



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

RAFAEL LOPES SILVA

**DIGITALIZAÇÃO DE PROCESSOS DE REPORTE DE DEFEITOS E GESTÃO DE
MUDANÇA EM EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS APLICADO A UM CONTEXTO
DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA DE INDÚSTRIA 4.0**

Uberlândia

2023

RAFAEL LOPES SILVA

DIGITALIZAÇÃO DE PROCESSOS DE REPORTE DE DEFEITOS E GESTÃO DE MUDANÇA EM EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS APLICADO A UM CONTEXTO DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA DE INDÚSTRIA 4.0

Trabalho apresentado como requisito de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Brito de Lima

Assinatura do Orientador

Uberlândia

2023

RAFAEL LOPES SILVA

DIGITALIZAÇÃO DE PROCESSOS DE REPORTE DE DEFEITOS E GESTÃO DE MUDANÇA EM EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS APLICADO A UM CONTEXTO DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA DE INDÚSTRIA 4.0

Trabalho apresentado como requisito de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

Uberlândia, 27 de janeiro de 2023

Banca Examinadora:

Esp. Osmar Felipe Alves Eleodoro

Me. Vitor Fonseca Barbosa

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais, Elenice Batista Lopes da Silva e Adilson Cesar da Silva pelo apoio, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço enormemente a Deus por me permitir saúde e força de vontade para percorrer todas as etapas que me trouxeram até a conclusão deste bacharelado.

À minha família e em especial aos meus pais, por sempre estarem do meu lado nos momentos mais difíceis, suportando as adversidades, e me incentivando a perseverar em qualquer situação.

Ao Prof. Dr. Gustavo Brito de Lima pelo apoio, paciência e ensinamentos, e principalmente pela oportunidade em ser meu orientador para a confecção deste trabalho.

À empresa a qual faço parte desde o meu processo de estágio assim como meus colegas de trabalho que me deram a oportunidade de conduzir o projeto chave deste trabalho assim como me permitiram me desenvolver e me formar como o profissional que sou hoje.

E por fim a todos aqueles que de maneira direta ou indireta participaram desta minha jornada de formação não so profissional, mas humana.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar, por meio de um estudo de caso real em uma indústria, a implementação e melhoria de um processo de gestão e reporte de defeitos de máquina (*Defect Handling*) aplicado a um contexto de indústria 4.0 e manutenção autônoma. O estudo demonstrara como foi conduzido, na prática, todo o planejamento teórico prévio de como se daria a digitalização deste processo de gestão industrial, até a elaboração de uma nova ferramenta digital construída em *Power Apps* que permitisse essa transição de maneira intuitiva e facilitada na linha de produção, assim como o treinamento e engajamento do time de produção na utilização da nova ferramenta. Desta forma, através de toda a construção deste projeto e sua implementação, serão apresentados e discutidos os resultados e impactos na performance do equipamento ligados a melhorias no reporte de seus defeitos, possibilitando então uma tratativa de maneira mais eficiente e imediata. É também objetivo, discutir quais os possíveis próximos passos a serem tomadas para que o processo continue a evoluir e se torne cada vez mais robusto.

Palavras-chave: Indústria 4.0, *Defect Handling*, manutenção autônoma, *Power Apps*, *Power BI*, *Integrated Work System*.

ABSTRACT

The present work aims to demonstrate, through a real case study in an industry, the implementation and improvement of a machine defect management and reporting process (Defect Handling) applied to an industry 4.0 context and autonomous maintenance. The study will demonstrate how, in practice, all the previous theoretical planning of how the digitalization of this industrial management process would take place, until the elaboration of a new digital tool built in Power Apps that would allow this transition in an intuitive and facilitated way in line of production, as well as the training and engagement of the production team in the use of the new tool. In this way, throughout the construction of this project and its implementation, the results and impacts on the performance of the equipment linked to improvements in the reporting of its defects will be presented and discussed, thus enabling a more efficient and immediate treatment. It is also objective to discuss the possible next steps to be taken so that the process continues to evolve and become increasingly robust.

Keywords: Industry 4.0, Defect Handling, autonomous maintenance, Power Apps, Power BI, Integrated Work System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da Renda per capita e da produtividade por hora trabalhada. Número índice (1981=100). Brasil: 1981-2018	11
Figura 2- Distribuição da população em condição de extrema pobreza ao longo dos anos	11
Figura 3: 4 etapas do processo de melhoria contínua.....	14
Figura 4: Mandala com os 10 pilares do IWS	15
Figura 5: Fluxo do processo PDCA.....	19
Figura 6: Etiqueta operacional (Defect Handling)	22
Figura 7: Etiqueta mecânica (Defect Handling)	23
Figura 8: Etiqueta eletrônica (Defect Handling)	24
Figura 9: Fluxo de tratativa de defeitos	26
Figura 10: Fluxo de dados do Defect Handling Digital	32
Figura 11: Interface de usuário do Power Apps	33
Figura 12: Detalhamento da interface de usuário do Power Apps	34
Figura 13: Detalhamento da interface de usuário do Power Apps	35
Figura 14: Interface de visualização e edição de dados do sharepoint.....	36
Figura 15: Tela Inicial do Aplicativo de Defect Handling Digital.....	40
Figura 16: Menu principal aplicativo Defect Handling Digital.....	41
Figura 17: Página de criação de etiqueta Digital.....	41
Figura 18: Página de edição de etiquetas digitais já criadas.....	43
Figura 19: Relatório de etiquetas criadas	44
Figura 20: Análise AM (Power Bi)	45
Figura 21: Ranqueamento das etiquetas (Power Bi)	46
Figura 22: Status dos defeitos (Power Bi).....	46
Figura 23: Relatório de Contramedidas (Power Bi)	47
Figura 24 - Cenário atual (Janeiro/2023) de implementação do Defect Handling Digital.....	49
Figura 25 - Evolução do Backlog de defeitos Célula 2B.....	50
Figura 26 - Evolução do OEE ao longo das semanas 16 a 51 de 2022	51
Figura 27 - Evolução do MTBF ao longo das semanas 16 a 51 de 2022	52
Figura 28 - Evolução do UPDT ao longo das semanas 16 a 51 de 2022.....	52

Sumário

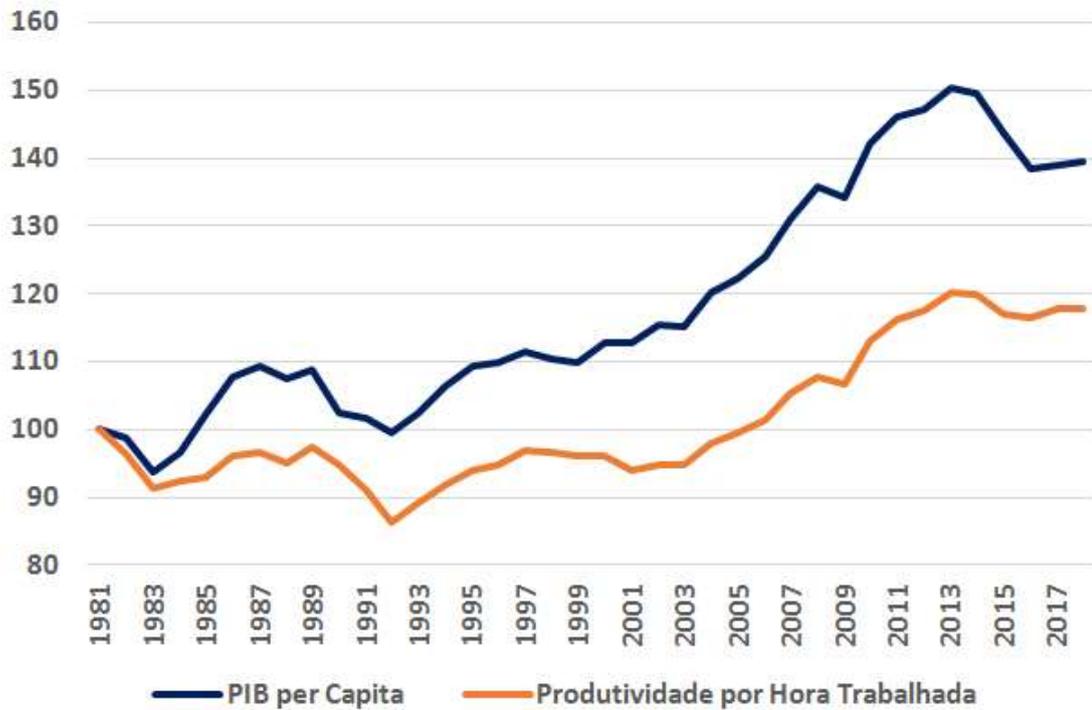
1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVO	13
2	INTEGRATED WORK SYSTEM	14
2.1	DMS (<i>DAILY MANAGEMENT SYSTEM</i>) E CICLO PDCA (<i>PLAN-DO-CHECK-ACT</i>).....	17
2.2	PRINCIPAIS <i>KPI'S</i> E INDICADORES DE PERFORMANCE:	19
2.3	<i>DEFECT HANDLING</i> : CONCEITO E ESTRUTURA DO REPORTE DE DEFEITOS. 21	
3	DEFECT HANDLING: CAMPOS DE PREENCHIMENTO DO FORMULÁRIO. 27	
4	DIGITALIZAÇÃO DE PROCESSOS E INDUSTRIA 4.0	30
5	MATERIAIS E MÉTODOS	31
5.1	<i>POWER PLATAFORM: MICROSOFT</i>	32
5.1.1	Microsoft <i>Power APPS</i> :.....	33
5.1.2	Microsoft <i>Power Bi</i>	35
5.1.3	Microsoft <i>Share Point</i>	36
6	ESTUDO DE CASO	37
6.1	PROBLEMÁTICA, MOTIVAÇÃO E IMPACTOS	38
6.2	DESIGN E CONSTRUÇÃO DE UM NOVO MODELO.....	39
6.2.1	Aplicativo em <i>Power Apps</i>	39
6.2.2	Dash de dados em <i>Power Bi</i>	44
6.3	Implementação, testes e coleta de <i>feedbacks</i> :	48
6.4	Resultados e Considerações finais.	50
7	CONCLUSÕES	53
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

O cenário industrial atual é extremamente desafiador. Com o advento de diversas tecnologias, os grandes produtores, para se manterem relevantes em um mercado global precisam, necessariamente, contar com uma planta de produção robusta, eficiente e adaptável às mudanças tecnológicas constantes, tanto no cenário atual como também num cenário futuro com a implementação das novas tecnologias. O engenheiro, neste contexto, tem o papel fundamental para a condução dessas mudanças e transformações, como também tem a necessidade de gerir e coordenar os times responsáveis por essas implementações. O engenheiro, além de referência teórica, é também a referência administrativa dos processos produtivos, pois percebeu-se que as características analíticas, disciplinares e a solidez profissional lhe permitem atuar em uma gama ampla de processos com bastante eficiência.

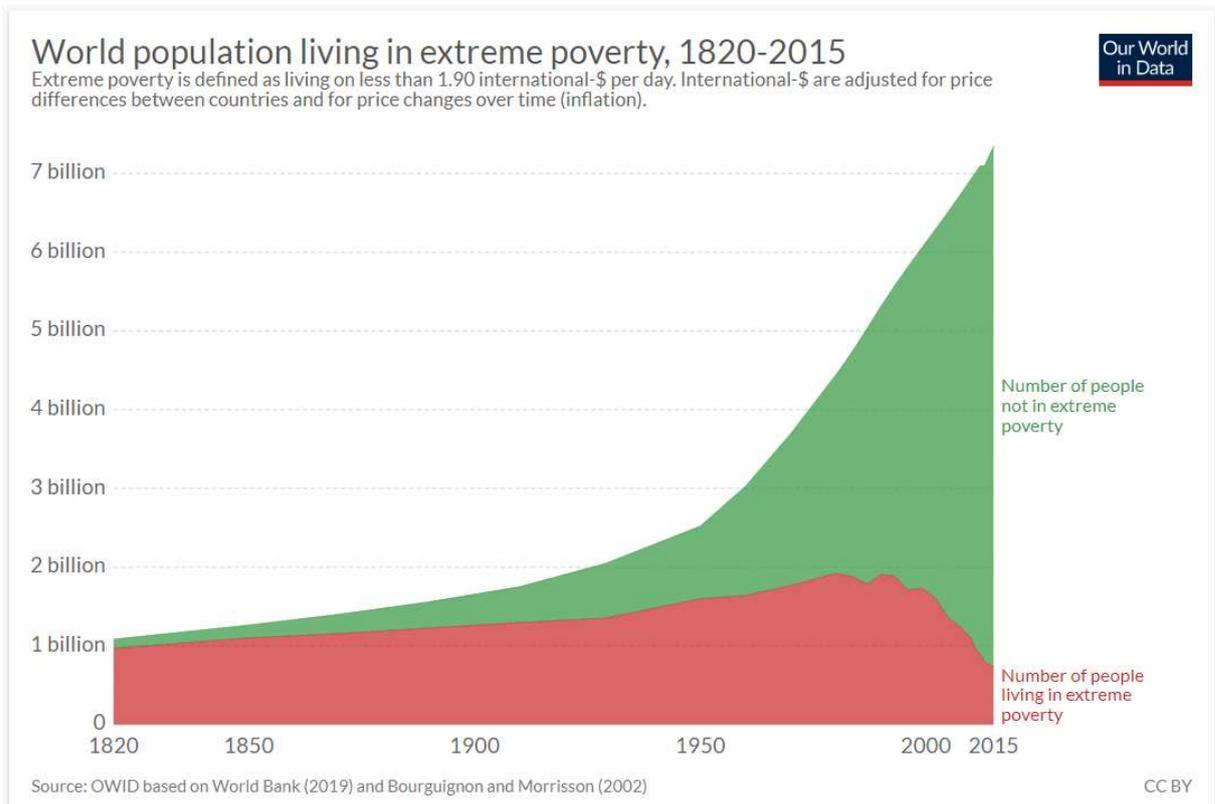
A história do triunfo e desenvolvimento humano sempre foi bastante marcada por revoluções tecnológicas. Desde o descobrimento do fogo e a utilização de ferramentas rudimentares para realizar atividades como caça, coleta e agricultura, a capacidade de transformar os recursos ao seu redor tem sido determinante para a predominância da espécie. Atualmente esta característica tem se tornado ainda mais predominante no contexto globalizado em que vivemos. Boa parte dos indicadores modernos de desenvolvimento humano, como por exemplo o IDH ou PIB per capita, estão diretas ou indiretamente ligados ao nível de produtividade dos povos e nações. Na figura 2 pode-se notar este comportamento de forte correlação entre PIB per capita e produtividade no Brasil. Em termos, podemos considerar: “A produtividade é uma medida da eficiência com que os fatores de produção de uma empresa, setor ou país são utilizados. Do seu aumento contínuo depende o crescimento das nações e os níveis de bem-estar presente e futuro, os quais serão tão mais elevados quanto mais a produtividade aumentar no longo prazo.” (Filho, N., M, 2017, p. 8)

Figura 1 - Evolução da Renda per capita e da produtividade por hora trabalhada. Número índice (1981=100).
Brasil: 1981-2018



Fonte: Elaboração do IBRE com base nas Contas Nacionais, Pnad e Pnad Contínua – IBGE.

Figura 2- Distribuição da população em condição de extrema pobreza ao longo dos anos



Fonte: OWID based on World Bank (2019) and Bourguignon and Morrison (2022)

Conforme Figura 1 pode-se notar que ao longo dos anos a população mundial experimentou um crescimento de caráter exponencial, e graças à capacidade produtiva cada vez mais avançada, a população mundial obteve acesso a recursos básicos de maneira que, boa parte fosse classificado como acima da linha da extrema pobreza. No entanto, o número de pessoas vivendo em extrema pobreza continuou em alta, mesmo que a um ritmo muito menos acelerado que o crescimento populacional. Com a invenção dos semicondutores e dos transistores e posteriormente o advento de tecnologias como a internet e a robótica a humanidade pode experimentar um declínio significativo na parcela global de pessoas que vivem em extrema pobreza. Com estas tecnologias pode-se elevar o nível de produtividade a patamares tão altos que a produção de utensílios básicos de sobrevivência se tornou acessível a quase toda população mundial.

Como dito anteriormente, no cenário atual, o fator determinante para a escalada de produtividade é a implementação de automação, digitalização e melhoria contínua dos processos produtivos. Com o surgimento da internet e a ampla implementação de automação industrial nos meios de produção, um novo conceito se tornou referência no mercado. Indústria 4.0 ou quarta revolução industrial é o conceito atribuído para a utilização de tecnologias avançadas na automação de processos produtivos, assim como o aperfeiçoamento e melhoria contínua destes, por meio de análise de uma massiva quantidade de dados coletados graças ao barateamento e a produção em larga escala de sensores dos mais variados tipos, objetivos e sensibilidades.

Em meio a este contexto de revolução industrial, com os meios de produção em constante mudança e adaptação às novas tendências, o engenheiro tem papel fundamental, tanto na criação e desenvolvimento destas novas tecnologias, como também na implementação e adaptação ao cenário personalizado de cada indústria, assim como também é de suma importância que o engenheiro saiba gerenciar o time de produção de modo que estas pessoas, que irão lidar com estas novas ferramentas tecnológicas, sejam treinadas e engajadas corretamente.

1.1 Objetivo

Diante do exposto e da importância da produtividade, num contexto não só econômico, mas também social e de desenvolvimento humano, este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso sobre a implementação de uma ferramenta de digitalização e automação de um processo de reporte de defeitos de máquinas industriais aplicado a um conceito de indústria 4.0 e melhoria contínua de processos industriais. Este estudo de caso contempla toda a motivação e a fundamentação por trás do sistema de report de defeitos (*Defect Handling*) em um ambiente de manutenção autônoma, assim como demonstra como se deu a digitalização de um processo que antes era feito de maneira manual e agora é executado via *software*, utilizando a construção de aplicativos Power Apps e um *dash* de visualização e análise de dados em *Power Bi*. Neste trabalho, serão apresentadas a fundamentação teórica, etapas práticas de implementação e melhorias destas novas funcionalidades, sendo apresentados os resultados e benefícios decorrentes de suas aplicações.

2 **INTEGRATED WORK SYSTEM.**

Antes de apresentar toda a estrutura do sistema de reporte de defeitos “*Defect Handling*”, é importante entender em que contexto este sistema se enquadra e qual a sua motivação em um cenário industrial produtivo. O IWS, sigla para *Integrated Work System*, é um sistema de produção e de cultura organizacional desenvolvido e implementado pela P&G (Procter & Gamble), corporação multinacional americana de bens de consumo. Este sistema foi desenvolvido e implementado em meados de 2013. O IWS é baseado no modelo Toyota de produção com algumas adaptações para que seja implementado em indústrias de bens de consumo. Atualmente, mais de 150 plantas de produção da P&G utilizam esta plataforma organizacional de produção, o que corrobora a sua eficácia.

O IWS é um sistema de melhoria contínua que visa desenvolver habilidades e comportamentos, a nível cultural e organizacional, a fim de entregar resultados superiores e de maneira sustentável por meio da redução de perdas, custos e consequentemente aumento de produtividade. De maneira simplificada, a maioria dos sistemas de incremento de eficiência passam pela repetição ininterrupta destes 4 processos presentes na Figura 3:

Figura 3: 4 etapas do processo de melhoria contínua

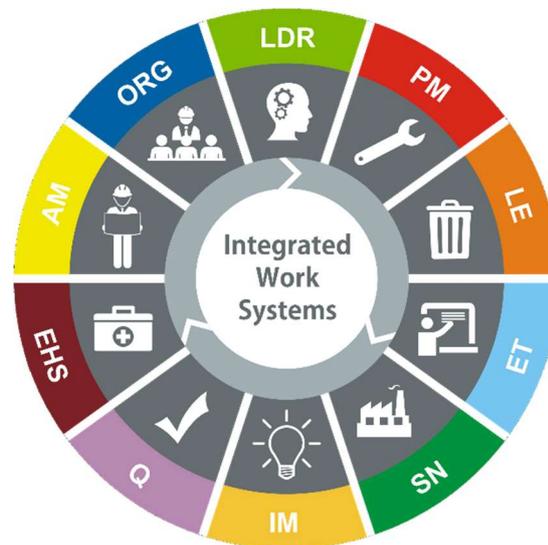


Fonte: Autor

- **Entender o verdadeiro objetivo:** Na prática é analisar, de acordo com o cenário atual, as metas e objetivos que realmente estão alinhados com o negócio e que, com um menor espaço de tempo e menor disponibilidade de recursos vai oferecer um resultado satisfatório e consistente.
- **Entender a condição atual:** Analisar e estudar o que é possível atingir em termos de metas e objetivos, sempre alinhando expectativas e entendendo o contexto de custos, mão de obra, recursos de produção e matéria-prima.

- **Estabelecer a condição futura:** Ao atingir os objetivos e metas com sustentabilidade, determinar quais serão, no longo prazo, os próximos objetivos e o caminho a ser traçado para alcançá-los.
- **Fazer melhoria contínua:** Esta é a parte operacional do planejamento. Após definir metas e objetivos, tanto a curto quanto a longo prazo, é hora de implementar um sistema que por meio de processos e rotinas, nos conduza a uma evolução constante. Melhoria contínua é entender que sempre há uma maneira de incrementar e otimizar processos produtivos.

Figura 4: Mandala com os 10 pilares do IWS



Fonte: P&G – IWS Material interno

O IWS traz estes mesmos conceitos fundamentais, mas com o incremento de uma mentalidade de zero perdas aliada a um envolvimento de 100% dos colaboradores, de todos os níveis para atingir objetivos expressivos. A gestão organizacional do IWS é fundamentada em dez pilares organizacionais e de suporte ao time de produção:

- Liderança (LDR)

Fornecer à organização as ferramentas de Liderança necessárias para que os líderes visualizem, energizem e permitam a entrega de resultados superiores através da implementação do IWS;

- Organizacional (ORG)

Fornecer métodos para integrar todos os Pilares da IWS e fornece um conjunto de comportamentos, sistemas e estruturas que aprimoram a capacidade da organização de fornecer resultados de negócios inovadores, alavancando 100% do envolvimento total dos

funcionários e cultura zero de defeitos;

- Educação e Treinamento (E&T)

Eliminar perdas por falta de habilidade ou conhecimento e eliminar perdas por ineficácia e ineficiência em sistemas de treinamento;

- Eliminação de perdas (LE)

Maximizar a eficácia geral de equipamentos, processos e organizações através da eliminação inflexível de perdas e melhoria de todas as medidas críticas do local;

- Meio ambiente, segurança e saúde ocupacional (EHS)

Criar sistemas que garantam a segurança de pessoas, equipamentos e meio ambiente com o objetivo de zero acidentes e zero incidentes;

- Manutenção Autônoma (AM)

Garantir que a equipe de produção tenha ferramentas e métodos suficientes para gerir de maneira autônoma todo seu equipamento e maquinário de trabalho além de garantir sua autopreservação e melhoria contínua dos meios de produção. O pilar de manutenção autônoma tem como objetivo, com o suporte dos outros pilares, no longo prazo garantir que o time de produção seja totalmente independente e consiga conduzir operacionalmente sem interferência externa, encontrando e resolvendo os defeitos e eliminando perdas por si só;

- Manutenção progressiva (PM)

Atingir condições ideais de equipamentos e processos de maneira eficiente e econômica. Planejar e executar a manutenção dos equipamentos assim como garantir a disponibilidade de peças sobressalentes para troca em caso de quebra;

- Gestão de Iniciativa (IM)

Forneça sistemas para definir, projetar e entregar projetos com boa relação custo-benefício e eliminar defeitos, retrabalhos e perdas, ao mesmo tempo em que fornece critérios de sucesso técnico e de negócios de maneira livre de perdas;

- Qualidade (Q)

Desenvolva capacidade para garantir zero defeitos no produto, zero incidentes de qualidade e garantir que as expectativas de qualidade da empresa e todos os requisitos regulamentares sejam atendidas;

- Rede de suprimentos (SNO)

Fornecer capacidade para eliminar as perdas na rede de suprimentos para permitir a entrega dos objetivos da categoria e do site;

Todos estes pilares trabalham de maneira integrada para fornecer as condições ideais para o processo de melhoria contínua na cadeia de produção e assim, atingir os resultados e metas determinados. De maneira resumida o IWS está fundamentado para desenhar, engajar e fornecer recursos que garantam que certas rotinas, culturas e processos sejam executadas da maneira ideal. Estes processos são chamados de DMS (*Daily Management System*).

2.1 DMS (*Daily Management System*) e ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*)

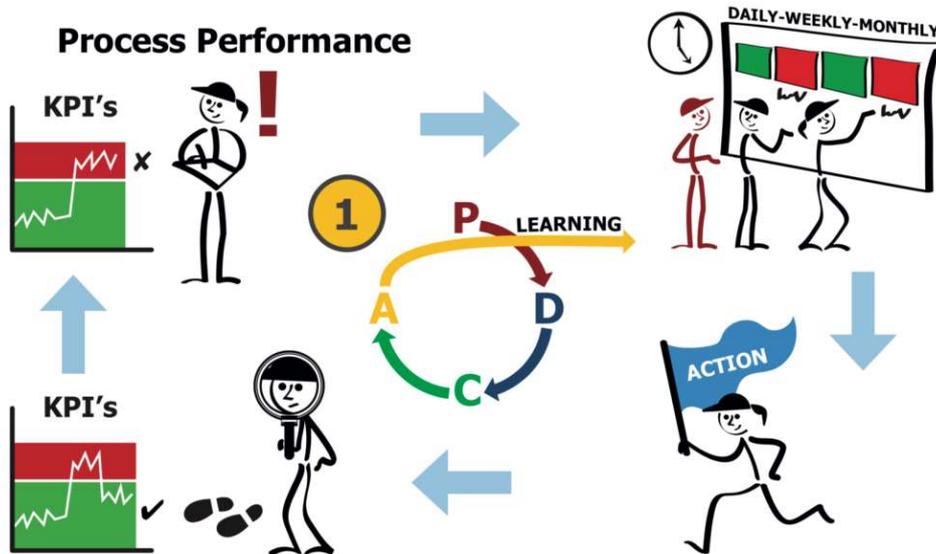
Com cada vez mais o aumento da complexidade dos processos produtivos, assim como as ferramentas e máquinas utilizadas neste processo, se tornou necessário elaborar rotinas e condutas específicas para manter o processo e as ferramentas em condição ótima de operação. Assim surgiu o conceito de DMS (*Daily Management System*), uma estrutura pela qual as organizações conduzem o gerenciamento operacional para garantir que, seu dia a dia ocorra conforme planejado e melhore de maneira contínua. Estas rotinas e atividades são conduzidas e direcionadas de acordo com KPI's (*Key Performance Indicator*). Um KPI como o próprio nome sugere, é um indicador de performance que nos dá informações importantes sobre o desempenho de um determinado processo ou até mesmo da produtividade e eficiência geral da máquina. Cada pilar do IWS contribui para que a linha de produção opere de maneira sustentável e otimizada. Essa contribuição é traduzida em fornecer condições ideais para que os processos e DMS's sejam realizados da maneira com que foram projetados, assim como o direcionamento e a maneira como esses DMS's são conduzidos está intrinsicamente ligado aos resultados e métricas dos KPI's. Sendo assim, o processo de melhoria contínua está baseado na retroalimentação de informações e ações destes processos, em que os DMS's são executados, um resultado é obtido e traduzido em forma de KPI's. Estas informações são tratadas e analisadas por meio dos integrantes de cada pilar do IWS e então novas estratégias, correções e melhorias são implementadas nestes processos e assim o ciclo de melhoria contínua se executa.

Este ciclo de melhoria contínua pode ser traduzido no que chamamos de PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). O PDCA é um método de gestão iterativa de 4 passos utilizado para controle e melhoria de processos e produtos, e que está ilustrado de maneira simplificada na figura 5. O objetivo do PDCA é garantir que as rotinas sejam sempre implementadas sucessivamente e que, ao longo do tempo, e com os aprendizados coletados em cada iteração, novas ideias e adaptações sejam acrescentadas no planejamento e logo em seguida nas ações, procurando otimizar e incrementar produtividade nas rotinas. Os 4 passos do PDCA podem ser explicados da seguinte maneira:

- *Plan* (Planejar):
Este é ponto inicial do ciclo PDCA, onde é de grande importância que todo o planejamento esteja alinhado com os objetivos e metas da organização. É desejável que todas as ações e iniciativas planejadas estejam direcionadas a impulsionar as métricas (KPI's) de maneira sustentável e segura. Nesta etapa, após executada toda a análise dos indicadores e tendo em vista os objetivos a serem alcançados, é construído a estratégia que, quando traduzida em ações e rotinas, se espera que retorne valor positivo ao processo.
- *Do* (Fazer):
Finalizado todo o planejamento e definidas quais são as atividades, é hora de executar. Para que a execução do plano seja feita de maneira correta sem que haja a interferência de outros problemas de execução e que não são a causa-raiz da problemática que está externa ao tratado no ciclo PDCA, é fundamental que toda a estrutura e recursos necessários para a execução correta do planejamento sejam previamente atingidos antes da execução de qualquer plano. Se as atividades envolvem certas habilidades dos executores é necessário garantir o treinamento e especialização deles. Assim como, se são necessárias ferramentas de trabalho adequadas ou estruturas de trabalho, também é fundamental que estas sejam garantidas para que todo o processo seja executado com segurança e sem desvios do plano inicial.
- *Check* (Checar):
O processo de checagem é também um processo de correção e ajuste de percurso. Todas as ações executadas até aqui de uma maneira ou outra geraram impacto nos indicadores de performance (KPI's) e trouxeram algum tipo de resultado para o negócio. É durante esta etapa que serão analisados tanto de maneira qualitativa quanto de maneira quantitativa estes impactos e resultados. Feita toda essa análise é hora de olhar novamente para os objetivos e metas e entender se assim como o planejamento a execução estavam corretos e contribuíram de maneira positiva. Nesta etapa, a ideia principal é fornecer um diagnóstico do progresso obtido com o planejamento e a execução.
- *Act* (Agir):
Após a checagem, é necessário traçar os próximos passos e quais serão as correções necessárias para manter a execução como planejado em caso de objetivos alcançados, ou a correção do planejamento e da execução em caso de resultados não satisfatórios ou

insuficientes. Esta é uma parte fundamental para que o processo realmente se torne sustentável ao longo do tempo e seja, de fato, traduzido em melhoria contínua com o passar das iterações do PDCA.

Figura 5: Fluxo do processo PDCA



Fonte: Disponível em: <https://www.leanuk.org/what-is-a-lean-management-system/>. Acesso em: 10/12/2022

2.2 Principais KPI's e indicadores de performance:

Para que se possa mensurar, de maneira concreta, a contribuição do processo de digitalização para a performance geral dos equipamentos, é necessário que se introduza quais os principais indicadores de performance e o que eles indicam:

O OEE (*Overall Equipment Efficiency*) é um indicador de eficiência do equipamento que nos fornece, dentro do período total de disponibilidade de produção do equipamento, quanto deste intervalo de tempo foi realmente alocado em produção efetiva, eliminando assim o tempo de equipamento parado e também a produção descartada neste período de produção. O cálculo do OEE pode ser descrito da seguinte maneira:

$$\text{Disponibilidade} = \left(\frac{\text{Tempo de Carga} - \text{Tempo de Paradas}}{\text{Tempo de carga}} \right) * 100$$

$$\text{Performance} = \left(\frac{\text{Produção total}}{\frac{\text{Tempo operando}}{\text{Tempo disponível}}} \right) * 100$$

$$\text{Taxa de Qualidade} = \left(\frac{\text{Produção total} - \text{Produção rejeitada}}{\text{Quantidade produzida}} \right) * 100$$

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} * \text{Performance} * \text{Taxa de qualidade}$$

O MTBF (*Mean time between failures*) é um indicador de tempo médio entre falhas e interrupções de produção do equipamento. É por meio do MTBF que é possível mensurar a estabilidade do equipamento, sendo que, quanto maior o tempo médio entre as falhas, maior é a estabilidade do equipamento pois é maior o período em que ele deixou de apresentar falhas e interrupções de produção. Seu cálculo é da seguinte forma:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo de máquina operando}}{\text{Número de falhas e paradas}}$$

E por final, o UPDT (*Unplanned Downtime*) nos diz respeito à parcela do tempo em que o equipamento permaneceu inoperante, mas apenas de maneira não planejada, ou seja, dentro do somatório de todo o tempo em que o equipamento esteve parado, o UPDT é apenas a representação do período em que o equipamento esteve inoperante por alguma falha, quebra ou mal funcionamento, sendo então interrompida a produção de maneira não planejada e abrupta. O cálculo do UPDT é o somatório do tempo em que o equipamento esteve inoperante em cada parada não planejada.

2.3 Defect Handling: Conceito e estrutura do reporte de defeitos.

Após toda introdução teórica e contextualização acerca dos DMS's em um sistema de produção IWS, e como é feita a sua manutenção através do ciclo PDCA, é importante aprofundar no DMS específico do tema deste trabalho, o Defect Handling, para que depois de compreendido o seu funcionamento, dar-se início ao estudo de caso em que se sucedeu a sua digitalização e melhoria.

Todo sistema de produção, seja ele automatizado ou semiautomatizado, onde há o emprego de máquinas e mecanismos, necessita de atividades rotineiras de manutenção e ajustes para se manter em pleno funcionamento, assim como prolongar a vida útil do equipamento. Todas estas rotinas necessitam que o equipamento esteja parado ou em velocidade bastante reduzida para que estes sejam executados com precisão e segurança. No entanto, sabe-se que em um sistema de produção todo o tempo em que o equipamento está parado, pode ser traduzido em prejuízo para a corporação. Sendo assim é altamente desejável que os equipamentos tenham um MTBF (*Main time between failures*) maior.

Desta maneira introduziu-se diversos fluxos e ferramentas de trabalho que auxiliam na prevenção de defeitos e quebras de máquina, na manutenção e ajustes assertivos executados em curto espaço de tempo e na implementação de mudanças de engenharia no funcionamento de máquina, que permitem uma maior eficiência do equipamento. Todos estes processos de otimização somente são possíveis de serem implementados com informações precisas e assertivas a respeito do estado atual do equipamento, seu modo e seu limite de operação. Em grande parte das vezes estas informações são fornecidas pelos fabricantes, mas sabe-se que na prática, com diferentes modos de operação, tem-se diferenças significativas que impactam na performance do equipamento em cada demanda. Gerando assim características únicas. Sendo assim a principal fonte de informação e direcionamento para a atuação nesses equipamentos vem da observação e experiência do time de produção que está a utilizar o equipamento diariamente, principalmente ao considerar um contexto de manutenção autônoma onde os operados, técnicos e mecânicos são tidos como responsáveis pelo pleno funcionamento e eficiência dos equipamentos.

Olhando para esta realidade, desenvolve-se um sistema de reporte de defeitos e informações de funcionamento do equipamento, chamado de *Defect Handling*. O intuito deste é fornecer, de maneira precisa e padronizada, as informações mais relevantes e necessárias a respeito do equipamento.

De maneira simplificada o Defect Handling tem como principal condutor a etiqueta de defeitos que estão ilustradas nas Figura 6, Figura 7 e Figura 8. Elas são uma espécie de formulário simplificado com as informações mais importantes e pertinentes que guiam o operador, técnico ou mecânico na hora de reportar um defeito ou situação relevante para o time de liderança e planejamento das células de produção. As etiquetas são de 3 tipos, no total:

- Etiqueta Operacional (Azul):

Figura 6: Etiqueta operacional (Defect Handling)

LANÇADA ENCERRADA 213742

Manutenção Autônoma

- Solução com nota (Z2) Enc. CIL? _____

SEGURANÇA	QUALIDADE	DIFÍCIL ACESSO
FALHAS MENORES	FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
CONDIÇÕES BÁSICAS	ÍTENS DESNECESSÁRIOS	

Data: ___/___/___ Colaborador: _____ T: _____
 Prazo: ___/___/___ Responsável: _____ T: _____
 Módulo: _____ Prioridade: 1 2 3

.....
 Máquina: _____ / Área: _____
 Perda: _____
 Descrição da anomalia: _____

 Solução: _____

Contra medida: Não Sim (Caso Sim, Preencher o Verso)
 Encerramento:
 Data: ___/___/___ Turno: _____
 Colaborador: _____

Detalhamento da Contramedida

CL CIL MP&S CM

Descrição da atividade: _____

Tempo p/ exec. [Ex.:10 min]: _____
 Frequência[Ex.:Turno,Mensal,3000h]: _____
 Código: _____ Quantidade: _____
 Código: _____ Quantidade: _____
 Código: _____ Quantidade: _____
 Código: _____ Quantidade: _____
 Ferramentas Necessárias [Ex.: Allen, Paquímetro]: _____

EPI Necessário:

Máscara Luva Óculos Avental

Caso seja necessário alguma informação complementar, preencher o template e repassar ao ML da célula.

Validação da Contramedida:

1 ^a	2 ^a	3 ^a
<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> SIM
<input type="checkbox"/> NÃO	<input type="checkbox"/> NÃO	<input type="checkbox"/> NÃO

Fonte: Autor

- Etiqueta Mecânica (Vermelha):

Figura 7: Etiqueta mecânica (Defect Handling)

LANÇADA ENCERRADA
063229

Solução com nota (Z2)

Nota Z2: _____ Enc. CIL? _____

SEGURANÇA	QUALIDADE	DIFÍCIL ACESSO
FALHAS MENORES	FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
CONDIÇÕES BÁSICAS	ÍTEMS DESNECESSÁRIOS	

Data: ___/___/___ Colaborador: _____ T: _____

Prazo: ___/___/___ Responsável: _____ T: _____

Módulo: _____ Prioridade: 1 2 3

Máquina: _____ / Área: _____

Perda: _____

Descrição da anomalia: _____

Solução/Spare Parts: _____

Contra medida: Sim Não (Caso Sim, Preencher o Verso)

Encerramento:

Data: ___/___/___ Turno: _____

Colaborador: _____

Detalhamento da Contramedida

CL CIL MP&S CM

Descrição da atividade: _____

Tempo p/ exec. [Ex.:10 min]: _____

Frequência[Ex.: Turno, Mensal, 3000h]: _____

Código: _____ Quantidade: _____

Código: _____ Quantidade: _____

Código: _____ Quantidade: _____

Código: _____ Quantidade: _____

Ferramentas Necessárias [Ex.: Allen, Paquímetro]: _____

EPI Necessário:

Máscara Luva Óculos Avental

Caso seja necessário alguma informação complementar, preencher a cédula e repassar ao ML do template.

Validação da Contramedida:

1ª	2ª	3ª
<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> SIM
<input type="checkbox"/> NÃO	<input type="checkbox"/> NÃO	<input type="checkbox"/> NÃO

Fonte: Autor

- Etiqueta Eletrônica (Amarela):

Figura 8: Etiqueta eletrônica (Defect Handling)

IWS LANCADA ENCERRADA **064431**
Manutenção Autônoma - Solução ELETRÔNICA

Nota (Z2/Z3) _____ Enc. CIL? _____

SEGURANÇA	QUALIDADE	DIFÍCIL ACESSO
FALHAS MENORES		FONTES DE CONTAMINAÇÃO
CONDIÇÕES BÁSICAS		ITENS DESNECESSÁRIOS

Data: ___/___/___ Colaborador: _____ T: _____
 Prazo: ___/___/___ Responsável: _____ T: _____
 Módulo: _____ Prioridade: 1 2 3
 Máquina: _____ / Área: _____
 Perda: _____
 Descrição da anomalia: _____
 Solução: _____
 Contra medida: NÃO SIM (Caso Sim, preencher verso)

Encerramento:
 Data: ___/___/___ Turno: _____
 Colaborador: _____

Detalhamento da Contramedida:
 CL CIL MP&S CM

Descrição da atividade: _____

Tempo p/ exec. [Ex.:10 min]: _____
 Frequência [Ex.: Turno, Mensal, 3000h]: _____
 Código: _____ Quantidade: _____
 Código: _____ Quantidade: _____
 Código: _____ Quantidade: _____
 Código: _____ Quantidade: _____
 Ferramentas Necessárias [Ex.: Allen, Paquímetro]: _____

EPI Necessário:
 Máscara Luva Óculos Avental
 Caso seja necessário alguma informação complementar, preencher o template e repassar ao ML da célula.

VALIDAÇÃO DE CONTRAMEDIDA		
1°	2°	3°
<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> SIM
<input type="checkbox"/> NÃO	<input type="checkbox"/> NÃO	<input type="checkbox"/> NÃO

Fonte: Autor

As etiquetas são divididas em 3 tipos pois na sua concepção idealizou-se que os defeitos encontrados em máquinas podem ser categorizados em 3 divisões.

Os defeitos ou ocorrências de natureza operacional são aqueles causados diretamente ou indiretamente por falha operacional. Pode-se entender como falha operacional toda atividade que impacta o funcionamento do equipamento por executar uma atividade inapropriada como uma operação ou ajuste inadequado, ou também deixar de executar uma atividade fundamental para o bom funcionamento do equipamento como uma limpeza, lubrificação ou desatenção operacional. De maneira resumida, um defeito operacional é de natureza humana.

Os defeitos ou ocorrências de natureza mecânica são aqueles defeitos causados por

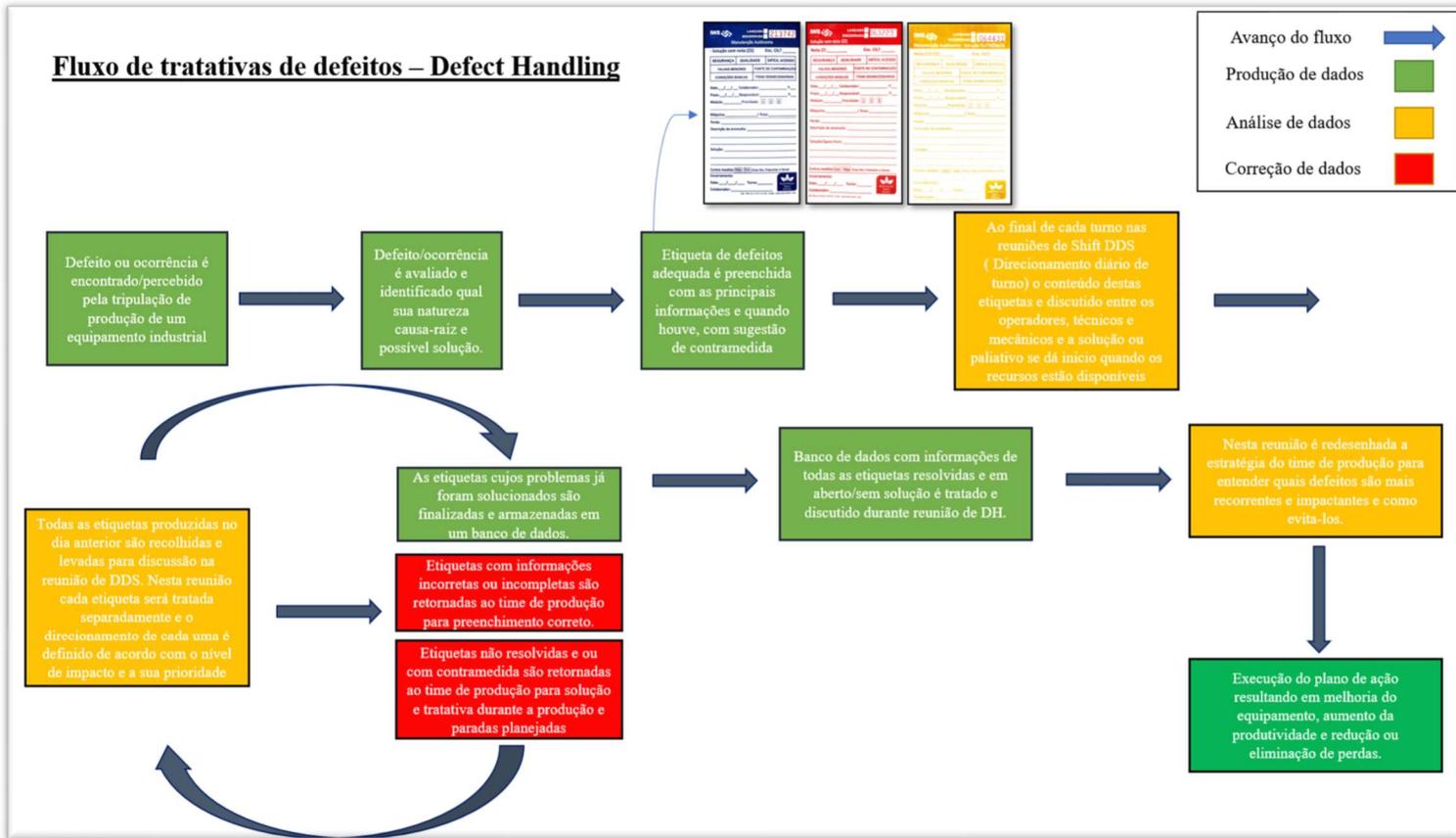
quebra ou insuficiência operacional através de desgaste e perda de função de componentes mecânicos. Sabe-se que todas as falhas mecânicas, como as quebras, podem ser evitadas com ação humana através da manutenção preventiva e preditiva, mas nenhum processo é a prova de falhas e por isso com certa recorrência, mesmo que com processos cada vez mais otimizados, as quebras acontecem principalmente em equipamentos de indústria de bens de consumo onde há uma grande velocidade de operação e conseqüentemente um estresse maior em equipamentos e componentes precisos e de tamanho reduzido.

Os defeitos ou ocorrências de natureza eletrônica são aqueles defeitos causados por falhas elétricas e de componentes eletroeletrônicos. A maior parte, senão todos equipamentos mecânicos de uma indústria atualmente são acionados por meio de motores elétricos que são eletronicamente controlados por inversores de frequência e soft-starters, e que, com o acoplamento adequado, junto aos motores elétricos, há a conversão de energia elétrica para energia mecânica necessária para operar as máquinas. Também há uma infinidade de comandos e sensores eletrônicos que permitem tanto a operação dos equipamentos como também o seu monitoramento em tempo real. Com o surgimento dos microcontroladores e o CLP (controlador lógico programável) a quantidade de tecnologia eletrônica embarcada nos sistemas mecânicos é cada vez maior requisitando assim uma atenção especial para estes equipamentos.

As etiquetas de defeito embora sejam classificadas em 3 tipos tem apenas uma diferença pontual entre elas. O conteúdo das etiquetas mecânicas e eletrônicas são catalogadas em um sistema SAP ERP (sistema integrado de gestão empresarial transacional) por meio de uma nota (código de identificação) Z2 para etiquetas mecânicas e Z3 para etiquetas eletrônicas. O Campo de preenchimento destas notas está contido na parte superior das etiquetas demonstradas nas figuras 6,7 e 8. Este sistema é utilizado para uma maior agilidade na tratativa destes defeitos que pela sua característica costumam ter um impacto maior na produção já que em grande parte resultam em máquina fora de operação.

Todas obedecem ao mesmo fluxo de tratativa e que pode ser desenhado conforme a Figura 9:

Figura 9: Fluxo de tratativa de defeitos



Fonte: Autor

3 **DEFECT HANDLING: CAMPOS DE PREENCHIMENTO DO FORMULÁRIO.**

Como apresentado no tópico anterior as etiquetas de defeito são um formulário que permite conduzir a tripulação de um módulo de produção industrial a reportar as principais informações a respeito de um defeito ou ocorrência de 3 diferentes naturezas, operacional, mecânica e eletrônica. Além das principais informações o formulário foi construído para induzir a busca de soluções e contramedidas. Para entender perfeitamente como estas informações podem nos fornecer dados importantes na melhoria da eficiência dos equipamentos por meio da eliminação destes defeitos precisamos entender o que cada um destes campos representa na Figura 6:

- **Lançada/Encerrada:** Este campo diz respeito ao estado em que a etiqueta se encontra. Se já foi lançada para análise ou se ela está encerrada com o problema superado e a discussão encerrada.
- **Segurança/Qualidade/Difícil Acesso/Falhas Menores/Fonte de Contaminação/Condições Básicas/Itens Desnecessários:** Estes são todos os tipos de defeitos. Cada defeito encontrado em uma máquina ou equipamento pode ser classificado de acordo com estes 7 campos. Defeitos de segurança implicam em impacto na segurança e podem oferecer risco ao operador; Defeitos de qualidade podem causar problemas nas especificações do produto causando reclamações ao SAC (Serviço de Atendimento ao Cidadão); Ocorrência de difícil acesso reportam pontos da mecânica onde a manutenção e calibração tomam mais tempo do que o necessário; Falhas menores são falhas que impactam na produção mas não interrompem totalmente o processo produtivo; Fontes de contaminação são locais onde há sujidade em excesso o que pode refletir tanto em paradas desnecessárias para limpeza como também defeitos de qualidade por contaminação de lubrificantes e outros produtos; Os defeitos causados por condições básicas são defeitos geralmente causados por ajustes incorretos da máquina com equipamentos como manômetros e sensores fora de regulagem; E por último as ocorrências de itens desnecessários nos diz respeito a componentes que não tem função ou estão obsoletos no equipamento.

- **Cabeçalho:** Na parte do cabeçalho encontram-se informações como a data em que o defeito foi encontrado assim como um prazo estipulado para que um responsável técnico possa resolvê-lo. Também há informação a respeito do turno e o módulo de produção onde se constatou o defeito. Existe uma escala de prioridade que está diretamente ligado com as 7 classificações de defeitos. Defeitos de segurança e qualidade são tidos como defeitos de prioridade 1 devido ao seu alto impacto. Defeitos de falhas menores, condição básica e fontes de contaminação são de prioridade 2 e por último os defeitos de itens desnecessários e difícil acesso são de prioridade 3. Esta prioridade define com que urgência estes defeitos ou ocorrências tem de ser solucionados. Defeitos de prioridade 1 tem de serem solucionados num prazo limite de 24 horas.
- **Máquina/Área e perda:** Nestes campos o colaborador que encontrou o defeito irá dizer com maior precisão em qual local específico da máquina o defeito se encontra. Esta parte pode variar em diferentes indústrias, mas é importante que esta descrição seja estratificada a nível de componentes para permitir uma localização exata do que se deseja relatar. O campo de perda é importante para que se especifique qual parte do processo está sendo interrompido e qual o tipo de perda, seja ela material, tempo, recurso ou mão de obra. Em equipamentos onde há monitoramento de paradas por meio de sensores é aconselhável que o nome da parada seja preenchido neste campo.
- **Descrição da anomalia:** Aqui será descrito de maneira detalhada e precisa quais os detalhes e características do defeito que se quer relatar. Descrever o defeito é o primeiro e mais importante passo para que se possa entendê-lo e conseqüentemente desenvolver uma solução.
- **Solução:** Este campo somente será preenchido após a solução do defeito ter sido executada e validada. Em boa parte dos defeitos pode-se esperar que a solução não seja imediata ou até mesmo aquele que o encontrou não será o responsável técnico por solucioná-lo, sendo assim este campo é preenchido quando o problema for totalmente contornado.
- **Contramedida, descrição e validação:** Solucionar um problema é fundamental a curto prazo para que a produção seja retomada da melhor maneira possível. Mas é de suma

importância que a longo prazo este defeito não ocorra mais, e é para isso que contramedidas são desenvolvidas. Uma grande parte dos defeitos tem a possibilidade de serem evitados ou eliminados completamente com ações e mudanças no equipamento. Dentro do pilar de manutenção autônoma existem outros 4 DMS's que podem ser utilizados como uma maneira de evitar a ocorrência de defeitos e conseqüentemente podem ser englobados como contramedidas. O CL (Linha de Centro) é o ajuste ideal do equipamento que permite a máquina operar em capacidade máxima sem problemas. O CIL (Clean, inspect and lubrication) são rotinas de parada planejada para realização de inspeção, limpeza e lubrificação. Estas paradas são realizadas 1 vez a cada turno e são conduzidas com o auxílio de uma *checklist*. Incluir ou alterar algumas destas rotinas pode ser uma maneira de evitar defeitos. O MP&S é um plano de manutenção, todo equipamento tem um plano de manutenção onde peças com desgaste ou que estão próximas de atingir o seu limite de operação são trocadas ou recondiçionadas. O CM (*Change Management*) é um DMS que controla e conduz todo o processo de mudança de máquina, seja ela estrutural como alteração de peças, layout e padrões do equipamento como também atualizações e melhorias.

O Processo de implementação de contramedida passa por duas etapas importantes: Ao ser sugerida pelo técnico, operador ou mecânico que encontrou ou solucionou o defeito esta contramedida é analisada e validada pela tripulação de cada turno de colaboradores. Caso a contramedida seja descartada em algum dos turnos a mesma é descartada caso seja aprovada pelos três turnos a discussão a respeito de sua implementação é levada adiante e os requisitos e planejamento necessário para sua implementação começam a ser construídos e disponibilizados.

4 DIGITALIZAÇÃO DE PROCESSOS E INDÚSTRIA 4.0

Após toda esta introdução teórica e a apresentação dos diversos conceitos que englobam o tema abordado é necessário esmiuçar também de que maneira, em termos de ferramenta e aplicabilidade, se dá um processo de digitalização e, porque a digitalização é uma etapa de grande importância nessa nova revolução industrial. Sendo assim, vale ressaltar que o estudo de caso a ser analisado neste documento se deu em uma indústria de produção de bens de consumo, com um nível já muito avançado de tecnologia tanto de processos industriais e produtivos quanto na obtenção de resultados.

Isso significa que processos de complexidade cada vez maiores, e que demandam cada vez mais tempo e recursos para sua manutenção, estão em operação, necessitando um grande nível de sinergia e disciplina para serem continuados de maneira adequada. É por isso que, ao se atingir um certo nível de complexidade, o próximo nível de resultados requer um aumento cada vez maior de complexidade.

Esta escalada de complexidade e grandiosidade dos processos pode conduzir uma indústria a delegar mais recursos à manutenção dos processos de suporte, já existentes do que a própria produção em si, caracterizando um desvio de função do negócio e conseqüentemente impedindo o aumento da produtividade a longo prazo. De maneira simplificada é como se o planejamento de manutenção de uma determinada máquina tomasse mais recursos e mão de obra da corporação que a própria produção de seus produtos.

Desta maneira como o processo de manutenção se tornou complexo demais está ocorrendo um desvio de função do negócio onde a especialização está se concentrando em manutenção de máquinas e não em produção de bens de consumo. Este é um problema que pode e tem de ser contornado com o uso da informática e automação computadorizada. Possibilitando que antes esses processos complexos e onerosos em recursos e mão de obra se tornem automáticos, intuitivos e simplificados à medida que continuam a desempenhar seu papel fundamental sem perda de função.

O conceito de digitalização é bastante abrangente, mas relativamente simples de compreender. Consiste na conversão de toda e qualquer informação analógico em um sinal digitalizado, ou seja, aquele que pode ser convertido em linguagem de máquina. No contexto deste trabalho a digitalização se deu pela tradução de todo um fluxo de trabalho, incluindo suas ferramentas e funcionalidades em programas digitais e rotinas de computador. Todo o método utilizado para que essas adaptações e traduções fossem possíveis, neste estudo de caso, serão aprofundados e detalhados na próxima seção de materiais e métodos.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

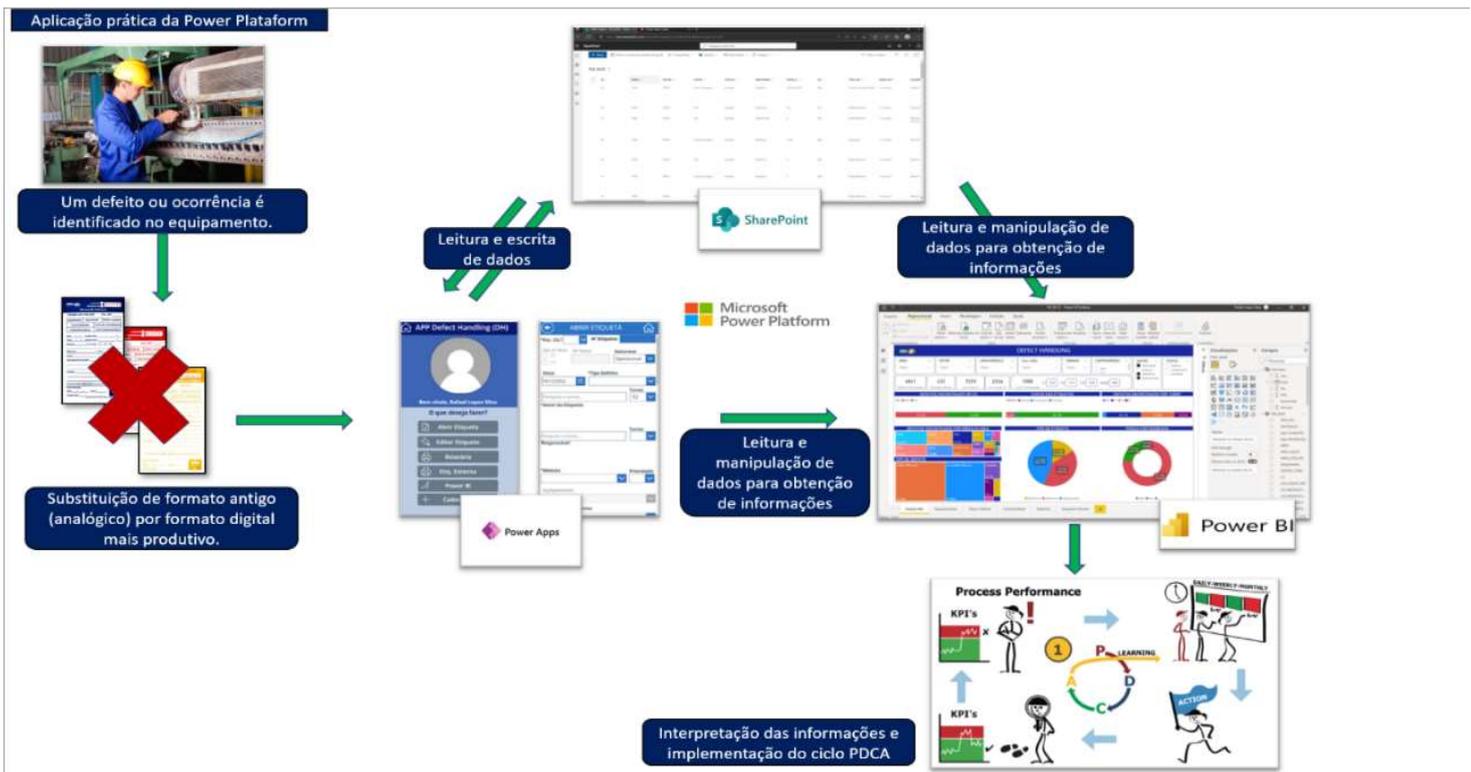
Compreendido todo o funcionamento do *Defect Handling* e o seu contexto de implementação em uma indústria de produção de bens de consumo assim como as principais motivações que resultaram na sua digitalização, pode-se começar, de fato, a entender de modo prático como conduzir uma atividade desta natureza, a começar pelas ferramentas e métodos utilizados.

Todo o processo, assim como as ferramentas utilizadas neste estudo de caso foram disponibilizadas por uma indústria de produção de bens de consumo situada na cidade de Uberlândia-MG, assim como os softwares as licenças e as informações, fazem parte das ferramentas de trabalho de seu quadro de funcionários.

5.1 Power Plataform: Microsoft

O Microsoft Power Plataform é uma linha de programas, funcionalidades e ferramentas de desenvolvimento e gestão de aplicativos voltados para o mundo de negócios e empresarial, totalmente integrada e interconectada para fornecer um ambiente de desenvolvimento robusto e ao mesmo tempo acessível. Por meio de uma linguagem de programação de baixo código, ou seja, com uma linguagem de programação com foco na intuitividade e simplicidade o usuário é capaz de coletar, manejar e produzir informações de qualquer tipo de dado coletado na linha de produção. Dentre a família de produtos que englobam a Power Plataform, alguns deles foram utilizados na digitalização do processo do *Defect Handling* como o Power Apps, Power Bi e Sharepoint. Abaixo, na Figura 10, tem-se como funciona o fluxo de informações entre as diferentes funcionalidades da *Power Plataform*:

Figura 10: Fluxo de dados do *Defect Handling* Digital

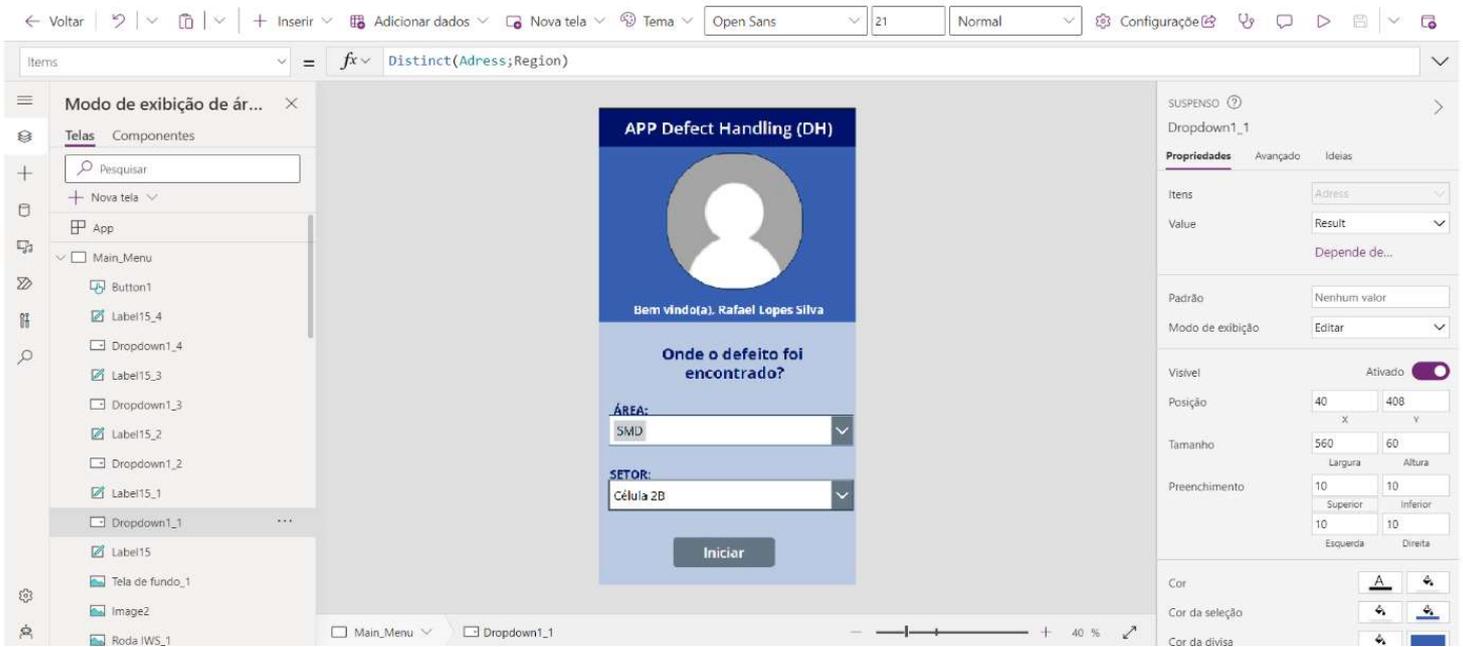


Fonte: Autor

5.1.1 Microsoft Power APPS:

O Microsoft Power Apps é um ambiente de desenvolvimento e criação de aplicativos por meio de programação *low-code* e orientada a objetos. Sendo assim o Power Apps fornece uma ampla variedade de funcionalidades tanto de conexão dos mais diversos tipos de base de dados como também a criação de programas interativos e de uso facilitado por meio de um navegador web ou aplicação mobile. Para o estudo de caso deste trabalho o Power Apps é a principal ferramenta de coleta de dados e informações. É por meio do desenvolvimento do aplicativo de *Defect Handling* utilizando as funcionalidades da plataforma da Microsoft que foi possível implementar a digitalização deste processo. Abaixo, na Figura 11, a tela inicial de desenvolvimento e edição do Power Apps:

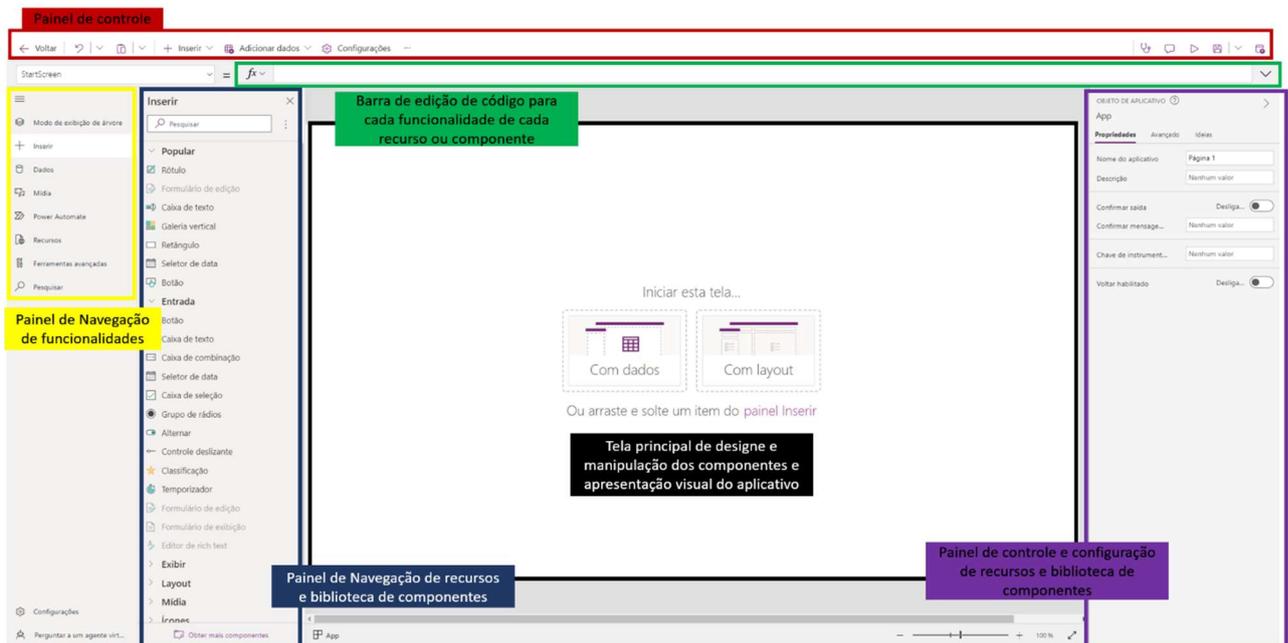
Figura 11: Interface de usuário do Power Apps



Fonte: Auto

Podemos subdividir esta tela da seguinte maneira:

Figura 12: Detalhamento da interface de usuário do Power Apps



Fonte: Autor

O Painel de controle permite ao usuário as funções mais básicas do aplicativo como, retroceder e desfazer uma ação, inserir de maneira rápida novos itens e blocos interativos como botões, além de permitir acessar as configurações, salvar e publicar o aplicativo, para que outras pessoas tenham acesso e possam utilizá-lo. Este painel é adaptativo e para cada recurso selecionado na tela principal apresenta-se as principais configurações. Por exemplo, ao adicionar uma caixa de texto e selecioná-la as configurações de tamanho, cor e estilo de fonte aparecerão no painel de controle.

No painel de navegação ficam presentes as principais categorias de funcionalidades do Power Apps. Dentre elas tem-se o botão “inserir” onde podemos, por meio do painel de navegação de recursos e bibliotecas de componentes, selecionar qualquer um de uma infinidade de diferentes tipos de blocos programáveis. Por meio do campo “Dados” faz-se a conexão com a base de dados por onde o aplicativo irá ler e escrever as informações e dados. O Power Apps tem a capacidade de se conectar com uma infinidade de fontes de dados utilizando conectores, não só de plataformas e bases da Microsoft, como de diversas outras empresas e soluções diferentes no mercado.

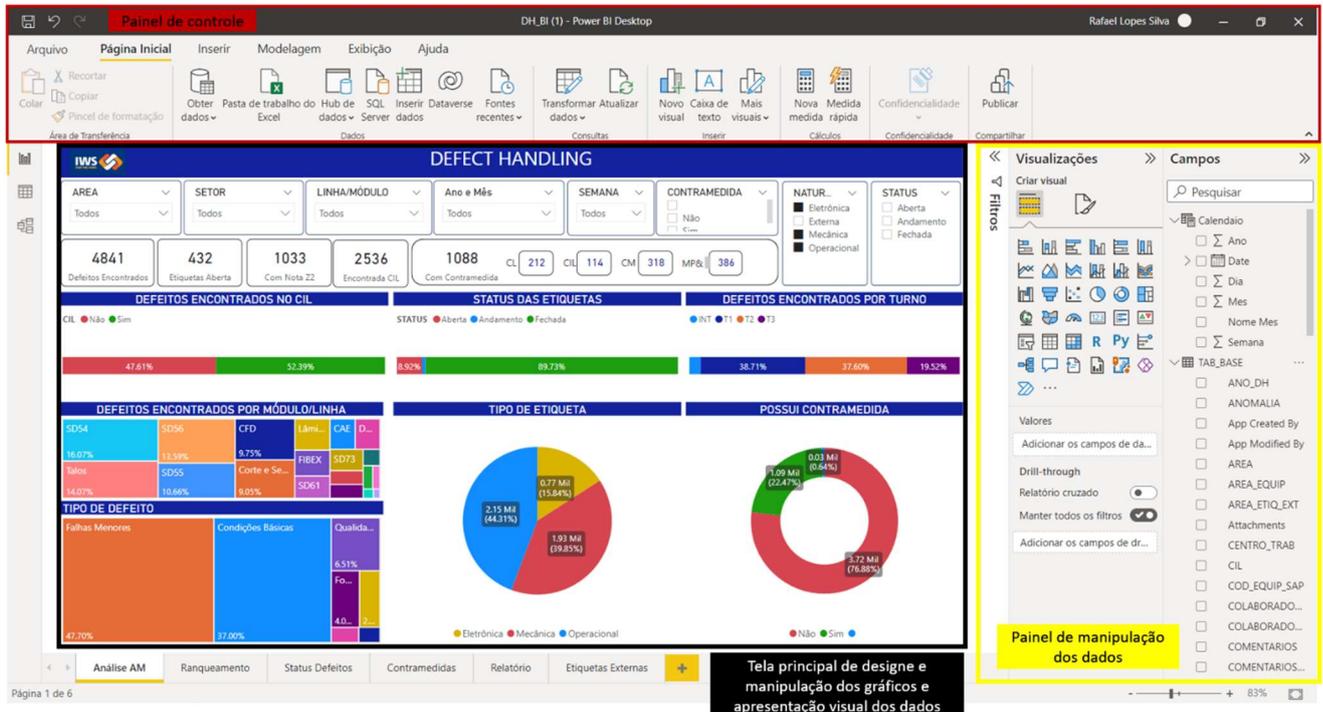
Na barra de código e no painel de controle e configuração de recursos pode-se manipular todos os tipos de configurações e ações de qualquer item da biblioteca do Power Apps. É por meio destes espaços que a programação do aplicativo é feita. Tanto características estéticas,

assim como características funcionais e comandos de um botão, podem ser manipuladas nestas barras utilizando um tipo de programação orientada a objetos simplificada criada pela Microsoft. O *Microsoft Power FX* é uma linguagem de programação de uso geral de código baixo e aberto gratuita para expressar a lógica e comandos no *Microsoft Power Platform*. Toda a documentação a respeito da programação e utilização do *Microsoft Power Bi* é disponibilizada de maneira exemplificada e intuitiva pela própria Microsoft através do *Microsoft Learn*: Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/power-apps/>. Acesso em 18/12/2022

5.1.2 Microsoft Power Bi

Power Bi é uma interface de análise e manipulação de dados que permite, de maneira visual, apresentar estes dados em diferentes formatos como também realizar cálculos para extrair informações muito importantes e necessárias para as rotinas de trabalho. O objetivo do Power Bi neste trabalho é fornecer visualizações interativas por meio de gráficos em uma interface intuitiva que possibilite o usuário a manipulação destas informações e assim a obtenção dos resultados em tempo real assim como demonstrado na Figura 13.

Figura 13: Detalhamento da interface de usuário do Power Apps



Fonte: Autor

O Power Bi permite a conexão dos dados de maneira bastante semelhante ao Power Apps, mas permitindo apenas a leitura deles sem alterar nenhuma informação dos dados originais. Ao conectar os dados com o programa é permitido a manipulação destes dados por meio de uma planilha denominada Power Query. Com uma linguagem de programação simplificada, desenvolvida pela Microsoft, cujo nome é DAX, é possível editar o formato das informações contidas em cada coluna, criar, editar e personalizar colunas assim como, realizar diversas operações matemáticas e condicionais para permitir que os dados sejam apresentados ao gosto do usuário. Após tratar a manipular os dados o usuário escolhe a melhor forma de apresentá-los visualmente por meio dos diferentes tipos de gráficos na aba “visualizações”. As características estéticas destes gráficos assim como a inserção de filtros personalizados de dados podem ser incrementadas também a partir deste painel.

5.1.3 Microsoft Share Point

Todos estes aplicativos e funcionalidades são interconectados para facilitar o compartilhamento de dados entre as plataformas e aplicativos. Além disso o Power Bi e Power Apps necessariamente precisam estar conectados a uma base de dados para ler e editar as informações e assim se tornar funcional. Ambos os aplicativos da Power Platform possuem suporte a conexão de dados com uma planilha de Excel garantindo também as mesmas funcionalidades que o *SharePoint* (Figura 14) no oferece. O motivo da escolha do *Sharepoint* como base de dados é a segurança e acessibilidade, pois estão armazenados em nuvem.

Figura 14: Interface de visualização e edição de dados do sharepoint

ID	AREA	SETOR	LINHA	STATUS	NATUREZA	NOTA_Z	CIL	TIPO_DH	DATA_DH	COLABORADO...	TURNO_COLAB...
35	PMD	PMD 2	Corte e Secagem	Fechada	Mecânica	1,001,123,456	Não	Fonte de Contaminação	April 11	Adriano Simao Viana	T3
36	PMD	PMD 2	CFD	Fechada	Eletrônica	123	Sim	Falhas Menores	April 11	Daniel Gomes	T1
37	PMD	PMD 2	CFD	Fechada	Operacional	0	Sim	Falhas Menores	April 11	Dhemerson Almeida Gonçalves	T1
38	PMD	PMD 2	Corte e Secagem	Fechada	Mecânica	1,234	Não	Segurança	April 11	Nilo Cardoso Da Silva	T1
39	PMD	PMD 2	CFD	Fechada	Eletrônica	0	Não	Falhas Menores	April 11	Altamar Oliveira	T1
41	PMD	PMD 2	Corte e Secagem	Fechada	Mecânica	0	Não	Falhas Menores	April 12	Altamar Oliveira	T1
45	PMD	PMD 2	Corte e Secagem	Fechada	Eletrônica	0	Não	Falhas Menores	April 12	Altamar Oliveira	T1

Fonte: Autor

Os dados coletados pelo Power Apps são chamados de “inputs”. A categorização dos diferentes tipos de inputs é feita através de colunas em uma lista ou tabela do Sharepoint. O Sharpeoint apresenta uma grande gama de suporte a diferentes tipos de informações como textos de uma ou várias linhas, números, datas, mídias de vídeo, imagem ou *gifs* como também é capaz de armazenar em uma coluna qualquer tipo de arquivo. Devido a sua conectividade, interface facilitada e ampla compatibilidade com diferentes fontes de dados esta foi a plataforma escolhida para hospedar todas as informações.

6 ESTUDO DE CASO

Levando em consideração a utilização das ferramentas apresentadas no tópico anterior, pode-se dar início as etapas que sucederam na digitalização do processo de *Defect Handling* em uma fábrica de bens de consumo.

No entanto vale ressaltar que o objetivo deste estudo de caso não é adentrar nas configurações e linhas de códigos implementadas neste projeto, já que toda a construção destes aplicativos são feitos em linguagem de baixo código e sim em apresentar toda a estrutura de digitalização:

Podemos então subdividir o processo de digitalização em 3 etapas:

- Problemática, motivação e impactos: aqui foram coletados diversos pontos de oportunidade de melhoria do modelo analógico antigo assim como estudou-se quais seriam as motivações e os principais benefícios e impactos na implementação de uma ferramenta digitalizada.
- Design e construção de um novo modelo: entendido o que pode ser feito e tendo em vista os possíveis benefícios e impactos, é hora de desenhar um plano de ação que englobe a construção de um ambiente digitalizado em todas as rotinas e funcionalidades que se julgou ser necessário no passo anterior.
- Implementação teste e coleta de feedbacks: finalizado uma versão preliminar e funcional do ambiente digitalizado, é necessário pôr em teste em um cenário real de produção. Determinado com base em alguns critérios que facilitariam a execução deste teste, os aplicativos e funcionalidades substituem o modelo antigo analógico na célula de produção escolhida, inicia-se um período de validação. Com acompanhamento recorrente coleta-se informações importantes para a correção e adaptação de problemas ocasionais que possam aparecer, além de novas sugestões e feedbacks dos usuários (técnicos, operadores e liderança). Após a validação e confirmação que toda a

plataforma digital desenvolvida atende aos requisitos do processo e que pode, com sucesso, substituir o modelo anterior, é hora de iniciar um processo de replicação para todas as células de produção da fábrica. Nesta etapa enquanto os aplicativos e funcionalidades são disseminados para outros times de produção, feedbacks e novas oportunidades de melhoria são coletadas e, com isso temos um fluxo de melhoria contínua para que a cada iteração de novas modificações possa aproximar a nova ferramenta de um padrão que atende todas as necessidades de diferentes partes da cadeia de produção. Esta parte é tratada como a padronização da implementação digital. Com o sistema completamente implementado em todas as células de produção, é necessário apenas garantir que o processo se mantenha funcional e operante naquilo que foi proposto e sendo necessário apenas que passe por manutenções e correções pontuais ao longo do tempo.

6.1 *Problemática, motivação e impactos*

Reforçando a realidade apresentada anteriormente, da importância na produtividade em se ter um fluxo de trabalho que possibilite reportar e encontrar defeitos em um equipamento, também podemos partir do pressuposto lógico que, é importante não só encontrar e relatar esses defeitos, como também é de suma importância a qualidade, assertividade e a riqueza de informações destes relatos e, é por isso que, o elemento condutor destas informações, o formulário de reporte de defeitos, é tão importante para a continuidade do processo.

O principal motivador para a digitalização do *Defect Handling* era solucionar problemas a respeito da qualidade das informações apresentadas no modelo anterior. Dentre eles pode-se destacar:

- Mal preenchimento ou falta de informações de todos os campos necessários para identificar o local de ocorrência do defeito assim como preenchimento inadequado que impossibilite a devida compreensão da natureza e características dos defeitos.
- Acúmulo e desperdício de papel já que todas as etiquetas eram feitas a mão em um formulário impresso também gerando custos recorrentes de impressão gráfica para a empresa.
- Recorrente perda de informações já que as etiquetas em formato de papel com bastante frequência se perdiam ou tinham de serem descartadas devido ao grande volume de etiquetas preenchidas por dia o que impossibilitava guardá-las por um período razoável.

- Impossibilidade de compilar e estudar os dados das etiquetas em tempo real, já que as etiquetas eram feitas a mão e em papel impossibilitando uma análise de dados que pudesse fornecer ao time de produção uma grande quantidade de informações relevantes e um direcionamento assertivo na resolução dos defeitos.
- Inconfiabilidade do processo e desmotivação em executá-lo tanto do time de produção quanto da liderança já que a efetiva tratativa e resolução dos defeitos demandava tempo e recursos adicionais devido as falhas de comunicação e dificuldade de entender a real causa raiz de cada problema. O processo era visto como necessário (preenchimento das etiquetas de papel), mas por muita das vezes não correspondia as expectativas gerando uma certa resistência em executá-lo.

Toda essa série de problemas foram coletados e identificados por meio do time de produção e liderança durante suas rotinas de trabalho. Em quase todas as células de produção as dificuldades e percalços relatados eram basicamente os mesmos, o que demonstrava que os problemas encontrados com o *Defect Handling* eram a nível estrutural e não a nível de execução e disciplina em seguir o fluxo do próprio *Defect Handling*.

Percebeu-se a partir do estudo destes pontos que todas estas oportunidades de melhorias poderiam ser resolvidas ou bastante amenizadas com a criação de um ambiente digitalizado do processo através da construção de um aplicativo que pudesse substituir as etiquetas em papel, um banco de dados que permitisse a armazenagem destas informações e o seu fácil acesso assim como uma apresentação visual destes dados por meio de gráficos e informações relevantes através de um dash construído em *Power Bi*.

6.2 Design e construção de um novo modelo.

Definido os principais pontos a serem melhorados com a digitalização do *Defect Handling*, é hora de esmiuçar a construção das novas ferramentas que atendam às exigências mapeadas na sessão anterior. Podemos repassar ponto a ponto como se deu a construção de cada uma das ferramentas assim como qual a sua funcionalidade.

6.2.1 Aplicativo em Power Apps

Como detalhado na seção 2.3, a grande parte dos campos de preenchimento do formulário em papel é importante para a execução do processo de *Defect Handling*, sendo assim a intenção é construir um aplicativo que possua a mesma estrutura, mas com funcionalidades que permitam a usabilidade mais intuitiva e que forneça informações mais precisas aos usuários.

Tendo em vista estas informações o aplicativo foi construído da seguinte maneira apresentada na Figura 15

Figura 15: Tela Inicial do Aplicativo de Defect Handling Digital



A tela inicial do aplicativo 'APP Defect Handling (DH)' apresenta um cabeçalho azul escuro com o título 'APP Defect Handling (DH)'. Abaixo, há um círculo cinza contendo um ícone de perfil de usuário. O nome de boas-vindas 'Bem vindo(a), Rafael Lopes Silva' é exibido em um fundo azul. A seção principal, com fundo azul claro, pergunta 'Onde o defeito foi encontrado?' e contém dois campos de seleção suspensa: 'ÁREA:' e 'SETOR:'. Um botão 'Iniciar' está localizado na base da tela.

Fonte: Autor

Na tela inicial o usuário que está utilizando ao aplicativo é automaticamente identificado com base na conta da Microsoft que ele está utilizando para ter acesso a plataforma do Power Apps. Tanto o nome quanto a sua foto de usuário (quando houver) são identificados automaticamente por meio de uma função que coleta e mostrar estes dados na tela.

Os campos de Área e Setor são listas suspensas com valores pré-determinados utilizados na tela inicial para que o usuário identifique de imediato para qual célula de produção ele deseja criar uma etiqueta ou ter acesso as outras etiquetas desta mesma área e assim selecionar apenas as áreas disponíveis. É importante introduzir essa informação na tela inicial para evitar os erros de identificação de etiquetas na sua criação. A utilização de listas suspensas com valores pré-estabelecidas evita que por falta de conhecimento ou falta de atenção do usuário o mesmo selecione um setor que não pertença a uma determinada área dificultando a identificação da etiqueta criada por este usuário posteriormente.

Após a seleção da área e setor somos redirecionados para a seguinte tela após pressionar o botão de “Iniciar”.

Na Figura 16 pode-se considerar como um menu de opções as quais iremos detalhar cada uma delas:

Figura 16: Menu principal aplicativo Defect Handling Digital



Fonte: Autor

Iniciando pelo campo “abrir etiqueta” nos deparamos com o formulário digitalizado (Figura 17) muito semelhante ao original, mas com algumas modificações e adaptações:

Figura 17: Página de criação de etiqueta Digital

Fonte: Autor

Todos os campos com informações padronizadas (Figura 6) como “Enc. CIL?”, “Natureza”, “Data”, “Tipo Defeito”, “Autor da Etiqueta”, “Responsável”, “Turno”, “Módulo”, “Prioridade”, “Área do Equipamento”, “Perdas/Parada” estão em formato de lista suspensa e são obrigatórios no preenchimento da etiqueta digital. O formato de lista suspensa impede que por falta de conhecimento ou desatenção o usuário preencha estes campos com informações que não corresponde ao que se pede principalmente por serem informações importantes que ajudam a identificar quando, onde e como o defeito foi encontrado além de indicar quem o encontrou. A obrigatoriedade do preenchimento destes campos é determinada via código, sendo o usuário impossibilitado de salvar a etiqueta em questão caso algum destes campos esteja sem preenchimento. Vale ressaltar também uma importante funcionalidade que é a interdependência entre os campos “Módulo”, “Equipamento”, “Área do Equipamento” e “Perda/Parada”. A lista suspensa destes campos é interdependente também para evitar erros. pois há por exemplo, uma infinidade de módulos de produção, e nem todos estes módulos possuem o mesmo equipamento, assim como nem todo equipamento possuem as mesmas áreas e assim por diante.

Uma outra informação bastante importante e que contribui para a análise do defeito reportado é a possibilidade de incluir fotos ou anexar arquivos durante a criação da etiqueta. Esta era uma funcionalidade que não havia no modelo analógico de etiquetas do Defect Handling, com esta nova facilidade o operador, técnico ou mecânico pode tirar uma foto através de um tablet da região onde se encontra o defeito assim como é possível anexar um pdf de uma ordem de compra de uma peça ou um manual, por exemplo.

No antigo modelo de Defect Handling, como explicado anteriormente, a validação de contramedidas era feita durante as reuniões de troca de turno, sendo necessário manter a etiqueta física, em papel, em local visível para que se possa discutir a sugestão de contramedida entre os responsáveis técnicos. Muitas das vezes este fluxo não era seguido corretamente, o que resultava na invalidação e conseqüentemente na não implementação destas contramedidas. Da maneira com que esta funcionalidade foi desenhada no aplicativo a validação é feita de maneira digital, com uma confiabilidade de dados maior e sem a possibilidade de perda das informações. Além disso sempre que uma etiqueta é criada, um fluxo de envio de e-mail automático envia uma notificação para o responsável técnico por este defeito, apontado no momento da criação da etiqueta, o que reforça cada vez mais a necessidade de tratar este defeito encontrado.

No IWS cada membro da liderança de uma célula de produção é responsável pela implementação de alguns tipos de contramedidas sugeridas e validadas. Por exemplo, o líder

de manutenção é o responsável por garantir os recursos necessários para a implementação de toda contramedida relacionada a criação ou edição de um plano de manutenção ou uma mudança de engenharia em um componente de maquinário, sendo assim, para que o time de produção tenha um retorno a respeito do status dessa implementação de contramedida se criou um campo denominado “Comentário sobre o status da Contramedida”, para que o responsável por ela detalhe, por exemplo, qual o prazo da chegada de uma nova peça ou quais os próximos passos necessário para sanar a contramedida de fato. Esta parte do processo também era previsto no modelo antigo de *Defect Handling*, mas era feito de maneira verbal e sem um acompanhamento histórico muita das vezes sendo o fluxo de implementação de contramedidas dependente apenas da comunicação entre as partes, o que nem sempre era possível.

Uma importante funcionalidade acrescentada ao processo se deu por meio do campo “Editar Etiquetas” presente na Figura 18, onde é possível pesquisar e editar qualquer etiqueta criada, desta forma adicionando informações e corrigindo também o que for necessário para garantir uma maior precisão dos dados. Basta selecionar a etiqueta clicando no ícone no canto superior direito e então o usuário é redirecionado para a mesma tela onde se criam etiquetas, mas agora com os dados já preenchidos da etiqueta selecionada. Da mesma forma é possível deletar uma etiqueta ao clicar no ícone de lixeira no canto inferior direito.

Figura 18: Página de edição de etiquetas digitais já criadas

EDITAR ETIQUETAS Linha: Célula 2B

Status Dia Mês 2022

Tipo Etiqueta Semana 50 Turno

Linha/Módulo Equipamentos

pequise por Autor Etiqueta ou Responsável...

Nº Etiqueta CIL

Etiqueta: 2289 Data: 18/12/2021

Tipo de Defeito: Condições Básicas
Colaborador: Vitor Marcio
Máquina: AF12
Perda: Outras
Defeito: OS ROLOS DE CONTRASTE (ROLOS EMBORRACHADOS) ESTÃO GASTOS. DURANTE A PRESSÃO NO ROLO DE ARRASTE OCORRE O DESALINHAMENTO DA PONTEIRA.
Solução: TROCA DOS ROLOS DE ARRASTE.
OBS: FOI MONTADO DOIS ROLOS USADOS. ATE CHEGAREM OS

Etiqueta: 5931 Data: 17/12/2020

Tipo de Defeito: Condições Básicas
Colaborador: Gabriel Gustavo de Sousa Carleto
Máquina: CK
Perda: Outras
Defeito: FALTA DE SENSOR DE REJEIÇÃO DA EMENDA DO CELOFANE.
Solução: SUBSTITUIR SENSOR INDUTIVO PARA OTICO DE FORQUILHA.

Etiqueta: 5983 Data: 12/12/2022

Tipo de Defeito: Fonte de Contaminação
Colaborador: Wagner Daniel Pires
Máquina: X500
Perda: Entupimento Entrada Maco 4a Roda
Defeito: GOMEIRA DO ROTULO TRASMBORDANDO E CONTAMINANDO 2 RODA

Fonte: Autor

O campo “Relatório”, presente na Figura 19, nos permite visualizar de maneira mais completa as informações a respeito de cada etiqueta criada como também nos permite acompanhar o status de validação de cada contramedida, o relatório também permite editar as etiquetas de maneira análoga ao campo “Editar Etiqueta”.

Figura 19: Relatório de etiquetas criadas

Etiqueta	Data	Máquina	Defeito	Prioridade	Solução	Contramedida	Status	Validação
Etiqu.: 2289	18/12/2021	Máquina: AF12	Defeito: OS ROLOS DE CONTRASTE (ROLOS EMBORRACHADOS) ESTÃO GASTOS. DURANTE A PRESSÃO NO ROLO DE ARRASTE OCORRE O	Nota Z1/Z3: 1001061072 Prioridade: Baixa	Solução: TROCA DOS ROLOS DE ARRASTE. OBS: FOI MONTADO DOIS ROLOS USADOS ATE CHEGAREM OS NOVOS	Contramedida: Não	Status Contramedida: Pendente	1º Turno: 2º Turno: 3º Turno:
Etiqu.: 5931	17/12/2020	Máquina: CK	Defeito: FALTA DE SENSOR DE REJEIÇÃO DA EMENDA DO CELOFANE.	Nota Z2/Z3: Prioridade: Alta	Solução: SUBSTITUIR SENSOR INDUTIVO PARA ÓTICO DE FORQUILHA.	Contramedida: Sim	Status Contramedida: CM	1º Turno: Sim 2º Turno: Sim 3º Turno: Sim
Etiqu.: 5983	12/12/2022	Máquina: X500	Defeito: GOMEIRA DO ROTULO TRASMBORDANDO E CONTAMINANDO 2 RODA	Nota Z2/Z3: Prioridade: Alta	Solução: AJUSTE NO NIVEL DA GOMEIRA, FOI RETIRADO DOBRADORES INTERNOS PARA LIMPEZA + LIMPEZA DO SEMI ANEL	Contramedida: Não	Status Contramedida:	1º Turno: 2º Turno: 3º Turno:

Fonte: Autor

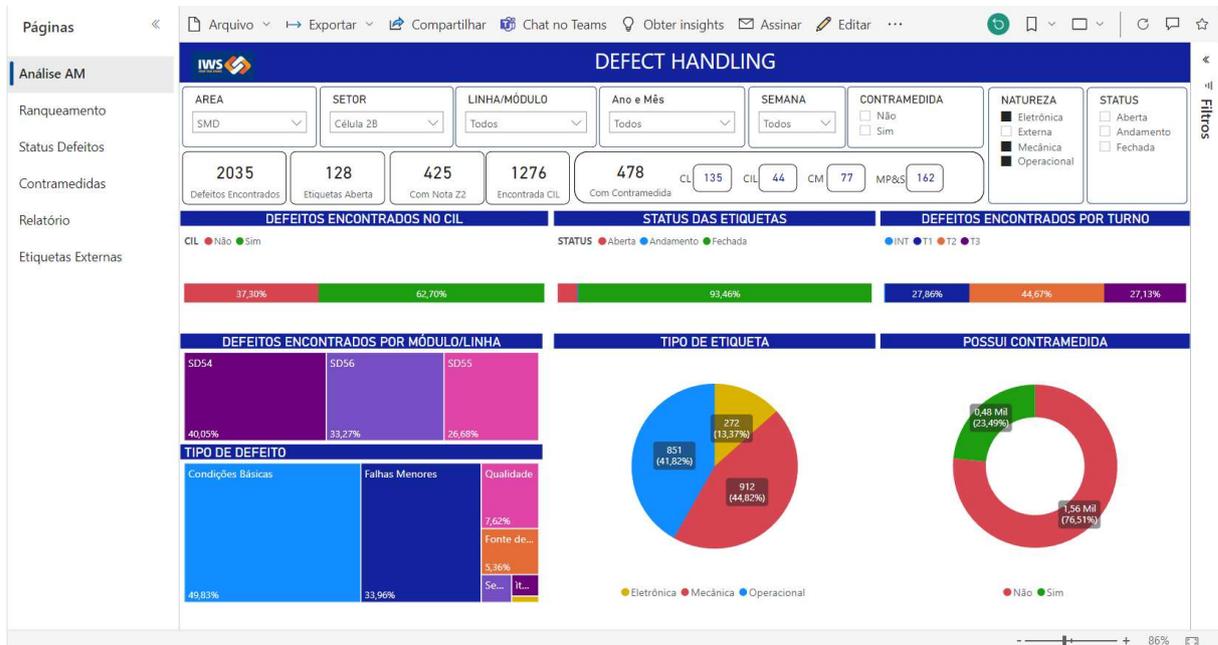
6.2.2 Dash de dados em Power Bi

Como apresentado anteriormente o intuito da construção do aplicativo em Power Apps é permitir que o time da linha de produção tenha a capacidade de fornecer informações precisas e pertinentes a respeito dos defeitos e comportamento dos equipamentos industriais no entanto estes dados são alimentados em uma base de dados e posteriormente precisam ser compilados e manipulados para nos gerar um cenário que mais tarde é interpretado pela liderança de cada célula de produção, auxiliando na tomada de decisões e construção de plano de ação. Para compilar e produzir essas informações, foi construído um dash de Power Bi. Para efeito de análise pode-se considerar apenas uma célula de produção desde a implementação do *Defect Handling* digital.

O dash é composto por 4 páginas e que esta demonstrado nas Figuras 20,21,22 e 23:

- Análise de Manutenção Autônoma:

Figura 20: Análise AM (Power Bi)



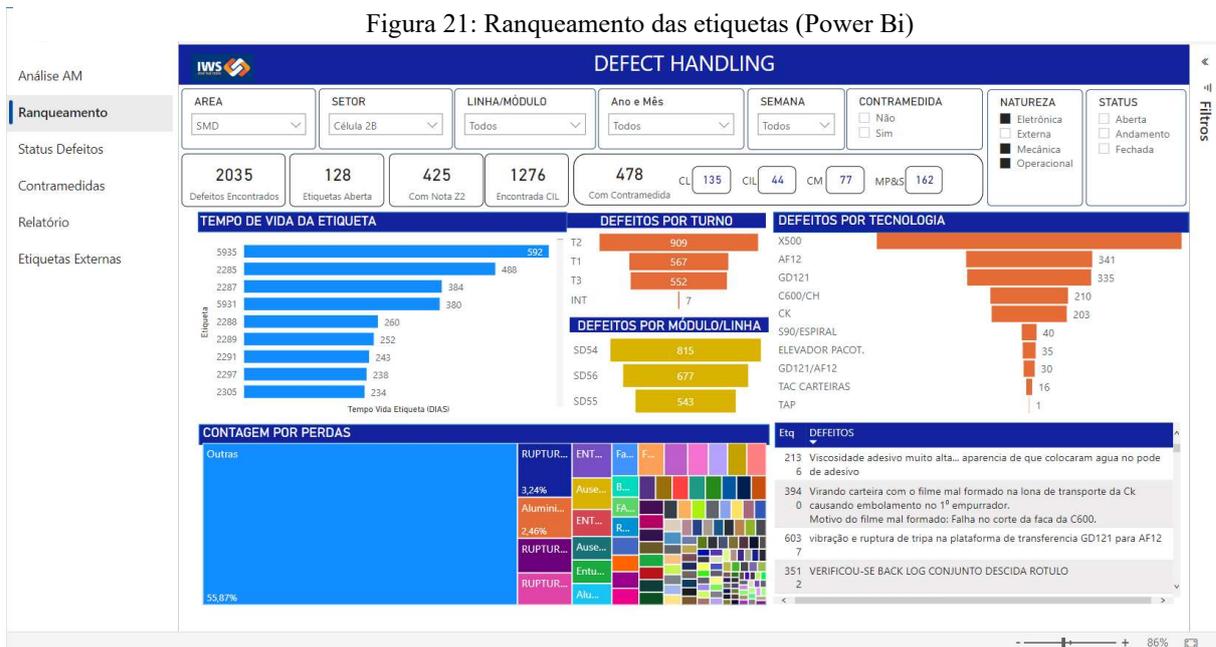
Fonte: Autor

A parte superior do dash nos permite filtrar os dados para que a análise seja realizada pelo usuário apenas do que lhe é de seu interesse. Todos os gráficos apresentados no Power Bi são interativos e mudam suas informações de acordo com os filtros aplicados.

A partir destes dados várias análises podem ser feitas. Por exemplo, foi mencionado anteriormente neste documento que o CIL (Clean, inspect and lubrification) é um momento de parada planejada das máquinas que ocorre a cada turno para limpar, inspecionar e lubrificar o equipamento. É importante que a maior parte dos defeitos seja encontrado durante esta janela de máquina parada para evitar que, na retomada do funcionamento do equipamento, os defeitos que não forem encontrados acarretem paradas desnecessárias que prejudicam a produtividade. Analisando o dash concluímos que em um universo de 2035 defeitos, 62,7% destes foram encontrados durante a parada planejada do CIL o que é um bom número, mas nos permite uma margem maior a ser trabalhada.

- Ranqueamento:

Figura 21: Ranqueamento das etiquetas (Power Bi)



Fonte: Autor

É por meio da página de ranqueamento que se pode observar quais áreas dos equipamentos estão com maior incidência de defeitos encontrados. O melhor caso seria que, as áreas que mais sofrem com paradas sejam as que mais possuam defeitos encontrados, indicando o foco preciso do time de produção.

Também pode-se enxergar as etiquetas com o maior tempo de vida. Esta informação nos mostra quais os defeitos estão a mais tempo sem solução.

- Status Defeito:

Figura 22: Status dos defeitos (Power Bi)



Fonte: Autor

A página de status de defeito exibe um panorama dos defeitos em aberto, em andamento e fechados (solucionados) para cada módulo, área do equipamento e por perdas. Desta forma tem-se um mapa detalhado de qual parte específica do equipamento possuem defeitos não solucionados e que no futuro, se não resolvidos, podem resultar em grandes perdas, paradas ou quebras.

- Contramedidas

Figura 23: Relatório de Contramedidas (Power Bi)



Fonte: Autor

Assim como é de suma importância a resolução dos defeitos, é também de grande interesse que estes defeitos não voltem a acontecer no futuro, já que isso pode acarretar retrabalho em um ciclo vicioso. Desta forma é importante analisar as contramedidas de maneira aprofundada. Esta página nos oferece uma apresentação bastante similar a página “Status Defeito”, mas apenas para etiquetas de defeitos que possuem contramedidas.

6.3 *Implementação, testes e coleta de feedbacks:*

Com a percepção e o estudo dos pontos de oportunidade e toda a problemática que envolvia o *Defect Handling*, foi possível construir uma plataforma digital com novas funcionalidades que trouxe mais facilidade, intuitividade e consistência do fluxo de atividades do processo. Após o desenvolvimento do aplicativo em Power Apps e o relatório em Power Bi foi necessário escolher uma célula de produção que pudesse ser o piloto de implementação do projeto. A partir das percepções e feedbacks obtidos durante o período de testes foi possível aperfeiçoar as ferramentas desenvolvidas e com isso garantir que todo esse ecossistema se torne totalmente funcional e personalizado aos objetivos e expectativas do time de produção.

A implementação foi conduzida por etapas. A primeira etapa consistiu em preparar o ambiente de trabalho para a recepção das mudanças que estariam por vir. É importante garantir que todos aqueles defeitos encontrados e catalogados por meio das etiquetas no *Defect Handling* tradicional sejam arquivados e tratados como “*backlog*” para que, desta forma, todos os defeitos não resolvidos assim como as contramedidas não implementadas não se percam com o tempo. Após o arquivamento e a construção de um plano de resolução destes defeitos e contramedidas se deu início à adaptação de infraestrutura.

Por se tratar de um sistema digitalizado, é necessário garantir o acesso a todos aqueles colaboradores que irão utilizar a ferramenta, esta adaptação inclui a manutenção de computadores e rede de acesso, a aquisição de tablets, assim como a disponibilização de chaves de acesso a plataforma Power da Microsoft.

Estabelecida toda a infraestrutura é necessário conduzir um treinamento com os técnicos, mecânicos e operadores do time de produção. O treinamento é conduzido com uma metodologia eficiente e amplamente adotada em ambientes de trabalho, aonde se exige bastante a prática para execução de tarefas. O método de aprendizado é o método 70/20/10 denominado Learning Model e desenvolvido por Morgan McCall, Robert Eichinger, e Michael Lombardo na década de 1990.

Após o treinamento do time a implementação do novo sistema ocorreu de maneira completa se optando por não fazer de maneira gradual para que a experiência do usuário seja coletada de maneira mais rápida e sincera. O resultado da implementação do novo sistema foi satisfatória e trouxe os resultados esperados com as novas melhorias e funcionalidades decorrentes da digitalização:

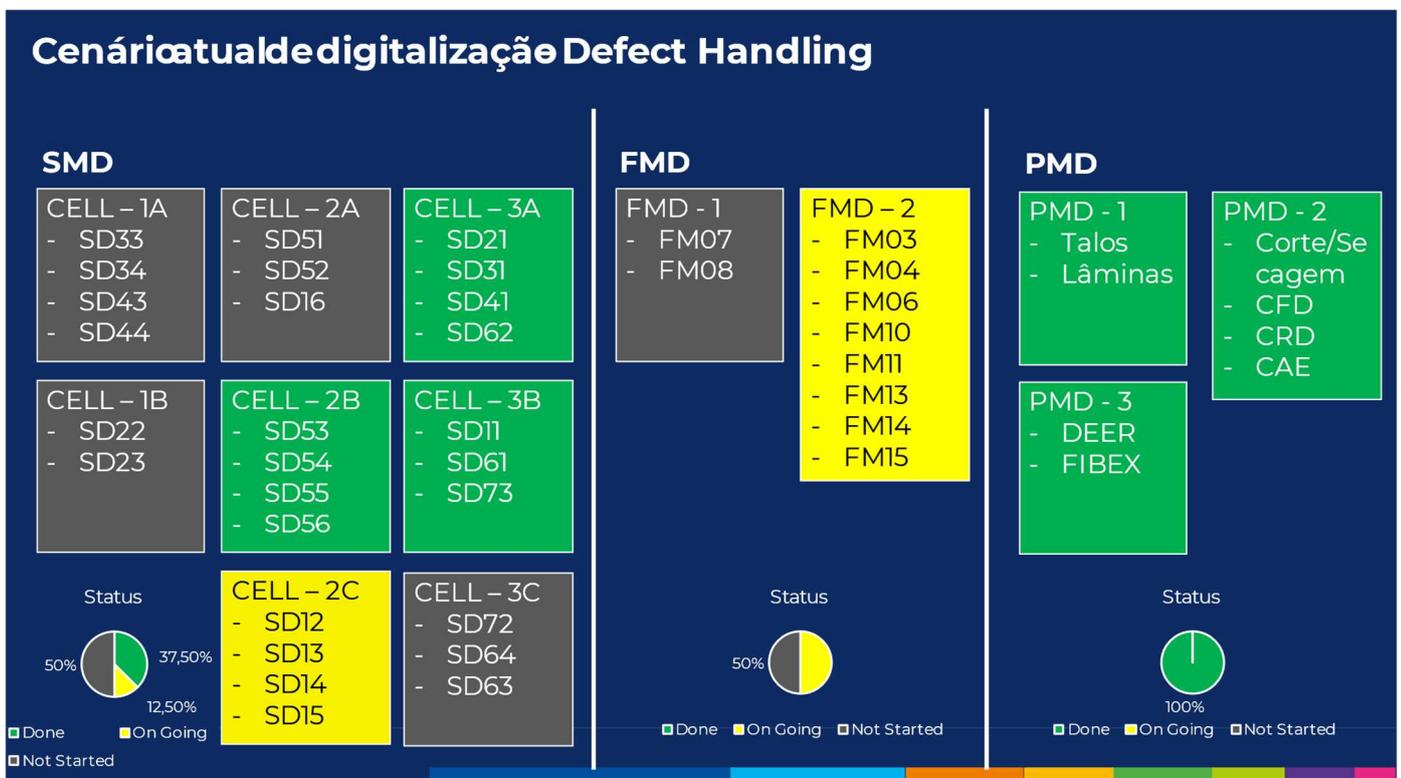
- Melhoria na consistência das informações descritas nas etiquetas de defeito graças a implementação das listas suspensas e a possibilidade de agregar diferentes mídias ao relato do defeito.

- Maior número de etiquetas e defeitos relatados devido a facilidade e intuitividade do sistema digitalizado
- Maior velocidade na resolução dos defeitos e implementação das contramedidas com a disponibilização da informação em tempo real e em diferentes fontes.
- Economia e diminuição de perdas graça a eliminação do papel e material gráfico utilizado na confecção das etiquetas no formato anterior.

Os feedbacks coletados foram positivos e apenas correções pontuais nas listas suspensas foram necessárias para atender melhor as necessidades do time de produção. Após o teste de validação a plataforma global se mostrou eficiente e capacitada para substituir o modelo antigo e com isso alçar novos padrões de qualidade de informação e produtividade.

Atualmente (janeiro/2023), o projeto se encontra em fase final de implementação na fábrica, como pode-se concluir pela Figura 24. Cerca de 70% de todas as células e módulos de produção já utilizam ou estão em processo de implementação do sistema e o mesmo foi posto a prova em um cenário desafiador com a utilização simultânea de centenas de colaboradores.

Figura 24 - Cenário atual (janeiro/2023) de implementação do Defect Handling Digital



Fonte: Autor

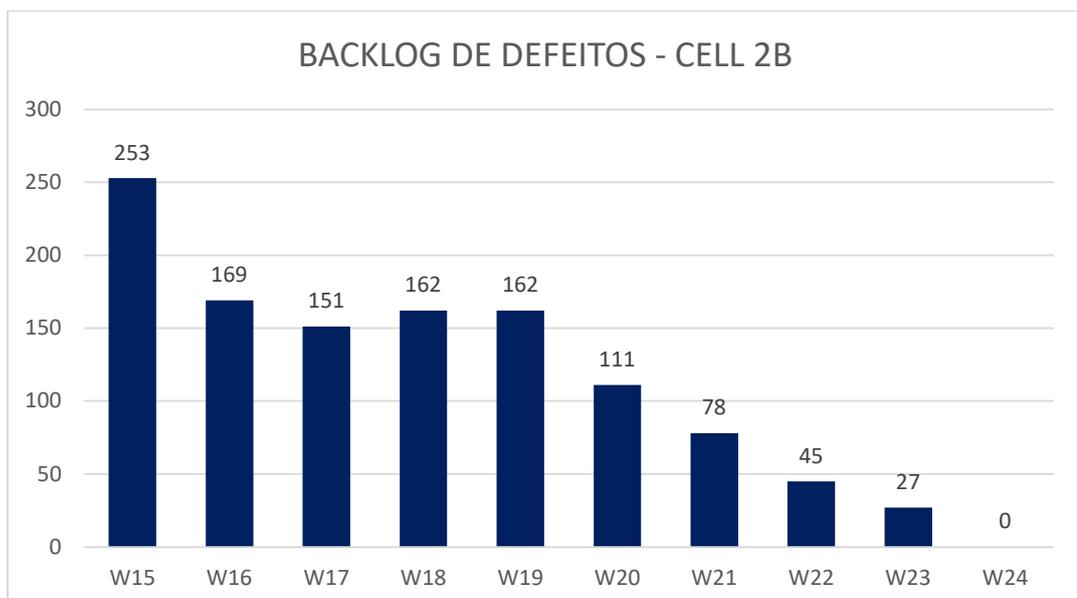
6.4 Resultados e Considerações finais.

Para que possamos avaliar de maneira analítica os resultados obtidos com a implementação do *Defect Handling* digital, podemos analisar e tirar conclusões a respeito de alguns números importantes obtidos ao longo do processo. Para tal utiliza-se como análise os resultados obtidos na célula de produção “2B”, célula está, a ser a primeira a receber e validar o novo modelo.

- *Backlog* de defeitos:

Um dos principais motivadores neste projeto de digitalização é garantir que não se acumule uma grande quantidade de defeitos e contramedidas não resolvidas ou não implementadas. Como demonstrado anteriormente, a resolução dos defeitos exige que a sua descrição e diagnóstico seja precisa, além de ser necessário uma comunicação constante entre a liderança e o time de produção para garantir a execução da resolução do defeito e a implementação das contramedidas, evitando assim que o defeito se torne recorrente no futuro. O novo *Defect Handling* foi implementado na semana 16 de 2022 e com isso o processo de tratativa de *backlog* também foi iniciado. Podemos acompanhar a evolução da resolução de uma parte considerável dos defeitos que estavam em aberto na célula de produção 2B por meio da Figura 25:

Figura 25 - Evolução do Backlog de defeitos Célua 2B



Fonte: Autor

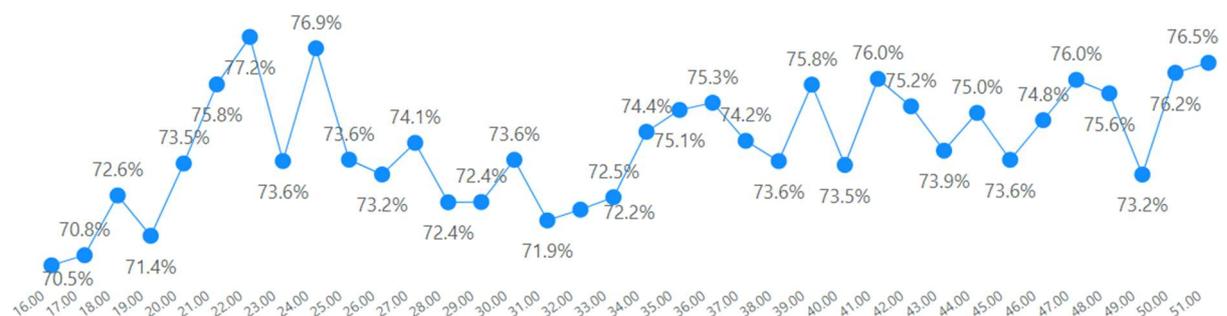
Com um backlog de 253 defeitos não resolvidos em um universo de aproximadamente 1300 defeitos, conseguiu-se por meio de esforço conjunto e coordenado eliminar todos aqueles defeitos e contramedidas que estavam sem solução. Este acúmulo de defeitos não resolvidos era fruto das falhas demonstradas anteriormente no modelo tradicional de *Defect Handling*.

Com o novo modelo de *Defect Handling* digitalizado temos um cenário bastante diferente. Com uma quantidade relativamente maior de etiquetas, totalizando até o momento da criação deste trabalho 2111 etiquetas, tem-se apenas 154 destas com status não resolvido (aproximadamente 7,3%).

- Impacto na performance e eficiência dos equipamentos:

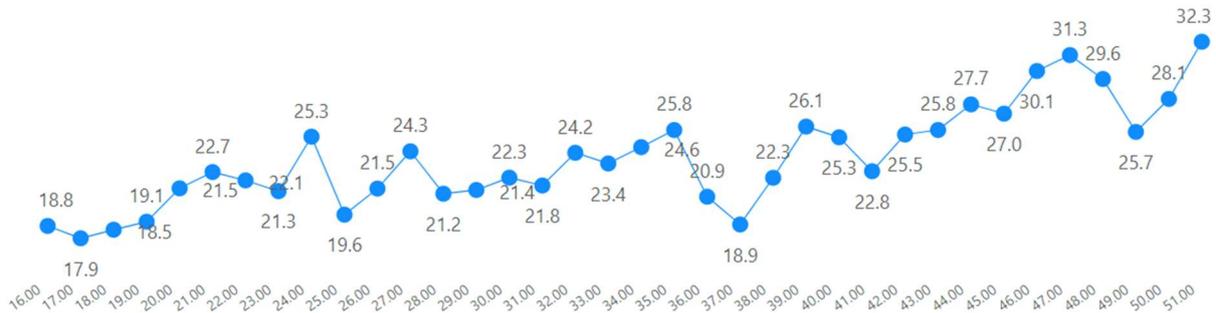
Podemos correlacionar o impacto positivo que a digitalização do Defect Handling tem na performance dos equipamentos da fábrica por meio de gráficos de OEE (Eficiência geral do equipamento) na Figura 26, MTBF (Tempo médio entre falhas) na Figura 27 e UPDT (Tempo de parada não planejada) na Figura 28. No entanto vale ressaltar que a digitalização do *Defect Handling* não é único fator que contribuiu com o incremento de performance e eficiência, mas sim um importante agregador nessa soma de ações e planos de incremento de eficiência postos em prática durante o ano.

Figura 26 - Evolução do OEE (%) ao longo das semanas 16 a 51 de 2022



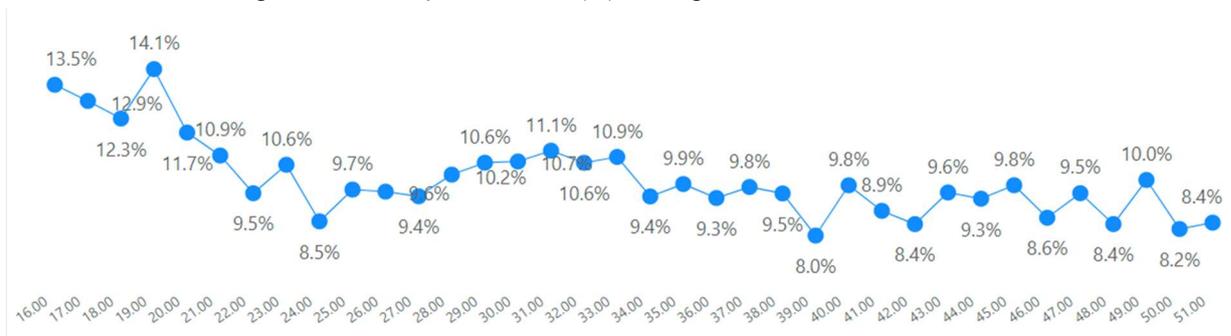
Fonte: Autor

Figura 28 - Evolução do MTBF (em minutos) ao longo das semanas 16 a 51 de 2022



Fonte: Autor

Figura 27 - Evolução do UPDT (%) ao longo das semanas 16 a 51 de 2022



Fonte: Autor

Estes três gráficos apresentados nas Figuras 26 a 28 apresentaram a evolução ao longo das semanas, com início na semana 16 até a semana 51, da evolução dos principais indicadores de performance dos equipamentos.

Na figura 26 o equipamento apresentava uma eficiência geral (OEE) de 70,5% na semana 16 e alcançou na semana 51 uma eficiência geral de 76,5%. Um aumento significativo de 6%

Na figura 27 o equipamento apresentava um intervalo médio de 18,8 minutos entre cada falha, ou seja, a cada 18,8 minutos ocorria uma falha no equipamento. Devido a alta precisão e velocidade do equipamento, além do grande volume de produtos produzidos, é esperado que pequenas falhas, e de curto período, ocorram no equipamento, mas que, se somadas ao longo do dia, apresentam uma parcela significativa do período de produção do equipamento. Sendo assim, na semana 51 o equipamento apresentava um intervalo médio entre falhas de 32,3 minutos. Um incremento de aproximadamente 171%.

Na figura 28 pode-se notar um decréscimo de 5,1% no tempo em que o maquinário se manteve inoperante por falhas ou paradas abruptas. Nota-se também que este mesmo valor de 5,1% de tempo a mais disponível foi quase que, por completo, convertido em tempo de máquina operante. Esta correlação é corroborada com o incremento de 6% de OEE apresentado anteriormente.

7 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste estudo de caso em conjunto com a fundamentação teórica necessária para a aplicação da digitalização de processos industriais em um contexto de indústria 4.0, pode-se concluir que este é um caminho para o incremento de performance e produtividade dos equipamentos. A digitalização é um processo cada vez mais implementada em diferentes contextos e situações no cenário industrial, sendo hoje fundamental para a eliminação de perdas e a melhoria contínua das rotinas de trabalho. Vale ressaltar que, este é um processo que exige investimento técnico e de infraestrutura e operacional, além de uma liderança comprometida e alinhada que confie, na condução da digitalização e automação.

O engenheiro neste contexto é o condutor de toda a transformação que estas inovações trazem na nova revolução industrial (Indústria 4.0), sendo ele o responsável por estudar, entender e apresentar as opções mais relevantes e efetivas disponíveis no mercado que, possam contribuir de maneira sólida com os objetivos e resultados almejados pela companhia.

Por isso como uma futura etapa de melhoria e total automação do processo de reporte de defeitos é sugerido a implementação de um sistema de detecção e predição de falhas e defeitos autônomo, que por meio de sensores e análise de dados consiga identificar e reportar os defeitos de cada componente do equipamento, sem a necessidade de análise ou intervenção humana. Este é um processo de automação complexo e que exige um nível de conhecimento técnico e especializado ainda mais robusto, mas que com se aplicado de maneira correta poderá trazer resultados de performance ainda maiores e consistentes.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] VELOSO, Fernando; MATOS, Silvia; PERUCHETTI, Paulo. **Produtividade do trabalho: o motor do crescimento econômico de longo prazo.** Blog do IBRE. 20, jan. 2020. Disponível em: <https://blogdoibre.fgv.br/posts/produtividade-do-trabalho-o-motor-do-crescimento-economico-de-longo-prazo>. Acesso em: 10/12/2022
- [2] HASSEL, Joe; ROSER, Max. **How do we know the history of extreme poverty. Or World in Data.** 05, fev. 2019. Disponível em: <https://ourworldindata.org/extreme-history-methods>. Acesso em: 15/12/2022
- [3] CNI. Portal Da Industria. **Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos.** Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>. Acesso em: 15/12/2022
- [4] REIS, Roberto; Barcelos, M. A.; Machado, M. M. **Implementação de metodologia de trabalho para zero perdas em indústria do gênero alimentício.** SIENPRO (Simpósio de Engenharia de Produção). Disponível: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/ROBERTO_REIS_2_-_email.pdf. Acesso em: 17/12/2022
- [5] BELLOTTO, Thomás Caldas. **Redução de parada não planejada através da aplicação de ferramentas do IWS.** 2020. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção e Serviço Social) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.
- [6] BRUNT, David. **What is a Lean Management System?.** Lean Enterprise Academy. 12, maio. 2021. Disponível em: <https://www.leanuk.org/what-is-a-lean-management-system/>. Acesso em: 10/12/2022
- [7] MICROSOFT. **Documentação do Microsoft Power APPS.** Microsoft Learn. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/power-apps/>. Acesso em 18/12/2022
- [8] SANDIM, Rafael Gomes. **A Engenharia de Manutenção e Confiabilidade – Um Estudo de Caso Real.** 2021. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Elétrica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.
- [9] BONELLI, R.; VELOSO, F.; PINHEIRO, A., C. **Anatomia da Produtividade no Brasil.** Instituto Brasileiro de Economia. GEN Atlas; 1ª edição (20 abril 2017)