14 e 19

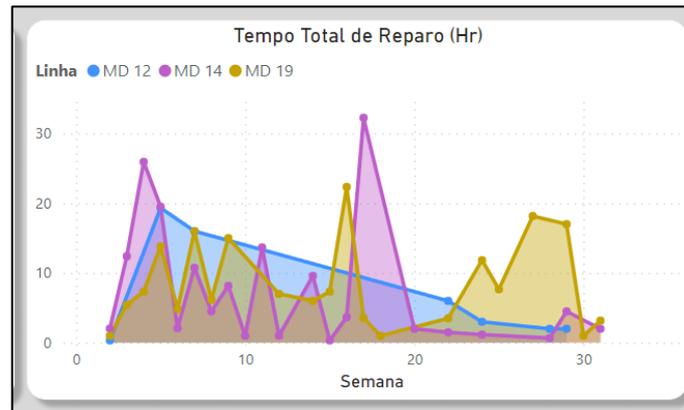
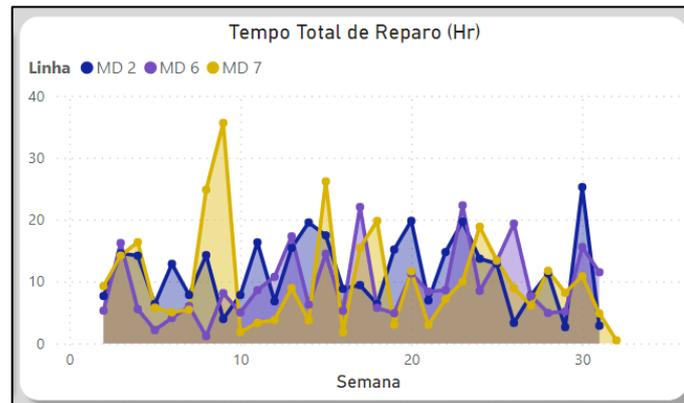


Figura 16 - Tempo de reparo para as linhas 2, 6 e 7



Abordando a mesma narrativa elencada no parágrafo anterior, podemos comparar a produção 1, 2 e 3 e o tempo de preparação após cada quebra. A Figura 17, Figura 18, Figura 19 ilustram o tempo de preparação gasto em cada tipo de produção, sendo elas divididas entre o processo do produto, envase e estocagem.

Figura 17 - Distribuição de horas na unidade de processo 1

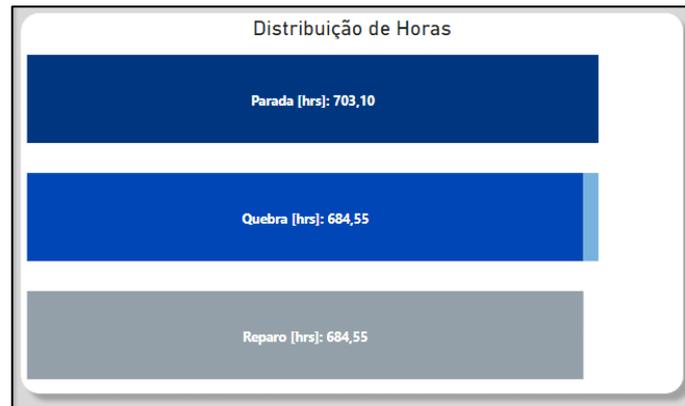


Figura 18 - Distribuição de horas na unidade de processo 2

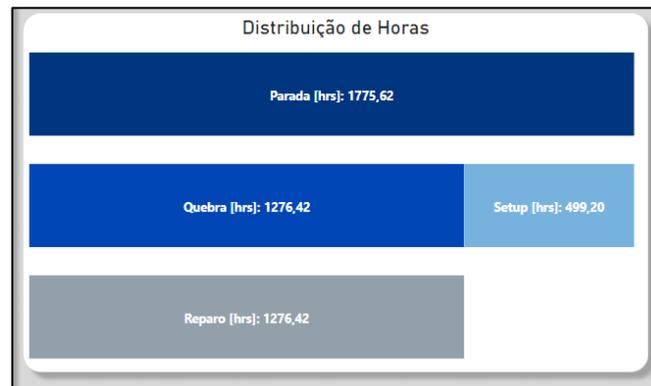
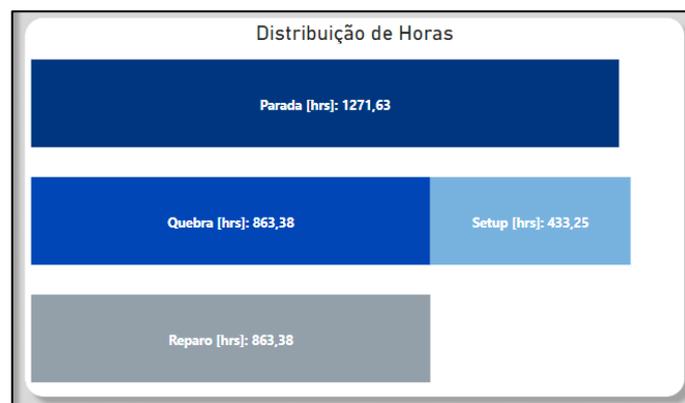


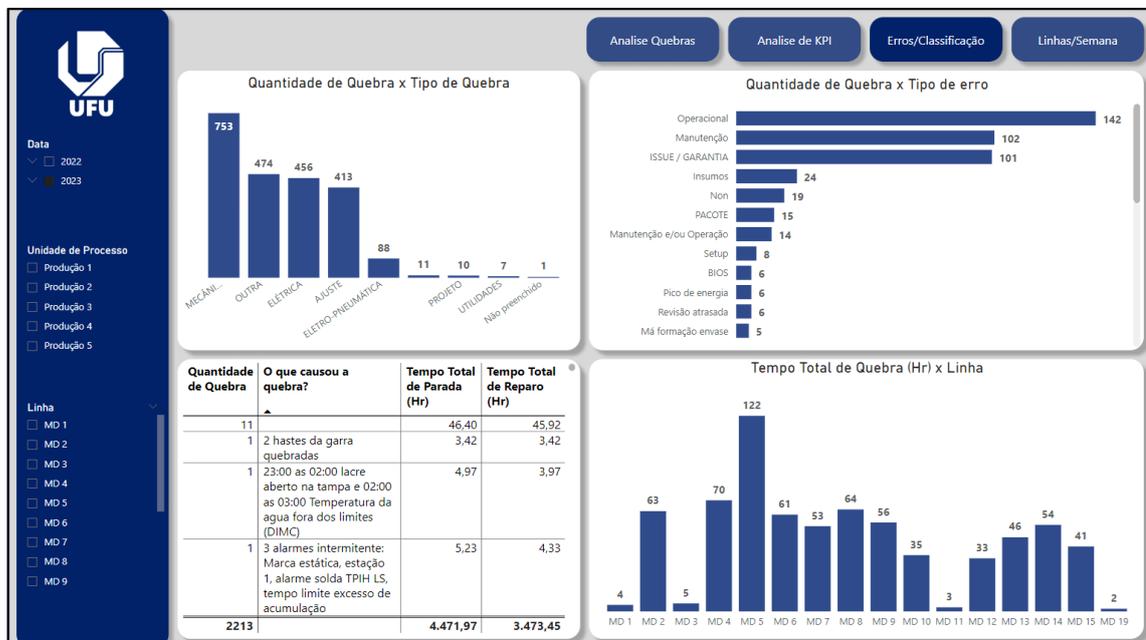
Figura 19 - Distribuição de horas na unidade de processo 3



7.3 Painel de análise Erros/Classificação

Partindo para a descrição do relatório três, entregue pelo sistema de gestão, é apresentado na Figura 20 a análise de erros/classificação. Nesse painel interativo, sua função principal será analisar como os tipos de erros estão impactando no montante de quebras. O tipo de erro é uma das classificações do tipo de quebra, sendo classificado como operacional, manutenção, garantia, insumos etc. No painel, dividido em quadrantes, é apresentado a quantidade de quebras com relação ao tipo de quebra, a quantidade de quebras com relação ao tipo de erro, a tabela com a descrição da causa e tempos totais, e por último o tempo total de quebra por linha.

Figura 20 - Painel de análise Erros/Classificação



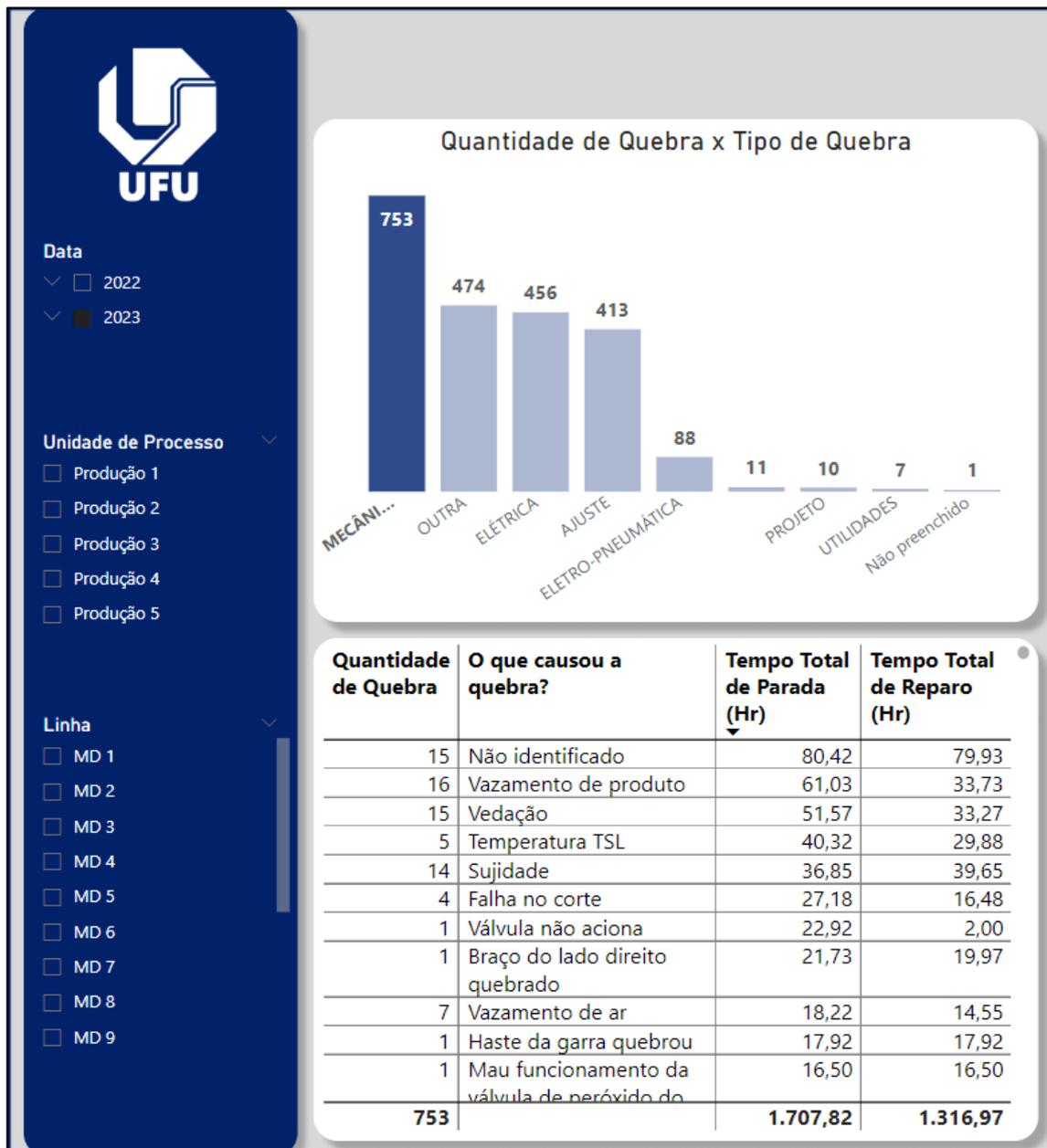
As maiores causas de falhas estão descritas na Tabela 8, localizada no painel da Figura 20. A causa das falhas foi um dos tópicos necessários para o tratamento dos dados, pois os relatórios entregues pelos mantenedores forma uma base de dados sem padronização para a causa. Após a padronização e o tratamento, foi possível elencar fácil quais as causas, impacto em horas e a frequência de ocorrência.

Tabela 8 - Maiores causas de falhas

Quantidade de Quebra	O que causou a quebra?	Tempo Total de Parada (Hr)	Tempo Total de Reparo (Hr)
53	Não identificado	170,10	161,32
25	Vazamento de produto	118,00	64,28
25	Vedação	109,40	77,67
33	Sujidade	77,67	73,95
44	Falha no sensor	65,90	48,62
28	Resistência queimada	53,68	45,65
22	Cabo rompido	44,22	43,72
6	Temperatura TSL	42,70	30,38
7	Falha no corte	35,50	22,28
29	Aba aberta	31,93	30,65
6	Válvula não aciona	29,58	6,92
28	Falha de comunicação	26,60	21,28
2	Material no DIMC	25,12	25,12
2213		4.471,97	3.473,45

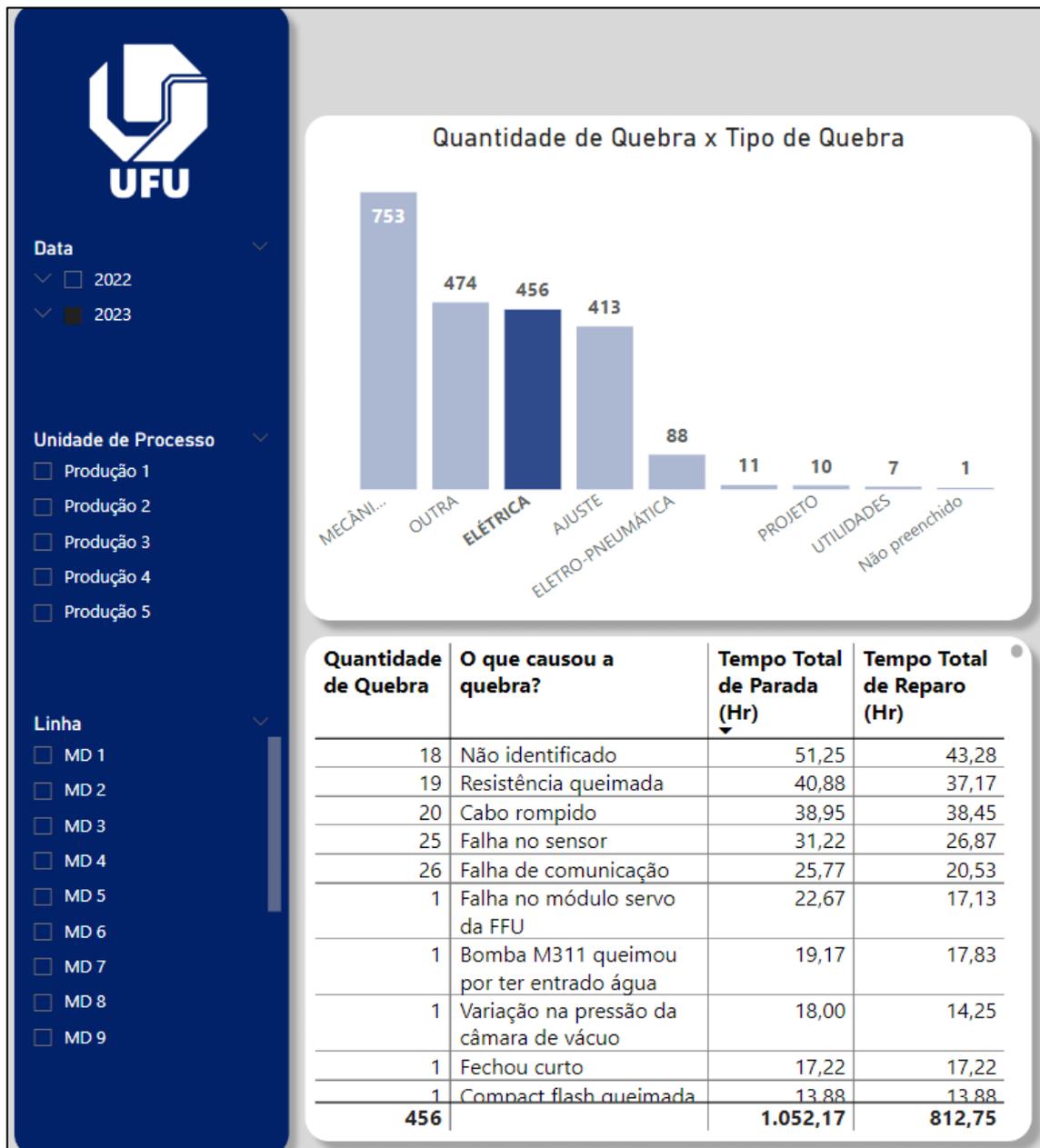
Para elencar os três tipos de quebras que mais impactam a manutenção e a produção, vamos abordar nas figuras Figura 21, Figura 22, Figura 23 e Figura 24, o tipo de quebra, principais causas e sua frequência. Destacado na Figura 21, as falhas mecânicas ocupam a primeira colocação, ocorrendo 753 vezes sendo 15 não identificadas, 16 por vazamento de produto e 15 causada pela falha de vedações. O tempo total de parada de produção pelos três tipos de falhas chegam a 193 horas.

Figura 21 - Quantidade de quebras classificadas como mecânica



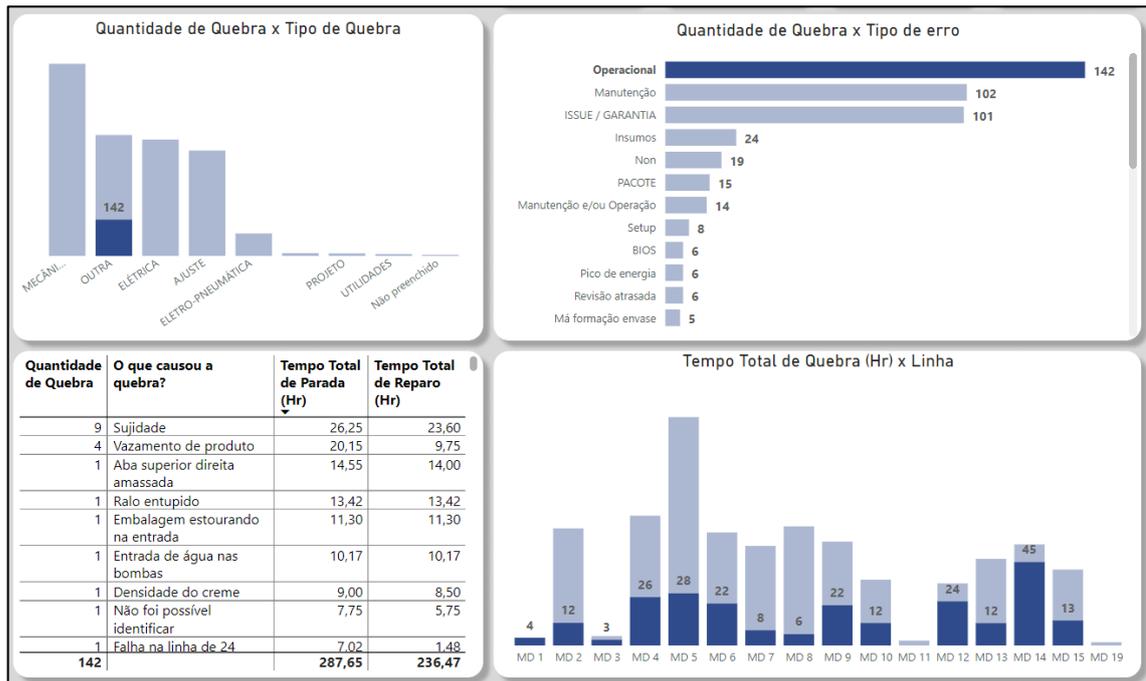
Destacado na Figura 22, as falhas elétricas ocupam a terceira colocação, ocorrendo 456 vezes sendo 18 não identificadas, 19 por resistências queimadas e 20 causada por cabos rompidos. O tempo total de parada de produção pelos três tipos de falhas chegam a 131 horas.

Figura 22 - Quantidade de quebras classificadas como elétrica



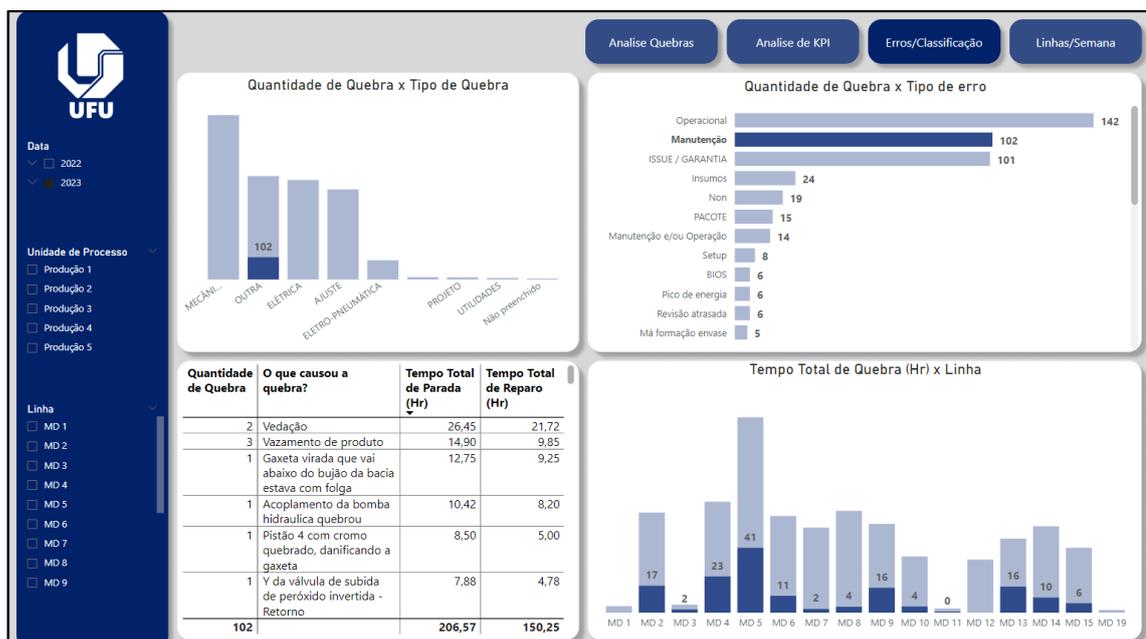
Destacado na Figura 23, as falhas classificadas como outra ocupam a segunda colocação, ocorrendo 474 vezes. Para a classificação outra, devemos aprofundar em dois de seus tipos que mais afetam a produtividade e temos controle sobre. Para o tipo de erro operacional, fomos afetados por 142 incidentes, com 9 problemas com sujidade, 4 por vazamento de produto e 1 causada por aba aberta. O tempo total de parada de produção pelos três tipos de erros chegam a 61 horas.

Figura 23 - Quantidade de quebras classificadas como outra operacional



Para o tipo de erro da manutenção, fomos afetados por 102 incidentes, com 2 problemas com vedações, 3 relacionados por vazamento de produto e 1 causada por montagem errônea. O tempo total de parada de produção pelos três tipos de erros chegam a 54 horas.

Figura 24 - Quantidade de quebras classificadas como outra manutenção



7.4 Painel de análise Linhas/Semana

Por último, chegamos ao painel de análise das linhas por semana na Figura 25. O intuito desse painel é fazer uma análise rápida e abordar pontos principais das quebras que afetaram a linha nos últimos 7 dias. É um painel voltado para os encarregados e seus mecânicos, de fácil visualização e abordando as principais informações que afetaram o reparo no período de acontecimentos. Com filtro para unidade de processo, mês e semana, gráficos interativos e 2 caixas de pesquisa, temos uma ferramenta para discussão e entendimento de situações.

Figura 25 - Painel de análise Linhas/Semana



8 Conclusão

A manutenção e gestão de indicadores impactam diretamente na disponibilidade, confiabilidade e desempenho de máquina e equipamentos presentes na linha de produção. Foram explorados diversos elementos no âmbito a indústria, destacando principalmente a preparação das informações, estratégias e mecanismos para a otimização e melhoria operacional.

Ao decorrer do estudo, destacaram-se componente essenciais para garantia e funcionalidade de máquinas e equipamentos no setor abordado. Por meio de uma abordagem empregada em outros setores, como vendas e marketing, disseminar a utilização de ferramentas de BI aprimora e acelera a chegada de informações e análises antes apresentadas tardiamente. Evitar e reduzir paradas não planejadas, redução de custos e aumento do tempo de produção são objetivos mais claros e com planejamentos mais papáveis, utilizando a ferramenta desenvolvida pelo trabalho apresentado. A gestão de indicadores desempenha um papel fundamental, fornecendo uma visão valiosa na tomada de decisões gerenciais e operacionais.

A abordagem holística para a manutenção se torna uma necessidade para a aplicação de estratégias de manutenção, levando sempre em consideração as diversas formas de prever e melhorar o desempenho dos equipamentos com as manutenções corretivas, preditivas, preventivas e a engenharia de manutenção. A identificação de falhas nos estágios iniciais são os principais focos para uma evitar falhas catastróficas e gastos excessivos com recursos.

A utilização de tecnologias avançadas, softwares de análise, dados apurados em tempo real, monitoramento de linha com sensores e outros artifícios da indústria 4.0 permitem uma abordagem significativa na estruturação de planos de manutenção, aumentando a eficiência da área de manutenção. Taxas de falhas, tempo médio entre as falhas, custos de manutenção são otimizados, levando em conta o investimento com tecnologia e treinamentos, são benefícios que superam os custos iniciais ao longo prazo.

Portanto, a pesquisa realizada reforça o crédito da manutenção e da gestão de indicadores na engenharia de manutenção, trazendo uma visão de como o investimento em estratégias e na tecnologia garantem uma otimização operacional e a competitividade na indústria.

9 Referências bibliográficas

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

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio; BARONI, Tarcísio. **Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas**. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, 2002 . Coleção Manutenção, Abraman.

ZANON, Matheus da Silva. **As Versatilidades do Microsoft Excel® e Sua Utilização na Engenharia**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química, 2021.

Damiani, W. B., Oliveira, J. C. E., & Emmert, O. C. 2004. **Gestão de Dados: Um Levantamento de seu Estado-da-Arte**. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/2885/P00305_1.pdf. Acesso em: 17 de outubro de 2023.

Martinato, B. (2016). **Proposta de um Sistema de Business Intelligence para Suporte à Gestão dos Cursos de Graduação da Universidade Federal do Pampa**. Universidade Federal de Santa Maria.

Microsoft. **Utilizar a linguagem DAX no Power BI Desktop**. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-pt/training/paths/dax-power-bi/>. Acesso em: 17 de outubro de 2023.

Microsoft. **O que é o Power BI?**. Disponível em: <https://powerbi.microsoft.com/pt-br/what-is-power-bi/>. Acesso em: 17 de outubro de 2023.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção função estratégica**. 3.ed. Petrópolis: Qualitymark, p. 19, 2001.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. 2008.

XAVIER, Julio Nascif. **Manutenção Preditiva Caminho para a excelência**. Disponível em: http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaopreditiva_Nascif.zip, 2005.

XAVIER, Julio Nascif. **Manutenção: Tipos e Tendências**. Disponível em: <http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaotiposetendencias.zip> , 2005.

BONEL, C. **Afinal o que é business intelligence: Do conceito a aplicação**. Perse, 2017.

CHEN, H.; CHIANG, R.; STOREY, V. **Business intelligence and analytics: From big data to big impact**. Journal of Banking Finance, p. 1165–1188, 2012.

HAHN, C.; REINSCHMIDT, J. **Comparative analysis of power bi, tableau, and qlik sense from a business intelligence perspective**. International Conference on Business Information Systems., p. 431–444, 2020.

KAUR, R. **Power bi vs. tableau vs. qlik sense: Which bi tool is the winner?** 2021. Disponível em: <https://www.selecthub.com/business-intelligence/tableau-vs-qlikview-vs-microsoft-power-bi/?noamp=mobile#comments>.

KIMBALL, R.; ROSS, M. The data warehouse toolkit: The definitive guide to dimensional modeling. Wiley, 2013.

MICHEL, M. Metodologia e pesquisa científica: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos. Atlas São Paulo, 2005.