

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

JOATAN PORSCHE DE LIMA

**TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE OEE EM
UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA**

CAXIAS DO SUL

2023

JOATAN PORSCH DE LIMA

**TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE OEE EM
UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador Prof. Dr. Gabriel Vidor

CAXIAS DO SUL

2023

JOATAN PORSCH DE LIMA

**TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE OEE EM
UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em

Banca Examinadora

Prof. Dr. Gabriel Vidor - orientador
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Mateus Panizzon
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Luís Fernando Moreira
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Roberto Birch Gonçalves
Universidade de Caxias do Sul – UCS

AGRADECIMENTOS

A todos que de alguma forma participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

*“Pensar é o trabalho mais difícil que existe.
Talvez por isso tão poucos se dediquem a ele.”
Henri Ford*

RESUMO

Este trabalho apresenta o conceito de transformação digital de indicadores de produtividade, aplicados a uma indústria metalúrgica. O objetivo geral deste estudo se direciona a melhorar a visualização dos dados produtivos para gestores e líderes das áreas produtivas, visando uma segurança no momento de tomada de decisões. A gestão das empresas recorre frequentemente a um conjunto de indicadores, geralmente voltados a natureza econômica da instituição, esquecendo-se de indicadores de produtividade e atividades operacionais como o OEE, indicador este que mede o desempenho de uma forma tridimensional levando em conta a disponibilidade, eficiência e qualidade de um equipamento. Utilizando este conceito como base, os indicadores de produtividade impressos, darão lugar a indicadores digitalizados e atualizados em tempo real, através de um conjunto de software e hardware e uma base de dados de contendo informações produtivas. Durante a aplicação dos conceitos pesquisados, foi possível notar certa resistência inicial por parte dos operadores e gestores no novo método de visualização dos dados produtivos, no entanto, foram facilmente adaptados a rotina por facilitar a interpretação das informações de produtividade do equipamento. Como desenvolvimento futuro para este projeto, estão a aplicação do conceito para todos os equipamentos produtivos para a empresa.

Palavras-chave: OEE. Indústria. Transformação digital.

ABSTRACT

This work presents the concept of digital transformation of productivity indicators, applied to a metallurgical industry. The general objective of this study is aimed at improving the visualization of productive data for managers and leaders of the productive areas, aiming at security when making decisions. The management of companies often resorts to a set of indicators, generally focused on the economic nature of the institution, forgetting productivity indicators and operational activities such as the OEE, an indicator that measures performance in a three-dimensional way, taking into account availability, efficiency and quality of an equipment. Using this concept as a basis, the printed productivity indicators will give way to digitized indicators updated in real time, through a set of software and hardware and a database containing productive information. During the application of the researched concepts, it was possible to notice some initial resistance on the part of the operators and managers in the new method of visualization of the productive data, however, they were easily adapted to the routine for facilitating the interpretation of the productivity information of the equipment. As a future development for this project, there is the application of the concept to all production equipment for the company.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coletor de dados P&F da empresa.....	19
Figura 2 – OEE, medidor de desempenho de uma forma tridimensional.....	21
Figura 3 - Estrutura das 6 perdas de tempo observadas no indicador de OEE.....	27
Figura 4 - Estratificação do OEE.....	28
Figura 5 – Representação das perdas temporais.....	29
Figura 6 - Análise de dados	33
Figura 7 - Mudanças da era digital	35
Figura 8 – Interface gráfica do sistema de coleta de dados P&F	37
Figura 9 – Indicador de OEE gerado no Software P&F.....	37
Figura 10 - Hardware utilizado na implantação	40
Figura 11 - Arduino	40
Figura 12 - Centro de trabalho utilizado no projeto piloto	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cronograma Andon OEE	38
---------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ERP	Enterprise Resource Planning
IROG	IROG – índice de rendimento operacional global
KPI	Key Performance Indicator / Indicadores Chaves
MES	Manufacturing Execution Systems
OED	Oxford English Dictionary
OEE	Overall Equipment Efficiency (Eficiência Global do Equipamento)
P&F	Pai & Filho (Empresa de coletores de dados produtivos)
TI	Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	JUSTIFICATIVA	16
1.2	OBJETIVOS	18
1.2.1	Objetivo geral.....	18
1.2.2	Objetivos específicos	18
1.3	ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	OEE - <i>OVERALL EQUIPAMENT EFFECTIVENESS</i>	21
2.2	TRANSFORMAÇÃO DIGITAL	29
3	PROPOSTA DE TRABALHO	36
3.1	CENÁRIO ATUAL	36
3.2	PROPOSTA DE TRABALHO	38
3.2.1	Coletar e análise de dados relacionados a OEE (Base de dados já existente)	39
3.2.2	Montar dashboard ou quadro para facilitar a visualização dos dados de cada máquina.....	39
3.2.3	Montar piloto de Andon para visualização dos dados em uma máquina (Auxílio da TI)	41
3.2.4	Validar uso do Andon com ajuda dos técnicos operacionais, operadores e preparadores.....	41
3.2.5	Homologar projeto de Andon e replicar para todas as máquinas da empresa.....	41
4	RESULTADOS	42
4.1	DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
4.2	DISCUSSÃO DO CASO.....	43
4.3	IMPLICAÇÕES GERAIS	44
5	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Durante a última década a difusão das tecnologias de redes sociais, móvel, analítica e nuvem e o crescimento exponencial de dispositivos conectados, o que Frank Malcom (2012) descreve como a “quinta onda de TI corporativa”, trouxeram mudanças e oportunidades inéditas. A empresa de consultoria Gartner (2014) prevê um total de pelo menos 25 bilhões de dispositivos conectados no mundo em 2020. Hoje mais do que nunca, as ferramentas digitais estão moldando a forma como as pessoas vivem, se comunicam e trabalham, e estão gerando grandes mudanças, constituindo as forças motrizes dos fenômenos de transformação digital conforme destacado por Fitzgerald, Kruschwitz, Bonnet e Welch (2013).

Westerman, Calmejane e Bonnet (2011) destacam que as empresas estão sentindo uma pressão crescente de mudar para atender a demanda dos clientes e enfrentar a competição de novas empresas do mundo digital. Hoje cinco das empresas mais valiosas do mundo são de tecnologia (Apple, Google, Amazon, Facebook e Microsoft) e a economia digital está cada vez mais permeando os setores econômicos tradicionais. Em 2016, Markets and Markets [5] estimava que os investimentos em Transformação Digital iriam crescer de US\$ 148,04 bilhões para US\$ 392,15 bilhões até 2021. Hoje, a expressão transformação digital é usada para apontar mudanças organizacionais influenciadas pelas tecnologias digitais, mas não existe uma definição clara e amplamente adotada, e a expressão é objeto de interpretações diversas. (PINÇON, A, 2017)

Pesquisas e estudos recentes relacionados a inovação e empreendedorismo mostram que a evolução de novos empreendimentos integra ativos digitais e não digitais que aceleram a fase inicial do processo empreendedor, e comprovam que as tecnologias digitais alimentam novas formas de inovação e iniciativas empreendedoras (NAMBISAN, 2019)

A busca constante pela inovação aumenta consideravelmente a concorrência entre as organizações e o mundo dos negócios. No mundo dos negócios a gestão, liderança e organização das empresas atuais serão diretamente influenciadas pelas novas tecnologias. Isso irá impactar na expectativa dos clientes, que neste momento se tornarão mais exigentes e na transição dos modelos operacionais para modelos digitais, e conseqüentemente na transição dos modelos operacionais para modelos digitais e no aperfeiçoamento dos produtos a partir dos dados, resultando na melhoria da produtividade dos ativos. De acordo no que é previsto da Indústria 4.0, as empresas precisarão estar em constante mudança neste novo cenário organizacional de tal forma a buscar maior agilidade e velocidade nos processos, e obviamente

a busca constante por inovação, visto que será um diferencial competitivo entre organizações (SCHWAB, 2016; TADEU, 2016, apud RODRIGUES; DE QUEIROGA, 2022).

Geralmente uma transformação digital surge a partir de uma necessidade em uma empresa de aumentar seu alcance garantindo resultados mais satisfatórios, assim fazem uso da tecnologia para favorecer seu desempenho. É uma forma de mudar a estrutura do negócio deixando a tecnologia assumir um papel fundamental. Para isso é necessário tempo e um alto consumo de recursos, assim a transformação digital demanda mais de uma boa gestão do que marketing ou tecnologia. Este termo não está baseado apenas no desenvolvimento tecnológico, ele está associado ao impacto gerado na vida cotidiana em gerenciamento de um negócio, na carreira e na relação com o cliente. Um dos grandes desafios da transformação digital é a constante mudança de hábitos reciclando habilidades mantendo a produtividade. Rogers (2016) identificou que cinco domínios principais descrevem o cenário atual de transformação digital dos negócios: clientes, competidores, dados, inovação e valor.

Diz-se, de forma macro, que a “transformação digital” é a busca em adquirir vantagem competitiva no mercado diante das mudanças emergentes por via das tecnologias digitais. E de forma micro, pode-se dizer que é uma transformação de cada empresa na tentativa de se tornar um negócio digital. A junção de várias atividades no cenário micro leva a um cenário macro desenvolvendo uma transformação digital. Dessa forma, a transformação digital propõe a incorporação de processos digitais causando uma mudança completa garantindo um lugar no futuro que já é realidade. A transformação digital propõe uma dinâmica ao acesso informações e isso faz com que as pessoas se tornem mais exigentes, gerando um grande impacto na sociedade, tanto de forma positiva quanto de forma negativa. É evidente que as possibilidades da transformação digital são infinitas, pois é possível otimizar vários processos de diferentes segmentos. No entanto da mesma forma que surgem soluções surgem problemas, obrigando que as empresas se preparem para suprir as demandas impostas. (RODRIGUES; DE QUEIROGA, 2022)

A língua inglesa permite uma distinção entre os dois conceitos de *digitization* e *digitalization* que já insere duas dimensões aplicáveis na manufatura. Seguindo as definições do Oxford English Dictionary (OED), o termo “*digitization*” pode ser rastreado até a década de 1950 em conjunto com os computadores como “a ação ou processo de digitalização; a conversão de dados analógicos (especialmente em imagens de uso posterior, vídeo e texto) em formato digital”. Enquanto isso, o termo “*digitalization*” é definido como “a adoção ou aumento no uso de tecnologia digital ou de computador por uma organização, indústria, país, etc.” (BRENNER; KREISS, 2014).

Com base nesta definição do OED, Brenner e Kreiss referem-se a “*digitization*” como “o processo material de conversão de fluxos analógicos individuais de informação em bits digitais” e eles entendem a digitalization como “a maneira pela qual muitos domínios da vida social são reestruturados em torno da comunicação digital e da mídia infraestruturas” (BRENNER; KREISS, 2014). O termo “*automation*” (BRENNER; KREISS, 2014) já é destaque em seu uso industrial e é definido como “o uso ou introdução de equipamento automático em um processo de fabricação ou outra instalação” (BRENNER; KREISS, 2014). Uma visão mais tecnológica de Groover refere-se à automation como “a tecnologia por qual um processo ou procedimento é realizado sem assistência humana.” [5, p. 61].

Os três conceitos de *digitization*, *digitalization* e *automation* são três conceitos distintos, mas mesclando conceitos. A *digitalization* é, portanto, considerada um resultado direto do aumento elementos que nos rodeiam, permanece assim altamente importante para o campo das ciências sociais. Os conceitos de *digitization* e *automation*, por outro lado, encontram sua aplicação direta no campo de fabricação. Fica claro que um não pode existir sem o outro como qualquer tipo de automação hoje em dia exige que os elementos digitais funcionem sem interferência humana e de qualquer tipo de digitalização requer elementos para manipular e exibir informações automaticamente. Portanto, pesquisa com foco na fabricação avançada ou inteligente deve incluir ambos os conceitos para permitir uma análise abrangente. (SCHUMACHER; SIHN, 2016)

O Ciclo de Vida da Transformação Digital fornece uma abordagem ágil verdadeiramente interligada de a noção de estratégia digital para a execução da Transformação Digital. O subjacente ontologia e semiótica nos permitem levar qualquer transformação digital organizacional desafiá-lo e integrá-lo à maneira de trabalhar do Ciclo de Vida da Transformação Digital e modelagem, independentemente do tipo de indústria. O ciclo de vida da transformação digital é baseado em uma ontologia empírica, o que significa que suas raízes estão tanto na prática quanto na pesquisa.

Consequentemente, abrange todos os aspectos das fases da Transformação Digital. Algumas das lacunas discutidas na teoria podem, portanto, ser preenchidas com o Abordagem do Ciclo de Vida da Transformação Digital e, assim, ajudar a melhorar a falha atualmente alta taxa na indústria. A Estrutura de Transformação Digital relacionada foi projetada para ser um método ágil, que é neutro/agnóstico do fornecedor e, portanto, pode ser usado com a maioria das abordagens existentes que possuem qualquer um dos edifícios de Transformação Digital identificados. O ciclo de vida da transformação digital com seus A Estrutura de Transformação Digital relacionada pode ser usada conforme descrito, a fim de alcançar o nível desejado de

completude, rastreie e gerencie mudanças ao longo do tempo ou identifique abordagens possíveis com base nas etapas individuais para superar uma transformação específica desafio. Além disso, é complementado com suporte de elicitação, como orientação princípios para criar, interpretar, analisar e usar a engenharia de transformação digital, conceitos de modelagem ou arquitetura dentro do Ciclo de Vida da Transformação Digital. (ROSING; ETZEL, 2015)

Segundo a FIA (Fundação Instituto de Administração) (2018) Indústria 4.0 é mais do que apenas pensar que a tecnologia evoluiu ao seu nível máximo, ela é a entrada para concretizar o que há de mais moderno para a produção de bens de consumo como: Big Data, internet das coisas, inteligência artificial entre outras mais. Desde a primeira revolução industrial, as indústrias buscam por soluções que visam melhorar sua performance e contribuir para o desenvolvimento das inúmeras tecnologias nas áreas relacionadas a produção, deste modo ela é a continuação do aperfeiçoamento das máquinas e tecnologias (FIA, 2018).

Segundo Schwab (2016), a sociedade está por enfrentar uma mudança tão profunda, que da perspectiva da história humana, nunca houve um momento tão promissor, uma revolução que impactará na forma de se relacionar, trabalhar e no estilo de vida da humanidade. Testemunhando-se o surgimento de tecnologias que interligam os mundos físico, digital e biológico, com impactos não só na indústria, mas em todos os segmentos sociais e econômicos, desafiando nossos conceitos sobre o que é ser humano e buscando assegurar a sustentabilidade social e econômica do sistema capitalista. Esse movimento é causado pela quarta revolução industrial que está em curso.

No ano de 2011, começou essa nova Era, a Indústria 4.0. Combinando alta tecnologia e internet. Essa revolução vem sendo estruturada a partir do que há de mais moderno em automação e sistemas inteligentes de comunicação. (LAURETH, 2014). Sendo uma iniciativa promissora quanto aos possíveis benefícios, dentre estes, a redução de custos, economia de energia e o aumento da segurança (VENTURELLI, 2014).

No mundo dos negócios, as novas tecnologias irão influenciar principalmente a gestão, liderança e organização das empresas. Haverá impactos, também, na expectativa dos clientes que, nestas circunstâncias, tenderão a tornarem-se mais exigentes; na percepção do valor de novas formas de colaboração e parcerias; na transição dos modelos operacionais para modelos digitais e no aperfeiçoamento dos produtos a partir dos dados, o que resulta em uma melhoria da produtividade dos ativos.

As empresas, portanto, precisarão estar em constante mudança no novo cenário organizacional previsto para a indústria 4.0 e devem fazê-lo de tal forma a buscar maior agilidade e velocidade nos processos, bem como buscar constantemente pela inovação, visto

que tal processo aumentará consideravelmente a concorrência entre as organizações (SCHWAB, 2016; TADEU, 2016). Geralmente uma transformação digital surge a partir de uma necessidade em uma empresa de aumentar seu alcance garantindo resultados mais satisfatórios, assim fazem uso da tecnologia para favorecer seu desempenho. É uma forma de mudar a estrutura do negócio deixando a tecnologia assumir um papel fundamental. Para isso é necessário tempo e um alto consumo de recursos, assim a transformação digital demanda mais de uma boa gestão do que marketing ou tecnologia. Este termo não está baseado apenas no desenvolvimento tecnológico, ele está associado ao impacto gerado na vida cotidiana em gerenciamento de um negócio, na carreira e na relação com o cliente. Um dos grandes desafios da transformação digital é a constante mudança de hábitos reciclando habilidades mantendo a produtividade.

Rogers (2016) identificou que cinco domínios principais descrevem o cenário atual de transformação digital dos negócios: clientes, competidores, dados, inovação e valor. Diz-se, de forma macro, que a “transformação digital” é a busca em adquirir vantagem competitiva no mercado diante das mudanças emergentes por via das tecnologias digitais. E de forma micro, pode-se dizer que é uma transformação de cada empresa na tentativa de se tornar um negócio digital. A junção de várias atividades no cenário micro leva a um cenário macro desenvolvendo uma transformação digital. Dessa forma, a transformação digital propõe a incorporação de processos digitais causando uma mudança completa garantindo um lugar no futuro que já é realidade. A transformação digital propõe uma dinâmica ao acesso informações e isso faz com que as pessoas se tornem mais exigentes, gerando um grande impacto na sociedade, tanto de forma positiva quanto de forma negativa. É evidente que as possibilidades da transformação digital são infinitas, pois é possível otimizar vários processos de diferentes segmentos. No entanto da mesma forma que surgem soluções surgem problemas, obrigando que as empresas se preparem para suprir as demandas impostas. (RODRIGUES, LUCIENE CAVALCANTI; DE QUEIROGA, 2022)

Diante desta contextualização sobre transformação digital, para este trabalho de conclusão tomou-se como base de aplicação do conceito, uma indústria metal mecânica da região sul estado, indústria essa que apresenta necessidade de melhorias no processo como um todo, principalmente na questão de indicadores de desempenho como: OEE, baseados no sistema MES em uso atualmente.

A empresa em questão possui aproximadamente 50 máquinas CNC, e a grande maioria destas máquinas possui indicadores de performance produtiva, contendo informações produtivas da máquina relacionadas ao dia de trabalho anterior. Essas informações apresentam

resumidamente o OEE da máquina e outras informações relacionadas a produção, que são atualizadas de forma manual, e que conseqüentemente possui grande dependência de um responsável para preenchimento, impressão e disposição destes indicadores, além de ser necessário fazer as devidas compilações dos dados produtivos coletados para criação de gráficos, ou seja, toda e qualquer informação relacionada a dados produtivos das máquinas são coletadas pelos coletores de dados instalados em cada máquinas e enviados para o servidor de dados, estes dados são compilados manualmente através de gráficos com ajuda de tabelas eletrônicas (Excel). Este processo consome muitas horas de trabalho do colaborador responsável, impedindo que outras atividades de maior retorno financeiro para a empresa sejam executadas.

Com base no sistema atual a proposta de entrega apresentada neste trabalho e conclusão de curso, consiste em implantar um sistema de ANDON TV, que irá mostrar em tempo real os principais dados produtivos de cada máquina, sem a necessidade de intervenção humana para compilação dos dados coletados em gráficos, incluindo os dados relacionados a OEE. Esse sistema funcionará através da comunicação entre a base de dados produtivos do servidor coletados através de coletores já instalados nas máquinas, e um sistema (código C##) que será desenvolvido pelo setor de TI para tratar os dados e transformar graficamente para que sejam mostrados nas TVs de cada equipamento.

Dessa maneira pode-se poupar energia e tempo da pessoa responsável pelo processo e descartar a compilação manual das informações produtivas de cada máquina. Utilizando métodos digitais para compilação dos dados, todo o processamento dos dados passará a ser feito por computador através de informações armazenadas no banco de dados da empresa em tempo real. Essa mudança irá proporcionar à empresa o início de aplicação do conceito de transformação digital das informações coletadas e também proporcionar agilidade na identificação de possíveis problemas relacionados a produtividade. Em conjunto a isso, irá exigir menos tempo para a tomada de ações em resolução de problemas, identificando de maneira ágil e fácil o desempenho de cada máquina.

1.1 JUSTIFICATIVA

A análise de dados surgiu da evolução das abordagens da estatística. O trabalho de Turkey (1962) mudou a forma de pensar sobre a estatística, visto que ele definiu a análise de dados e descreveu a inferência estatística como um de seus componentes. Desse modo, ele aproximou engenharia e ciência da computação por meio da análise de dados, como um forte

elemento que justifica a transformação que está ocorrendo atualmente com a era da informação. Dessa forma, a engenharia está sendo muito beneficiada pelas ferramentas de análise desenvolvidas para lidar com o enorme volume de dados a serem tratados.

Existem diversos métodos e ferramentas digitais que auxiliam a análise de dados. Dentre elas o *Business Intelligence*, que tem como objetivo coletar, organizar, analisar e compartilhar informações para auxiliar empresas na tomada de decisões estratégicas. Sua utilização gera melhorias internas do trabalho de desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos e serviços, oferecendo vantagens competitivas, dado que o sistema apoia desde os níveis táticos até os estratégicos para tomada de decisões (STAIR, 1998).

Atualmente no local em que este trabalho é executado, o sistema de análise de dados é feito a partir do sistema MES em conjunto com dados cadastrados no sistema ERP da empresa, o cruzamento dos dados de ambas as plataformas proporciona a elaboração de indicadores de performance da instituição.

Segundo Lima, Almeida, Valim e Miranda (2021) conforme resultados de sua pesquisa, é perceptível a relevância que a análise de dados tem na engenharia de produção. A literatura apresenta diversos exemplos de metodologias onde a coleta, tratamento, armazenamento e interpretação de dados são fundamentais para a tomada de decisão. Várias tecnologias são aplicadas na análise de dados, principalmente quando se trata de grande volume e variedade de dados atualizados e disseminados em tempo real, gerando informações para supervisão e controle dos processos produtivos. Associada às ferramentas, técnicas e metodologias da engenharia de produção, a análise de dados possibilita identificar padrões de comportamento, auxiliar na resolução de problemas, redução de desperdícios e aumento da produtividade.

Sendo assim, a análise de dados se torna uma excelente forma de acompanhar os sistemas produtivos, podendo aumentar a eficiência dos negócios, desenvolver a melhoria contínua dos processos e gerar valor para as empresas. Ademais, de forma análoga à transformação da matéria-prima em produto durante processos de fabricação, observa-se na análise de dados a transformação dos dados em informações, o que é atualmente aplicado em diversas áreas da engenharia de produção. Algumas delas foram exemplificadas no presente artigo: qualidade, logística, gestão da cadeia de suprimentos, gestão de projetos, desenvolvimento de produtos, engenharia do trabalho e planejamento estratégico.

Portanto, a aplicação da análise de dados se torna necessária na engenharia de produção, em especial no contexto da I4.0, visto que uma enorme quantidade e variedade de dados precisa ser rapidamente tratada e analisada. Dessa maneira, fica evidente o quanto é

importante para o engenheiro de produção conhecer a metodologia de análise de dados e compreender sua relevância para uma correta tomada de decisão. (Lima; Almeida; Valim; Miranda, 2021).

Com base nesses estudos supracitados no ano de 2021 é possível notar que a análise de dados dentro da indústria é o fator chave para melhorar a performance dos indicadores da empresa. Por outro lado, entender também que a agilidade para interpretação e criação desses dados é de extrema importância, e este é o principal motivo que justifica o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho consiste na aplicação dos conceitos de digitalização, baseando-se nisso, se resume a digitalização de indicadores de produtividade em uma indústria metal mecânica com auxílio de um hardware e software para a compilação dos dados produtivos e dispor os mesmos na forma gráfica.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral é a digitalização dos indicadores de OEE da empresa.

1.2.2 Objetivos específicos

Do objetivo geral derivam-se os objetivos específicos como:

- a) organizar os dados produtivos coletados atualmente em uma base de dados;
- b) desenvolver um código para compilação e disposição dos dados de forma gráfica, utilizado como apoio o setor de TI;
- c) criar base de *layout* em Excel, para disposição dos dados que são mostrados no Andon.
- d) montar e estruturar um *kit* de *hardware* que é necessário para montagem e estruturação de um Andon individual para o equipamento piloto.
- e) escolher um equipamento para aplicação piloto do projeto e validar a compilação dos dados coletados.

1.3 ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

No primeiro momento é analisado todo o tipo de indicador de produtividade que a empresa já utiliza, desta forma será possível planejar a transformação digital deles com base no que já é utilizado.

O segundo passo consiste em coletar os dados produtivos com auxílio de sistema que já existe na empresa chamado de P&F (Pai & Filho), vide Figura 1, empresa responsável pelos coletores de dados já existentes.

Figura 1 - Coletor de dados P&F da empresa



Fonte: Próprio autor (2023)

Atualmente o sistema apenas faz a coleta dos dados produtivos e os salva em um banco de dados dentro do servidor. Nesta etapa será necessário tratar e organizar o banco de dados de forma a dispor todas as informações necessárias de forma rápida e clara para transformação digital dos indicadores.

Após a coleta das informações dos indicadores e organização do banco de dados, será necessário desenvolver junto com o setor de TI a base de código para tratamento dos dados, a linguagem que será trabalhada será o C++, dado pela afinidade por parte do programador de software.

Com a base de dados pronta e o código fonte desenvolvido, será necessário desenvolver o sistema visual para visualização das informações, este sistema como um todo será chamado de Andon, e será constituído por um kit de hardware que contém um Arduino e uma TV.

Como dito anteriormente a aplicação piloto do projeto será em apenas uma máquina em um período de 90 dias. A máquina para o teste será a máquina mais produtiva e mais importantes da empresa, isso para garantir a melhor acuracidade e validação dos dados apresentados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

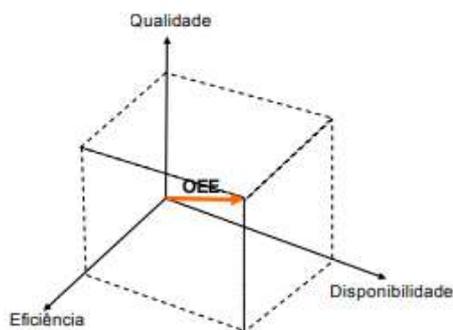
Nesse capítulo vem apresentados os conceitos que são necessários para o desenvolvimento e aplicação do método proposto, bem como para sustentar as discussões estabelecidas no trabalho.

2.1 OEE - *OVERALL EQUIPAMENT EFFECTIVENESS*

Sobre a importância e o acompanhamento dos indicadores de produtividade pode-se afirmar que:

A Gestão das empresas recorre frequentemente a um conjunto de indicadores, normalmente apenas de natureza econômico-financeira, sobre o mercado e a sua posição competitiva, esquecendo-se de indicadores representativos da atividade produtiva e das operações, quando estas atividades estão na origem dos fatores determinantes da competitividade e dos resultados econômicos. Por isso, é uma das condições básicas de uma boa gestão possuir um conjunto de indicadores representativos do desempenho da fábrica e das operações em geral. Maximizar a operacionalidade e o desempenho dos equipamentos em termos de eficiência e qualidade, deve ser um objetivo permanente dos gestores das operações das unidades industriais, de transportes, telecomunicações e de todas as empresas cuja produção dependa principalmente do bom desempenho dos equipamentos. É neste contexto que se enquadram as diversas abordagens existentes para medir o desempenho dos equipamentos, sendo reconhecido por inúmeros autores e organizações, a nível mundial, que o melhor meio de medir a eficácia dos equipamentos durante o seu funcionamento, é o indicador: OEE – Overall Equipment Effectiveness – Eficácia Global do Equipamento. O OEE é um indicador que mede o desempenho de uma forma “tridimensional” (Figura 2) pois tem em consideração: Quanto tempo útil o equipamento tem para funcionar/produzir; Eficiência demonstrada durante o funcionamento, isto é a capacidade de produzir à cadência nominal; A qualidade do produto obtida pelo processo em que o equipamento está inserido (DA SILVA, 2013, p. 1/16)

Figura 2 – OEE, medidor de desempenho de uma forma tridimensional.



Fonte: SILVA (2013, p. 1/16)

De acordo com Silva (2013, p. 2/16), uma parcela significativa do tempo em que a máquina deveria estar produzindo, efetivamente está parado ou não está produzindo na sua capacidade máxima. Infelizmente os métodos clássicos de controle de produtividade não

mostram tais paradas e acabam não mostrando a clássica realidade da produção ou a famosa “Fábrica escondida” por trás dos números e métodos contabilísticos, situação que está na origem da falta de cumprimento dos prazos de entrega ao cliente ou dos estoques nos armazéns.

A necessidade de priorizar a racionalização do uso de um recurso ou outro depende do tipo de processo e produto que a empresa oferece ao mercado: empresas mais intensivas em mão de obra precisam investir mais na capacitação e motivação dos recursos humanos; empresas de produção em massa precisam buscar elevada eficiência na utilização de equipamentos e recursos humanos bem como no consumo de insumos materiais; já as empresas de processo contínuo precisam assegurar fluxo altamente previsível por meio de tecnologias intensivas em capital (SLACK et al., 2002).

Nos casos da manufatura de produção em massa e em processo contínuo, é fundamental assegurar elevada disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Para promover o desempenho da empresa pela competente utilização de seus recursos de produção, Jonsson e Lesshammar (1999) afirmam que é necessário estabelecer um sistema integrado de avaliação do desempenho global da manufatura (*Overall Manufacturing Performance*). Quando as causas de perdas na utilização da capacidade de produção são identificadas, esforços para eliminá-las ou reduzi-las podem ser empreendidos.

Segundo Ljungberg (1998), houve uma gradual evolução na forma de avaliação das perdas que impactam na disponibilidade dos equipamentos. Na década de 1970, a ênfase incidia na avaliação das perdas de produção dos ativos fixos, que eram divididas em falhas mecânicas, elétricas, eletrônicas e hidráulicas. Já na década de 1980, procurou-se avaliar os obstáculos para produção classificando-os como causas técnicas e causas organizacionais. Na década de 1990, acentuou-se a preocupação em medir as perdas por paradas classificando-as como planejadas ou não planejadas. É importante observar que mesmo quando os recursos de produção estão disponíveis, a sua utilização pode ocorrer de forma ineficiente.

Nesse sentido, Staudt, Coelho e Gonçalvez (2011) colocam que a geração de refugos e a necessidade de retrabalhos são desprezadas por muitas empresas na análise de sua capacidade, mas que no planejamento da capacidade real necessária para se atender a demanda é fundamental considerar que elas também consomem tempo de recursos produtivos. O advento da filosofia de manutenção produtiva total (TPM) sob os auspícios do Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) trouxe a noção de que é necessário desenvolver uma visão mais holística do sistema de manufatura e que para isso é fundamental estabelecer uma forma mais abrangente de medir o aproveitamento da capacidade produtiva. O Overall Equipment Effectiveness (OEE) que mede a utilização efetiva da capacidade dos equipamentos foi então proposto como um

indicador que cumpre essa função de controle gerencial (NAKAJIMA, 1989; LJUNGBERG, 1998).

O indicador do OEE tem sido amplamente utilizado nas indústrias de manufatura no diagnóstico de seu sistema produtivo e direcionamento das ações de melhoria contínua, notadamente nas organizações que utilizam modelos gerenciais como Total Quality Management (TQM), World Class Manufacturing (WCM), seis sigma e produção enxuta, além do próprio TPM (BOHORIS et al., 1995; TSAROUHAS, 2007; WEE; WU, 2009; GIBBONS; BURGESS, 2010). Sua aplicação tem sido difundida em diversos setores industriais, dentre os quais se destacam o automobilístico, semicondutores e as indústrias de processo.

Esse indicador promove uma visão ampliada da vida útil dos equipamentos e assume que as condições de uso destes é basicamente influenciada pela sua disponibilidade, desempenho e qualidade de conformidade. Existem guias e padrões referenciais para sua medição e análise que podem servir como base para permitir a comparação dos resultados de diferentes plantas num dado setor industrial (RON; ROODA, 2005). Jeong e Phillips (2001) salientam que a abordagem de medição do OEE é muito importante em indústrias intensivas em capital, já que esse indicador não avalia somente a utilização, e demanda a identificação e análise das perdas escondidas.

Ao preconizar a medição dessas perdas que podem ocorrer mesmo quando os equipamentos estão operando – falta de qualidade do produto final e variação do tempo de ciclo do processo –, o OEE promove a análise dos problemas e o tratamento da causa raiz de modo a tornar as ações de melhoria do processo mais efetivas e aumentar o aproveitamento da capacidade dos equipamentos. Ljungberg (1998) afirmam que, em muitas empresas, antes de qualquer intervenção de melhoria, é comum que o valor de OEE seja baixo.

Numa pesquisa de campo realizada por esses autores constatou-se um valor médio de cerca de 55%. Bamber *et al.* (2003) descrevem que o OEE é utilizado para diferentes fins, não se restringindo à eliminação de perdas e melhoria da qualidade. Ele serve como medida de benchmarking inicial para comparações dentro de uma planta, ajuda a entender diferenças entre linhas de produção pela comparação de seus resultados e permite identificar a máquina que deve ser o foco dos esforços de TPM de modo a racionalizar os investimentos e a operação dos demais recursos produtivos. Adicionalmente, a medição do OEE permite identificar distúrbios crônicos em equipamentos e, assim, promove a busca de melhorias de processo e o aumento da sua vida útil.

Não obstante o OEE tenha se tornado um indicador de vasta utilização pela simplicidade e clareza de sua conceituação, esse indicador revela limitações como a dificuldade

em definir e medir certos dados para seu cálculo como tempo de ciclo do processo e pequenas paradas (RON; ROODA, 2005).

Autores como Ljungberg (1998), Bamber et al. (2003) e Braglia, Frosolini e Zammori (2009) concordam que o OEE é um ótimo indicador para medir a eficiência de uma única máquina, mas que não seria suficiente para direcionar a melhoria global do processo produtivo quando este envolve diversos equipamentos inter-relacionados. Muthiah e Huang (2007) acrescentam que a conceituação do OEE não atende o propósito central de um sistema integrado de medição da manufatura, que é o de medir a eficiência de toda a fábrica.

Diante da necessidade de aprimorar a medição do desempenho da manufatura num nível mais global, Schmenner e Vollmann apud Jonsson e Lesshammar (1999) afirmam que as empresas precisam buscar indicadores que melhor reflitam os resultados de toda a manufatura indo além daqueles contemplados pelo OEE.

Uma questão gerencial relevante levantada por Ljungberg (1998) diz respeito às responsabilidades sobre as perdas. As perdas consideradas pelo OEE são as comumente associadas às áreas de produção ou de manutenção. Para Jeong e Phillips (2001), a definição original de OEE não é adequada para indústrias intensivas em capital, que buscam a maior utilização possível dos equipamentos, pois esse indicador não considera perdas devido às paradas para manutenção preventiva e o não aproveitamento da capacidade em períodos não programáveis como feriados e turnos inativos.

Assim, pela limitação dos tipos de perdas que considera, a avaliação pelo OEE pode causar distorções, como atribuir à produção a responsabilidade por perdas que não são controladas por ela. Perdas decorrentes de problemas de embalagens do fornecedor ou por reinicialização de processo, após uma queda brusca de energia, são exemplos de falhas que têm como causa raiz problemas externos a uma fábrica. Por essas razões, a forma de aplicação do OEE está sujeita a adaptações para se adequar ao contexto do que deve ser medido. Muchiri e Pintelon (2008) colocam que na literatura são encontradas derivações do termo OEE conforme a natureza de sua aplicação.

Quando considerado em relação à eficiência de fábrica, é denominado como Overall Factory Effectiveness (OFE), em relação à planta, como Overall Plant Effectiveness (OPE) ou Overall Asset Effectiveness (OAE), e em relação à medição das saídas de produto como Overall Throughput Effectiveness (OTE). Há ainda variantes como o Total Equipment Effectiveness Performance (TEEP), que amplia a classificação das perdas, e o Production Equipment Effectiveness (PEE), que considera que os diferentes tipos de perdas devem ser ponderados de forma diferente numa avaliação global.

Jeong e Phillips (2001) destacam que, dessa forma, as empresas têm utilizado alternativas ao OEE que incorporam a medição de perdas por razões não consideradas na definição original de OEE como, por exemplo, tempos não programados, paradas planejadas de manutenção, e realização de testes de produto, bem como decisões resultantes da gestão do negócio. Isso também decorre da necessidade de caracterizar o objeto da medição como uma máquina, um conjunto de máquinas, uma linha, uma planta ou um negócio. As empresas têm interesse de adotar métricas que se adequam melhor à sua realidade, utilizá-las para melhorar o aproveitamento da capacidade de seus equipamentos e, assim, assegurar o retorno do capital investido. (BUSSO; MIYAKE, 2013)

A implementação do TPM é baseada em três conceitos centrais: maximização da eficiência do equipamento, manutenção autônoma realizada por operadores e organização de pequenos grupos de melhoria (LJUNGBERG, 1998). Nesse contexto, o OEE tem sido amplamente utilizado como indicador para medição do desempenho global do(s) equipamento(s) na manufatura que, ao estruturar a análise das perdas de aproveitamento de sua capacidade, ajuda a direcionar os esforços de melhoria contínua dos pequenos grupos (JONSSON; LESHAMMAR, 1999) e a avaliar o progresso na implementação do TPM na organização (JEONG; PHILLIPS, 2001).

Como métrica de uso gerencial, o OEE tem sido adotado principalmente por indústrias que precisam assegurar elevada disponibilidade de seus equipamentos. O cálculo do OEE é realizado pela identificação de 6 tipos básicos de perdas, que são agrupados nas seguintes 3 classes:

- a) A: Perdas de disponibilidade
- b) A1: Paradas que provocam falha de equipamento
- c) A2: Paradas para setup ou ajustes
- d) B: Perdas de desempenho
- e) B1: Pequenas paradas ou interrupções devido ao mau funcionamento do equipamento
- f) B2: Redução da velocidade do equipamento devido a alguma anomalia que o faça operar com tempo de ciclo maior que o tempo padronizado
- g) C: Defeitos e perdas de qualidade
- h) C1: Produção defeituosa ou retrabalho
- i) C2: Perdas de startup ou perdas ocasionadas no início da produção devido aos ajustes para estabilização do equipamento.

O OEE pode ser entendido como uma relação entre o tempo em que houve agregação de valor ao produto e o tempo de carregamento de máquina, ou seja, descontando-se as perdas de disponibilidade (A), perdas de desempenho (B) e perdas de qualidade (C). Para o seu cálculo, é adotada a Equação 1, que considera as definições dadas à direita na Equação 1 para os componentes referentes à disponibilidade (D), desempenho (P) e qualidade (Q).

$$OEE = D \times P \times Q \quad (1)$$

Alternativamente, o OEE pode ser calculado pela razão entre o volume de produção correspondente ao tempo com valor agregado e ao tempo de carregamento, conforme a Equação 2 (KWON; LEE, 2004).

$$OEE = \frac{\text{Total de Produtos Bons}}{\text{Tempo de Carregamento} \times \text{Capacidade de Produção Teórica por Hora}} \quad (2)$$

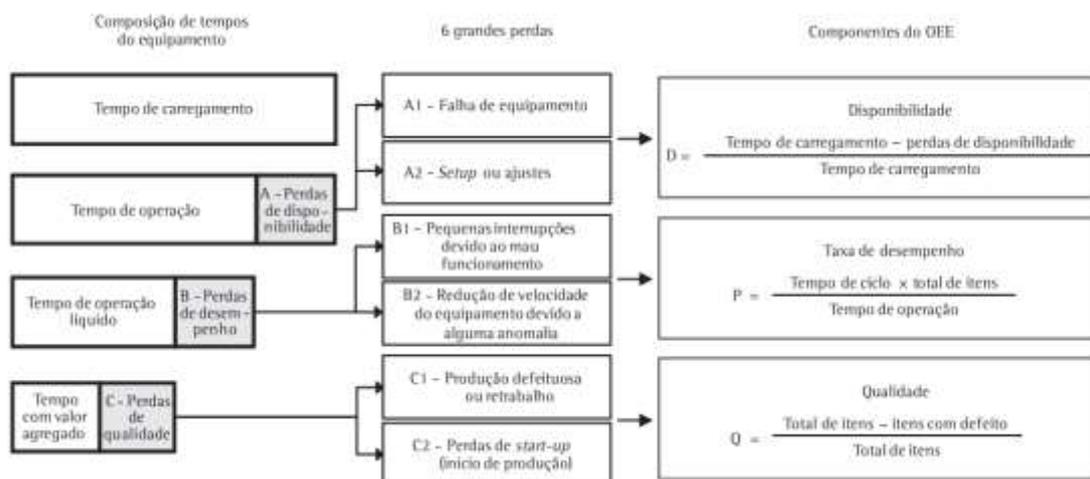
A eliminação ou redução dos tipos de perdas identificados por esse indicador requer que, além da manutenção e produção, outras áreas como qualidade e engenharia colaborem no desenvolvimento de esforços de melhoria de modo mais sistêmico.

Nakajima (1988) propõe que ações de melhoria sejam desdobradas a partir da análise do indicador OEE por meio de ferramentas de gestão da qualidade como o gráfico de Pareto e o diagrama de causa e efeito: o primeiro permite identificar os tipos de perdas que têm maior impacto no resultado do OEE e o segundo ajuda a organizar a investigação do real motivo da ocorrência dos mesmos facilitando sua identificação e eliminação. Nesse esforço de análise e melhoria, Bamber et al. (2003) ressaltam a importância do envolvimento de grupos multifuncionais que detenham uma adequada combinação de conhecimentos e habilidades sobre todo o processo considerado, observando que a adoção do OEE promove o alinhamento de visões na investigação e isso possibilita à gerência delegar-lhes maior responsabilidade e autoridade para implementar as ações de melhoria.

A utilização do OEE tem sido relevante na avaliação do retorno de investimentos realizados no âmbito de programas de melhoria como os baseados no TPM. Para Chand e Shirvani (2000), a efetividade de um sistema de manutenção bem como das práticas de gestão de equipamentos pode ser avaliada medindo-se o desempenho global dos equipamentos por meio do OEE. Segundo Kwon e Lee (2004), é possível contabilizar como o aumento do OEE

resultante dos esforços de melhoria contínua para aumentar a disponibilidade de equipamentos reverte-se em redução do custo de manufatura e aumento incremental na margem de lucro.

Figura 3 - Estrutura das 6 perdas de tempo observadas no indicador de OEE



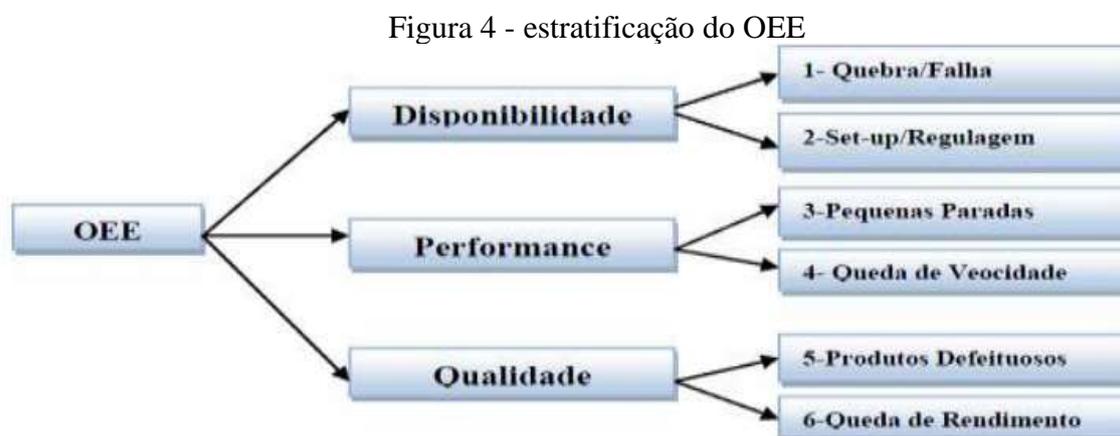
Fonte: adaptada de Nachiappa e Anantharaman (2006)

Na literatura, são encontrados diversos questionamentos sobre a aplicação do OEE como indicador de desempenho global da manufatura. Jonsson e Lesshammar (1999) advertem que a maioria das empresas utiliza de forma incorreta os indicadores de desempenho ou falham na escolha de tais indicadores. Segundo esses autores, um sistema integrado de avaliação do desempenho global da manufatura deve contemplar o que deve ser medido sob as perspectivas da estratégia, da orientação ao fluxo, da eficiência interna e da eficácia externa. Adicionalmente, apontam duas características sobre o modo como o desempenho global da manufatura deve ser medido, quais sejam: o potencial de sua utilização no direcionamento de melhorias e a simplicidade/facilidade de acesso/atualização.

Assumindo a premissa de que, provavelmente, não existe um sistema de medição que seja uma panaceia que satisfaça plenamente todas essas dimensões e características, esses autores apontam a necessidade de cada organização desenvolver seu próprio sistema de forma dinâmica e interativa. (BUSSO; MIYAKE, 2013). A OEE se origina da comparação entre o tempo ao qual a máquina agrega valor ao produto e a soma total das perdas (BUSSO e MIYAKE, 2013).

Segundo Oliveira e Sangineto (2010), o cálculo de OEE é realizado a partir de três parâmetros: disponibilidade, performance e qualidade. A disponibilidade é determinada pela fração de tempo que o processo está disponível em relação ao tempo total. A performance é a fração entre a quantidade de peças produzidas e a quantidade teórica máxima que deveria ser

produzida. A qualidade é a fração de itens produzidos dentro das especificações divididos pela quantidade total de itens produzidos (CHIARADIA, 2004). A Figura 1 organiza a OEE segundo seis tipos de perdas (SERRA et al., 2010).



Fonte: Palonimo et al. (2010)

O OEE se vale dos três índices das Equações 1, 2 e 3:

$$\text{Índice de Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo Operacional}}{\text{Tempo Programado}} \quad (1)$$

$$\text{Índice de Performance} = \frac{\sum [\text{Quantidade Produzida} \times \text{Tempo Padrão}]}{\text{Tempo Operacional}} \quad (2)$$

$$\text{Índice de Qualidade} = \frac{\sum [(\text{Quantidade Produzida} - \text{Refugos e Retrabalhos}) \times \text{Tempo Padrão}]}{\sum [\text{Quantidade Produzida} \times \text{Tempo Padrão}]} \quad (3)$$

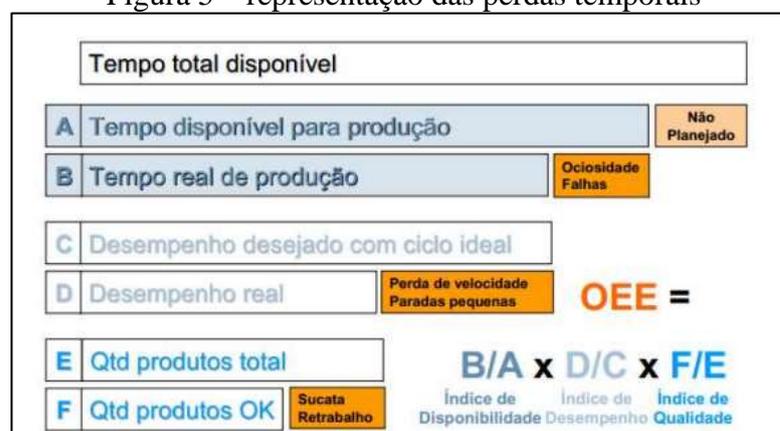
Nas equações: (i) tempo operacional é o período de tempo que o equipamento agregou valor à produção; (ii) tempo padrão é o tempo necessário que um operador apto necessita para processar um item num determinado equipamento; e (iii) tempo programado é o tempo que um determinado equipamento está programado para produzir, descontando paradas (RON e ROODA, 2005). A OEE é então calculada pela equação 4 (PACHECO et al., 2012).

$$\text{OEE} = \text{Índice de Disponibilidade} \times \text{Índice de Performance} \times \text{Índice de Qualidade} \quad (4)$$

Os três índices fornecem uma visão da realidade de um equipamento, setor ou fábrica (ANDRADE, 2009). A análise das perdas é o próximo passo (HANSEN, 2006). Neste passo, são identificados os recursos com menores desempenhos e priorizados os esforços de melhorias (RIBEIRO et al., 2010). Os resultados podem ser organizados em forma gráfica, o que permite a visualização das perdas gerenciais e da causa mais impactante para a ineficiência de um processo produtivo (DEMARCHI et al., 2007). Hansen (2006) chama de fábrica oculta o desperdício que é mensurado pelo OEE: esta é a fração da planta que não é utilizada dada a baixa eficiência no uso dos equipamentos.

A Figura 5 mostra um exemplo gráfico de OEE, relacionando tempo produtivo e perdas. (DORNELLES; SELKITTO, 2015)

Figura 5 – representação das perdas temporais



Fonte: Santos *et al.* (2010)

2.2 TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

Na última década, o surgimento de um conjunto diversificado de novas e poderosas tecnologias digitais, plataformas digitais e infraestruturas digitais transformou tanto a inovação quanto o empreendedorismo de forma significativa com amplas implicações organizacionais e políticas (Nambisan, 2017; Nambisan et al., 2017; Yoo et al., 2010). De fato, a frase transformação digital tem sido amplamente usada na mídia empresarial contemporânea para significar as implicações transformadoras ou disruptivas das tecnologias digitais para empresas (NAMBISAN, 2019)

Segundo Nancy White 2021 (BTC), ser digital não está limitado à adoção de tecnologias, como pode parecer. Na verdade, é roteirizar essa jornada de transformação a curto

e longo prazo, mas guiado por resultados de negócios. “É a base essencial”, afirma Nancy. Também é citada as 7 etapas para transformação digital em qualquer projeto, são elas:

- a) defina o motivo de ser digital;
- b) prepare-se para a mudança cultural;
- c) comece de forma pequena, mas estratégica;
- d) mapear a implementação da tecnologia;
- e) procure parcerias experientes;
- f) reunir feedbacks para aprimorar a estratégia conforme necessário;
- g) escale e transforme.

Talvez as tecnologias digitais tenham mudado ainda mais o nosso mundo, pela maneira como passamos a considerar os dados. Nos negócios tradicionais, os dados eram caros de obter, difíceis de armazenar e usados em departamentos organizacionais. O gerenciamento desses dados exigia a compra e a manutenção de grandes sistemas de TI (lembre-se dos enormes sistemas Enterprise Resource Planning [ERP]), necessários apenas para rastrear o percurso dos estoques de uma fábrica na Tailândia para um shopping em Nova York).

Hoje, os dados são gerados em quantidades sem precedentes, não só por empresas e organizações, mas por pessoas comuns, a toda hora e em todos os lugares. Além disso, o armazenamento de dados na nuvem é cada vez mais barato, acessível e amigável. O maior desafio hoje é converter a enorme quantidade de dados em informações valiosas. As tecnologias digitais também estão transformando a maneira como as empresas inovam. Tradicionalmente, as inovações eram dispendiosas, arriscadas e insulares.

Uma vez que testar novas ideias era difícil e dispendioso, as empresas dependiam dos palpites de seus gestores quanto às características dos produtos a serem lançados no mercado. Hoje, as tecnologias digitais possibilitam a verificação e a experimentação contínuas, algo inconcebível no passado. A construção de protótipos é barata e o teste de ideias é rápido em comunidades de usuários. O aprendizado contínuo e a iteração (repetição) rápida de produtos, antes e depois do lançamento, são o novo padrão." (David L. Rogers, 2016)

"Em face de tudo isso, vê-se como as forças digitais estão reformulando cinco domínios fundamentais da estratégia: clientes, competição, dados, inovação e valor. Esses cinco domínios descrevem o panorama da transformação digital para as empresas de hoje. Ao longo desses cinco domínios, as tecnologias digitais estão redefinindo muitos dos princípios básicos da estratégia e mudando as regras de como as empresas devem operar no mercado para serem bem-sucedidas. Muitas das velhas restrições foram superadas e novas possibilidades agora

estão disponíveis. As empresas que se constituíram antes da internet precisam conscientizar-se de que muitos de seus pressupostos fundamentais devem ser atualizados. (David L. Rogers, 2016)

O primeiro domínio da transformação digital é o dos clientes. Pela teoria convencional, os clientes eram considerados um agregado de atores, ao qual se dirigiam o marketing e a propaganda. O modelo predominante do mercado de massa focava em conquistar economias de escala, por meio da produção em massa (faça um produto que sirva a tantos clientes quanto possível) e da comunicação de massa (use mídias e mensagens abrangentes que atinjam e convençam tantos clientes quanto possível, ao mesmo tempo).

Na era digital, estamos avançando para um mundo mais bem descrito não pelos mercados de massa, mas pelas redes de clientes. Nesse paradigma, os clientes se conectam e interagem dinamicamente, por meios e modos que estão mudando suas relações entre si e com as empresas. Hoje, os clientes estão o tempo todo influenciando-se reciprocamente e construindo a reputação das empresas e das marcas. O uso de ferramentas digitais está mudando a maneira como descobrem, avaliam, compram e usam os produtos, e como compartilham, interagem e mantêm-se conectados com as marcas. Isso está forçando as empresas a repensar seus funis de marketing tradicionais e a reexaminar os caminhos dos clientes para as compras, que podem saltar do uso de redes sociais, de mecanismos de busca, de laptops ou de telas de dispositivos móveis para a entrada numa loja física ou para um pedido de serviço aos clientes num chat on-line, ao vivo.

Em vez de ver os clientes apenas como alvos de vendas, as empresas precisam reconhecer que os clientes em rede podem ser o melhor grupo de foco, o melhor campeão da marca ou o melhor parceiro de inovação que jamais encontrarão. A Tabela 1.1 identifica as mudanças nessas premissas básicas, à medida que as empresas avançam da era analógica para a era digital. Competição segundo domínio da transformação digital é a competição. Tradicionalmente, competição e cooperação eram vistas como opostos binários: as empresas competiam com empresas rivais muito parecidas com elas mesmas e cooperavam com parceiros da cadeia de fornecimento que distribuíam seus bens ou forneciam os inputs necessários para a sua produção.

Hoje, caminha-se, para um mundo de fronteiras setoriais fluidas, em que nossos maiores desafiantes podem ser concorrentes assimétricos – empresas estranhas ao setor, em nada parecidas com a nossa, mas que oferecem aos nossos clientes valores concorrentes. A “desintermediação digital” está virando de ponta cabeça parcerias e cadeias de fornecimento – nossos parceiros de negócios de longa data podem tornar-se nossos maiores concorrentes, se

nossos aliados tradicionais começarem a servir diretamente a nossos clientes. Ao mesmo tempo, talvez precisemos cooperar com um rival direto, devido a modelos de negócio interdependentes ou a desafios externos mútuos, oriundos de outros setores.

Mais importante, as tecnologias digitais estão turbinando o poder de modelos de negócios de plataforma, permitindo que uma empresa crie e capte enorme valor ao facilitar as interações envolvendo outras empresas ou clientes. O resultado final dessas mudanças é um grande deslocamento no lócus da competição. Em vez de uma batalha de soma zero entre rivais semelhantes, a competição é, cada vez mais, uma disputa por influência entre empresas, com modelos de negócio muito diferentes, cada uma buscando conquistar mais alavancagem junto ao consumidor final. Dados domínio seguinte da transformação digital são os dados: como as empresas produzem, gerenciam e usam a informação. Até algum tempo atrás, os dados eram produtos de ações deliberadas a pesquisas de clientes e de inventários físicos, que eram parte dos próprios processos de negócios – fabricação, operações, vendas, marketing.

Os dados resultantes eram usados principalmente para previsões, avaliações e tomada de decisões. Em contraste, hoje nos deparamos com um dilúvio de dados. A maioria dos dados que hoje inunda as empresas não é gerada por qualquer planejamento sistemático, como pesquisa de mercado; em vez disso, é produto de quantidade sem precedentes de conversas, interações ou processos, dentro ou fora das empresas. Com as mídias sociais, os dispositivos móveis e os sensores em todos os objetos da cadeia de fornecimento de uma empresa, todos os negócios hoje têm acesso a uma enxurrada de dados não estruturados, que é gerada sem planejamento e que pode ser usada, cada vez mais, para alimentar novas ferramentas analíticas.

Essas ferramentas de “big data” criam condições para que as empresas façam novos tipos de previsões, descubram padrões inesperados nas atividades de negócios e liberem novas fontes de valor. Em vez de se confinarem no âmbito de unidades de inteligência de negócios, os dados estão se transformando em força vital de todas as unidades organizacionais e em ativos estratégicos a serem desenvolvidos e explorados ao longo do tempo. Os dados são componentes fundamentais de como todas as empresas funcionam, se diferenciam nos mercados e geram novo valor. Inovação quarto domínio da transformação digital é a inovação: o processo pelo qual novas ideias são desenvolvidas, testadas e lançadas no mercado.

Tradicionalmente, a inovação era gerenciada com foco exclusivo no produto acabado. Como os testes de mercado eram difíceis e custosos, a maioria das decisões sobre inovações se baseava no tirocínio e na intuição dos gestores. Como o custo do fracasso era alto, evitar o fracasso era fundamental. As startups de hoje demonstraram que as tecnologias digitais possibilitam que se encare a inovação de maneira muito diferente, com base no aprendizado

contínuo, por experimentação rápida. À medida que facilitam e aceleram mais do que nunca o teste de ideias, é possível receber feedback do mercado desde o início do processo de inovação, mantendo-o constante até o lançamento, e mesmo depois.

Essa nova abordagem à inovação se concentra em experimentos cuidadosos e em protótipos de viabilidade mínima, que maximizam o aprendizado ao mesmo tempo que minimizam os custos. As premissas são testadas sucessivas vezes e as decisões sobre o projeto são tomadas com base em validação pelos clientes reais. Dessa maneira, os produtos são desenvolvidos através de repetições sucessivas, mediante um processo que economiza tempo, reduz o custo do fracasso e melhora o aprendizado organizacional. Valor do domínio final da transformação digital é o valor que o negócio entrega aos clientes – a proposta de valor. Tradicionalmente, a proposta de valor da empresa era considerada duradoura ou quase constante.

Os produtos podiam ser atualizados; as campanhas de marketing, revigoradas; ou as operações, melhoradas; mas supunha-se que o valor básico oferecido pelo negócio aos clientes era constante, definido pelo setor de atividade (por exemplo, as empresas automobilísticas ofereciam transporte, segurança, conforto e status, em diferentes graus). O negócio de sucesso era aquele que tinha uma proposta de valor clara, que estabelecia alguma diferenciação no mercado (por exemplo, preço ou marca), e que focava na execução e na entrega na melhor versão da mesma proposta de valor aos clientes, durante vários anos." (David L. Rogers, Afonso Celso da Cunha..., Transformação digital: Repensando o seu...)

Especificamente na etapa dados, pode-se resumir na Figura 6 a explicação da transformação digital dos mesmos.

Figura 6 - Análise de dados

	De	Para
Dados (Capítulo 4)	<p>Dados são dispendiosos para serem gerados nas empresas</p> <p>O desafio dos dados é armazená-los e gerenciá-los</p> <p>As empresas usam apenas dados estruturados</p> <p>Os dados são gerenciados em departamentos operacionais</p> <p>Os dados são ferramentas para gerenciar processos</p>	<p>Dados são gerados continuamente em todos os lugares</p> <p>O desafio dos dados é convertê-los em informações valiosas</p> <p>Os dados não estruturados são cada vez mais úteis e valiosos</p> <p>O valor dos dados é conectá-los entre os departamentos</p> <p>Os dados são ativo intangível importante para criar valor</p>

Fonte: (David L. Rogers,2016)

Numa era de superoferta de dados, geralmente gratuitos, o mandamento para as empresas é aprender a convertê-los em ativos realmente estratégicos. Isso exige reunir os dados certos e aplicá-los na geração de valor duradouro para o negócio. A construção de uma base de dados poderosa como ativo pode erguer-se sobre a colaboração eficaz com parceiros de dados, como a Caterpillar faz com seus distribuidores de vendas e a The Weather Company faz com seus clientes mais ávidos.

O ativo de dados pode gerar valor na forma de novos insights de mercado. Conversas não estruturadas entre compradores de automóveis revelaram a trajetória da marca Cadillac; as mídias sociais mostraram à *Gaylord Hotels* o que motivava as recomendações dos clientes. Os dados podem agregar valor, ajudando a identificar os clientes que precisam de mais atenção, como ocorreu com os hóspedes prioritários da *Inter Continental Hotels* e com os pacientes de alta necessidade da *Camden Coalition of Healthcare Providers*. Em outras situações, os dados podem ser usados para ajudar os negócios a personalizar suas comunicações com os clientes, seja a Kimberly-Clark conversando com a família certa sobre o produto certo, seja a British Airlines identificando seus clientes mais valiosos de classe executiva, mesmo quando estão na classe econômica com a família.

Às vezes, o valor dos dados pode ser encontrado na identificação de padrões contextuais, como quando a Opower mostra aos clientes de serviços de utilidade pública a maneira como usam a eletricidade ou quando a Naviance ajuda alunos do ensino médio a avaliar suas chances de aprovação ao se inscreverem em diferentes faculdades. Para desenvolver uma boa estratégia de dados, é importante compreender os quatro paradigmas da criação de valor com os dados, as novas fontes e as capacidades analíticas da big data, o papel da causalidade na tomada de decisão movida a dados e os riscos referentes a segurança e privacidade. (David L. Rogers, 2016)

O terceiro domínio do guia da transformação digital são os dados. O crescimento dos negócios na era digital exige a mudança de alguns pressupostos fundamentais sobre o significado e a importância dos dados (vide Figura 7). No passado, embora desempenhassem papel importante em todos os negócios, os dados eram usados para avaliar e gerenciar processos de negócios e para ajudar nas previsões e no planejamento de longo prazo. Os dados eram dispendiosos de produzir, por meio de levantamentos, de pesquisas e de mensurações estruturadas. Era caro armazená-los em bases de dados separadas, que reproduziam os departamentos das operações de negócios, para serem usados, basicamente, na otimização das operações em curso. Hoje, as funções e as possibilidades dos dados são aparentemente

ilimitadas. A geração de dados é, com frequência, a parte mais fácil, com a criação contínua de grandes quantidades por fontes externas à empresa. O maior desafio é a exploração e a conversão desses dados em ideias úteis. As análises tradicionais baseadas em planilhas eletrônicas foram substituídas pela big data, em que informações não estruturadas são processadas por novas e poderosas ferramentas de computação. Para que os dados se transformem em autênticas fontes de valor, no entanto, as empresas precisam mudar a maneira como pensam em dados. Elas precisam tratar os dados como ativo estratégico. (David L. Rogers,2016)

Figura 7 - Mudanças da era digital

Mudanças nos pressupostos estratégicos, da era analógica para a era digital	
De	Para
Dados são dispendiosos de gerar nas empresas O desafio dos dados é armazená-los e gerenciá-los As empresas usam apenas dados estruturados Os dados são gerenciados em departamentos operacionais Os dados são ferramentas para gerenciar processos	Dados são gerados continuamente em todos os lugares O desafio dos dados é convertê-los em informações valiosas Os dados não estruturados são cada vez mais úteis e valiosos O valor dos dados é conectá-los entre os departamentos Os dados são ativo intangível importante para criar valor

Fonte: (David L. Rogers,2016)

3 PROPOSTA DE TRABALHO

Esse capítulo apresenta a problemática de forma detalhada e na sequência um detalhamento da proposta de implantação do trabalho é realizado.

3.1 CENÁRIO ATUAL

O cenário atual da empresa apresentada neste trabalho de conclusão de curso, é composto por uma estrutura de coleta de dados já instalada em suas máquinas e equipamentos produtivos. O sistema instalado é o P&F (Empresa Pai e Filho), já mencionado anteriormente, que funciona através de um hardware em conjunto com um software que coleta os dados produtivos e os armazena no servidor de dados da empresa. Esses dados são acessados conforme necessidade para criação de indicadores mensais, diários ou sazonais, de acordo com a necessidade de cada líder de setor ou demanda da direção.

A partir dos dados coletados e armazenados são criados gráficos e indicadores de produtividade. Os dados são acessados pelo próprio software que acompanha o sistema. No entanto esses indicadores só podem ser visualizados se o usuário acessar a interface do software do sistema e fazer a compilação dos dados, caso contrário os dados somente serão armazenados no banco de dados para consultas futuras. Quanto tratamos de indicadores de produtividade ou KPI, é importante que os mesmos estejam sempre atualizados conforme a norma da empresa. Com esses indicadores KPI é possível que cada operador ou responsável de uma determinada máquina identifique sua performance produtiva, possibilitando a tomada de ações mais assertiva conforme necessidade.

No entanto a grande questão da criação destes indicadores de desempenho na forma manual está na alta demanda de tempo necessária para criação dos mesmos. Atualmente a empresa conta com aproximadamente 50 máquinas CNC, e todas possuindo indicadores de desempenho ou performance (KPI). Desta forma é necessário um colaborador destinado a atualização destes indicadores, contemplando três turnos de trabalho. Na Figura 8 é possível verificar a interface gráfica do sistema de coleta de dados, nele é possível criar diversos tipos de gráficos para verificar a performance produtiva das máquinas da empresa.

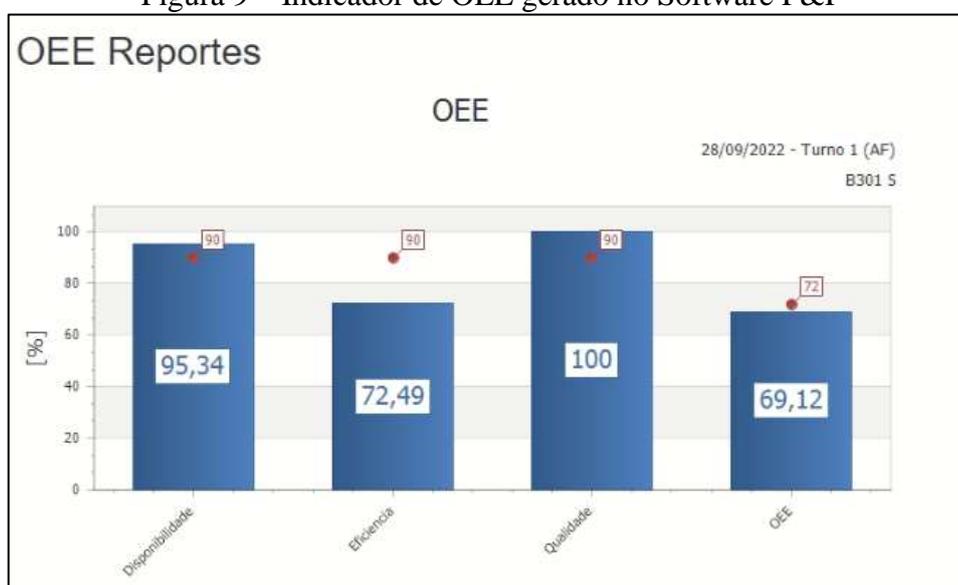
Figura 8 – Interface gráfica do sistema de coleta de dados P&F

Fonte: Acesso do autor ao Sistema instalado Dynamics (2022)

Atualmente o sistema não possui a estrutura para criação e atualização de indicadores de forma automática, e por se tratar de um software de terceiros foi descartada a possibilidade de desenvolvimento externo, devido ao alto custo de investimento.

Os indicadores gerados atualmente são conforme a Figura 9 que são criados a partir das opções selecionadas pelo usuário, como mostrado na Figura 8. Contudo esses indicadores estão em formato de imagem digital, e precisam ser colocados em todas as máquinas uma a uma, então é necessário que o responsável imprima todos os indicadores, aproximadamente 50, três vezes ao dia, gerando um total de aproximadamente 150 folhas de indicadores diariamente.

Figura 9 – Indicador de OEE gerado no Software P&F



Fonte: Acesso do autor ao Sistema instalado Dynamics (2022)

Contemplando estas características do cenário atual, a tomada de decisão de certa forma é prejudicada, pois depende de uma mão de obra direta para atualização de todos os indicadores.

3.2 PROPOSTA DE TRABALHO

A proposta principal deste trabalho consiste basicamente na transformação digital dos indicadores de performance, mais especificadamente, indicadores de OEE. Para esta transformação, será utilizado os conceitos da transformação listados nos tópicos anteriores. Na primeira etapa será analisada toda a estrutura de coleta de dados e armazenamento deles do sistema que está em uso atualmente na empresa.

Em posse das informações será passado para a etapa de digitalização destas informações de modo que as mesmas possam ser vistas em tempo real por algum meio visual. Essa transformação ocorre por meio de um monitor em conjunto com um Arduino rodando um sistema operacional Free aonde é possível acessar um endereço web contendo todo o código que será desenvolvido pelo setor de TI da empresa. Esse sistema será desenvolvido totalmente pelo setor de TI em conjunto com a engenharia de processo. Esse sistema fara a consulta dos dados produtivos dentro do banco de dados e irá transformara em indicadores de OEE na forma gráfica e de fácil entendimento tanto pelo colaborador ou pelo gestor da área, e esses dados são atualizados a cada cinco minutos, fazendo com que os indicadores sempre permaneçam atualizados conforme andamento da produção.

O Quadro 1 apresenta o cronograma de análise dos dados do OEE da empresa neste relatório. Esse cronograma proporciona uma melhor base para balizamento do projeto, entendendo melhor as dificuldades da empresa estudada e aplicando a melhor solução para o alcance do objetivo principal.

Quadro 1 - Cronograma Andon OEE

Nº	Etapa
1	Coleta e análise de dados e cálculos já existentes relacionados a OEE, tempo de Setup, refugos, etc (Base de dados já existente)
2	Montar piloto de Andon ou quadro em excel e em seguida transpor para código de programação juntamente com setor de TI, com o intuito de facilitar a visualização dos dados de cada máquina (TI).
3	Instalar o sistema em uma máquina para acompanhamento da coleta e exibição dos dados em tempo real.
4	Validar uso do Andon com ajuda dos técnicos operacionais, operadores e preparadores.
5	Homologar projeto de Andon juntamente com a direção e replicar para todas as máquinas produtivas da empresa.

Fonte: Próprio autor (2022)

3.2.1 Coletar e análise de dados relacionados a OEE (Base de dados já existente)

Na primeira etapa do projeto foi necessário fazer um levantamento dos dados relacionados ao OEE de forma manual, como já é feito atualmente, utilizando um coletor de dados já implantando na empresa, individualmente em cada máquina. Esse coletor coleta as informações relacionadas a produtividade da máquina e possui um papel importante na implementação do projeto digitalização dos indicadores. O objetivo da coleta destes dados é reunir informações relevantes que auxiliam no desenvolvimento de dashboard aonde seja possível visualizar estas informações em tempo real.

3.2.2 Montar dashboard ou quadro para facilitar a visualização dos dados de cada máquina.

Após a coletar de todas informações relacionadas ao OEE da máquina, será necessário desenvolver um layout de Andon que será usado para cada máquina individualmente. O primeiro layout de Andon será desenvolvido primeiramente em Excel por meio de componentes gráficos e formas geométricas do próprio software. Após alguns aprimoramentos chegamos ao layout final (figura 7) aonde será possível visualizar todas as informações sobre a produtividade da peça em produção atual na máquina.

Dentre as diversas informações que poderão ser visualizadas no Andon, podemos destacar dois grupos, o grupo de paradas, que irá apresenta o acumulo de horas das paradas dentro da ordem de produção vigente, e o grupo de informações de OEE aonde será possível verificar o OEE dos últimos 30 dias da máquina e o OEE atual da ordem de produção, o que obviamente irá melhorar a tomada de decisão a curto prazo com ações corretivas e a longo prazo com ações preventivas para melhorias do OEE em geral. Este Andon será construído com base em códigos de programação desenvolvidos pelo setor de TI da empresa, e irá rodar com base em um hardware conhecido como Arduino, ou mais especificamente *Raspyberry*, como mostram as Figura 10 e 11.

Figura 10 - Hardware utilizado na implantação



Fonte: Próprio autor (2022)

Figura 11 - Arduino



Fonte: Amazon (2023)

O custo para implantação de um Andon completo em uma máquina, contendo Arduino, tv e cabos, fica em torno de R\$2.000,00, de acordo com levantamento feito em setembro de 2022, o custo da mão de obra não foi levado em consideração pois toda a implantação será feita internamente por funcionários já contratados e o custo hora já está considerado no salário mensal.

3.2.3 Montar piloto de Andon para visualização dos dados em uma máquina (Auxílio da TI)

A primeira máquina a ser implantado o Andon será uma das máquinas mais produtivas da empresa, o Centro de Torneamento Multifuso Index MS52, pois se trata de uma máquina altamente produtiva aonde qualquer mudança de informações relacionadas a OEE tem uma representação expressiva no custo de produção final da empresa. A implantação do equipamento estimasse em aproximadamente 3 a 4 dias e terá auxílio da área de manutenção e TI. Estimasse um tempo de uso como piloto nesta máquina em torno de 120 dias, pois é possível coletar a maior quantidade de informações sobre o funcionamento do sistema.

3.2.4 Validar uso do Andon com ajuda dos técnicos operacionais, operadores e preparadores.

A validação do piloto implantando na máquina Multifuso MS52 após o período de teste será aprovado pelo responsável da área junto com o colaborador responsável pelas máquinas, através de diversas reuniões com a presença deles.

3.2.5 Homologar projeto de Andon e replicar para todas as máquinas da empresa.

Após todo o processo de homologação e reuniões feitas com os responsáveis, o projeto será aprovado e replicado para as outras máquinas produtivas da empresa. Ao total serão aproximadamente 50 máquinas CNC que terão um Andon individual para visualização de dados relacionado a OEE, estimasse que a instalação completa de todas as máquinas se conclua, caso projeto seja aprovado, se no final do primeiro semestre de 2023. O investimento estimado para a instalação geral gira em torno de R\$100.000,00.

4 RESULTADOS

Nesse capítulo os resultados do trabalho são apresentados. O capítulo está dividido em uma parte inicial, descritiva dos resultados, e na sequência uma parte construtiva dos resultados, em que se destacam as relações da prática com a teoria anteriormente apresentada.

4.1.1 Descrição e análise dos resultados

Com base na tabela de etapas apresentada na seção 3.2 são apresentados os resultados de cada etapa do processo de implantação. A primeira etapa consiste em coletar e analisar a base de dados relacionados a OEE já existente na empresa de aplicação. Após analisados os dados coletados no decorrer dos anos, notou-se que eles eram de principal responsabilidade do operador de cada máquina ou equipamento, isto é, somente o operador tinha a responsabilidade pela acuracidade e registro dos dados produtivos no coletor de dados produtivos. Estes dados eram armazenados no banco de dados do servidor e permanecem desta maneira até o momento. Com a base de dados validada, foi necessário criar uma estrutura para começar o tratamento dos dados para a próxima etapa.

Com a base de dados pronta, foi iniciado a criação de um pré-layout por meio do software Excel, com o intuito de facilitar a programação do código pela área de TI. A criação deste pré layout consiste em dispor os dados produtivos em uma área de tela de 1920x1024 Pixels (Full HD).

Conforme imagem mostrada na Figura 10 as informações mais relevantes foram distribuídas pela tela de forma a ficar com a melhor disposição visual possível. Desde o início do projeto até momento de aplicação foram feitas diversas versões de layout até que ele fosse aprovado pela direção. Com o código feito e a base de dados pronta para consulta em tempo real, foi escolhido uma máquina para instalação piloto em uma máquina CNC. A máquina escolhida foi uma das máquinas mais produtivas da empresa. A máquina da marca INDEX modelo Multifuso MS52, como mostra a Figura 13. Os equipamentos foram instalados e testados em um período de 90 dias com ajuda dos operadores e líderes envolvidos do setor.

Figura 12 - centro de trabalho utilizado no projeto piloto



Fonte: Index Group (2023)

Durante este período de 90 dias os operadores da máquina ajudaram no follow up da implantação do Andon. Foram levantados diversos pontos de melhoria e falhas no funcionamento do Andon. O ponto mais crítico durante o teste piloto foi a instabilidade da rede de internet. No primeiro momento foi utilizado a rede WIFI que apresentou muita instabilidade devido a quantidade de equipamentos conectados. Por isso, foi necessário fazer a instalação de um cabo de rede para estabilidade da conexão de internet.

Após este período foram feitas diversas reuniões para conclusão do teste piloto no uso do Andon. Tivemos mais avaliações positivas do que negativas por parte dos operadores e líderes. Notou-se que este novo método de acompanhamento muda totalmente a cultura operacional do chão de fábrica, pois os dados dependem diretamente dos apontamentos feitos pelos operadores. Diante de todos os feedbacks da implantação do Andon de forma piloto partimos para a homologação e posterior instalação nas demais máquinas da empresa. Ao todo foram listadas 40 máquinas CNC que necessitam de instalação do kit Andon. Para esta instalação a direção estipulou um prazo de 90 dias para conclusão da instalação, contemplando a compra de monitores, cabos e Arduino.

4.2 DISCUSSÃO DO CASO

A contextualização apresentada nos tópicos anteriores, menciona a digitalização como uma mudança de conceitos e cultura no tipo de visualização dos dados, sejam eles produtivos, performance, entre outros. Em comparação com a aplicação feita nesse trabalho, foi nítido que

a cultura e o método de análise dos dados produtivos estavam fortemente instalados na empresa, dificultando a aplicação do conceito presente nesse trabalho. Atualmente estamos passando por diversos avanços tecnológicos em relação ao consumo de informações, ou seja, nós últimos 5 anos as informações são consumidas muito rapidamente pelos usuários de qualquer tipo de plataforma digital.

Dentro das indústrias não é diferente, pois do mesmo modo que os consumidores consomem as informações cada vez mais rápido, dentro das indústrias as informações, neste caso produtivas, devem ser identificadas o mais rápido possível, para assim identificar pontos fortes e fracos e assim tornar a empresa cada vez mais competitiva.

Atualmente o OEE é um dos principais dados produtivos que podem ser analisados em uma linha de produção ou máquina específica. Esse tipo de indicador é formado por três informações coletadas durante a produção, que são elas: Disponibilidade: Que são as horas em que a máquina trabalha em relação as horas disponíveis. Eficiência: que é basicamente o tempo de produção de uma peça em relação ao que foi programado, informado no sistema (ERP). Qualidade: É a relação entre as peças que foram produzidas e as que foram refugadas, feitas fora do especificado. A multiplicação dessas três informações resulta no OEE, e a performance deste indicador pode ser melhorada de forma individual e um dos três fatores que contemplam o indicador.

O grande ponto em questão deste indicador é a própria criação ou elaboração. A criação deste indicador implica na coleta dos dados de um certo equipamento, que pode ser feito de forma manual, que pode não ser tão correto, ou de forma automática, proposta nesse trabalho. Nos últimos anos empresas de médio e grande porte estão adotando a digitalização destes indicadores, pois por mais que demande de um investimento inicial expressivo, melhora a acuracidade dos dados e automatiza a criação dos indicadores, descartando a necessidade de mão de obra específica para isso.

4.3 IMPLICAÇÕES GERAIS

A utilização do MES dentro da indústria pode ser considerada como o fator chave para a melhoria da performance produtiva do chão de fábrica. De fato, o MES em si, não faz nada sozinho, como todo dado produtivo ele precisa de um acompanhamento diário ou tratamento dos dados para melhor visualização. Na aplicação deste trabalho de conclusão de curso o MES foi utilizado desde o princípio como base para a digitalização dos indicadores de produtividade. Muitas empresas utilizam o sistema, mas ainda não sabem lidar com a informação, ou seja,

possuem uma grande base de dados coletada, mas falham na compilação dos dados, com isso, prejudicando a tomada de decisão.

De qualquer forma a utilização do MES é de extrema importância quando falamos de empresa com sistema enxuto de produção, pois com ele é possível identificar os pontos fracos e fortes da produção até o produto final. A utilização do sistema em conjunto com a digitalização de indicadores, pode elevar a análise dos dados a outro patamar dentro da indústria, e tornar a empresa super competitiva no seu ramo de atuação. Com a constante evolução da tecnologia e a velocidade de divulgação de informações, quando mais rápido e prático as informações forem disponibilizadas, mais rápida a tomada de ação será feita, em um sistema convencional poucas pessoas tem acesso as informações coletadas, já em um sistema com digitalização de dados em indicadores de produtividade em tempo real, temos infinitamente mais pessoas vendo a situação atual da máquina ou conjunto de equipamentos.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado a aplicação do conceito de digitalização de indicadores de produtividade, com o intuito de agilizar a melhorar a interpretação dos dados produtivos, aplicando conceitos estudados de digitalização estudados na literatura.

Contemplando os objetivos e etapas de aplicação para digitalização de indicadores, foi concluído que a análise dos dados produtivos através de meios digitais é infinitamente mais ágil, contemplando o método automático de atualização apresentado neste trabalho. Melhoria em relação aos métodos convencionais manuais, que na aplicação real demonstrou uma grande facilidade na interpretação dos dados em tempo real gerados pelo sistema. A interação e aplicação deste sistema foi acompanhada pelo líder de setor e operadores, que em um primeiro momento demonstraram resistência no princípio do projeto.

No decorrer da análise dos dados, identificou-se uma grande dependência do operador do equipamento para o aprontamento de informações no coletor de dados como: paradas, tempo de peça e outras informações relevantes. Dependência esta que pode influenciar diretamente na acuracidade dos dados, caso algo não seja apontado corretamente no coletor de dados. Também há uma grande dependência da infraestrutura de rede (Ethernet) para o bom funcionamento do sistema. Notou-se, no sistema já instalado, grandes quedas de conexão ou lentidão do sistema, geradas pela forma de instalação de antenas WIFI da rede.

Na próxima etapa e melhorias do projeto, a digitalização dos indicadores será replicada para o restante de máquinas da empresa e propor uma reestruturação de rede (Ethernet) dos coletores de dados, isso para melhorar a acuracidade das informações que contemplam os indicadores de produtividade digitais.

REFERÊNCIAS

BUSSO, Christianne Matias; MIYAKE, Dario Ikuo. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. **Production**, v. 23, p. 205-225, 2013.

DA SILVA, J. P. A. R. OEE—A forma de medir a eficácia dos equipamentos. **Sites J. 20Th Century Contemp. French Stud.**, p. 1-15, 2013.

DAVID L. ROGERS, AFONSO CELSO DA CUNHA... Transformação Digital: Repensando o seu negócio para a era digital. 2016.

DORNELLES, José Vinícius; SELLITTO, Miguel Afonso. Eficácia global de equipamentos (OEE) para diagnóstico e melhoria de produtividade na indústria de fundição. **REVISTA GEINTEC-GESTAO INOVACAO E TECNOLOGIAS**, v. 5, n. 3, p. 2366-2379, 2015.

<https://www.ptc.com/en/blogs/corporate/digital-transformation-strategy>

(<https://proximonivel.embratel.com.br/conheca-as-7-etapas-para-uma-transformacao-digital-de-sucesso-na-industria/>)

NAMBISAN, Satish; WRIGHT, Mike; FELDMAN, Maryann. The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes. **Research Policy**, v. 48, n. 8, p. 103773, 2019.

PINÇON, A. et al. A Transformação Digital das Empresas no Brasil. **MBA em Tecnologia da Informação-Executivo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro**, 2017

REGATTIERI, C. R. CÁLCULO DO ÍNDICE DE OEE - Overall Equipment Effectiveness EM UM CENTRO DE CUSTO DE UMA INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS. **Revista Interface Tecnológica, [S. l.]**, v. 14, n. 1, p. 197–210, 2017.

Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/149>. Acesso em: 11 set. 2022.

RODRIGUES, Luciene Cavalcanti; DE QUEIROGA, Ana Paula Garrido; MILHOSSI, José Fernando. Indústria 4.0 e a transformação digital Industry 4.0 and digital transformation. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 14093-14101, 2022.

SCHUMACHER, Andreas; SIHN, Wilfried; EROL, Selim. Automation, digitization and digitalization and their implications for manufacturing processes. In: **Innovation and Sustainability Conference Bukarest**. 2016. p. 1-5.

STAIR, R. M. Princípios de sistemas de informação: Uma abordagem gerencial. Tradução Vieira, M. L. L e Alencar, D.C. Principles of information system, Rio de Janeiro: LTC, 1998.