

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA

LEMUEL GOULART DA COSTA
THAYNE PACHECO VALÉRIO

MELHORIA DE PROCESSOS: UM ESTUDO APLICADO EM UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE SISTEMAS DE ARMAZENAGEM

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2020

**LEMUEL GOULART DA COSTA
THAYNE PACHECO VALÉRIO**

**MELHORIA DE PROCESSOS: UM ESTUDO APLICADO EM UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE SISTEMAS DE ARMAZENAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Eliane Fernandes Pietrovski

PONTA GROSSA

2020



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Ponta Grossa
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Mecânica
Bacharelado em Engenharia Mecânica



TERMO DE APROVAÇÃO

MELHORIA DE PROCESSOS: UM ESTUDO APLICADO EM UMA LINHA DE
PRODUÇÃO DE SISTEMAS DE ARMAZENAGEM

por

LEMUEL GOULART DA COSTA E THAYNE PACHECO VALÉRIO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 7 de dezembro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Eliane Fernandes Pietrovski
Orientadora

Prof. Dr. Gilberto Zammar
Membro Titular

Profa. Ma. Ana Maria Bueno
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares

Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de
Carvalho

Coordenador do Curso

RESUMO

COSTA, Lemuel Goulart; VALÉRIO, Thayne. **Melhoria de processos:** Um Estudo Aplicado em uma Linha de Produção de Sistemas de Armazenagem. 2020. 58f. (Número total de folhas). Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Mecânica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2020.

O presente trabalho de conclusão de curso de graduação aborda o sistema de produção de uma empresa de armazenagem. O estudo busca otimizar a fabricação a partir de uma análise de fluxo e cronoanálise, para posteriormente propor soluções aos problemas e otimização da linha produtiva do sistema de armazenagem, os porta paletes. A metodologia adotada foi uma pesquisa quantitativa, com a coleta de dados por meio do indicador de Eficiência Global do Equipamento (OEE) avaliada diretamente na produção dos porta paletes e com dados qualitativos, com as observações participativas durante o processo de projeto de melhorias a serem implantadas. Como resultados demonstrou-se que a coleta de dados diretamente do processo produtivo, permite a identificação dos pontos mais críticos, para que se obtenha melhorias significativas, para que haja redução de retrabalhos e índices de refugo dos porta paletes do sistema de armazenagem.

Palavras-chave: Cronoanálise. Projeto de melhoria. Sistema de Armazenagem.

ABSTRACT

COSTA, Lemuel Goulart; VALÉRIO, Thayne. Process improvement: Applied study in a Storage Systems Production Line. 2020. 58p. (Number of pages). Work of Conclusion Course for Mechanical Engineering Major – Federal University of Technology of Paraná. Ponta Grossa, 2020.

The presenting work of conclusion course approaches the production system of a storage systems company. This study intends to optimize the manufacturing process through the production flow analysis and a chrono-analysis, followed by a solution proposal to the pallet rack's manufacturing line. The methodology applied is a quantitative research, gathering data to evaluate the Overall Equipment Efficiency (OEE) directly on the pallet rack's production line, but also a qualitative research with an observation from the production line and improvement projects for manufacturing control to be implemented. As results, it was demonstrated that the data gathering directly from the production line allows the identification of the most critical issues to obtain significant improvements ideas to rework reduction and lower scrap rates at the paletes rack's manufacturing line.

Key words: Chrono-analysis. Improvement project. Storage system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Porta Paletes	13
Figura 2- Garra para fixação da longarina na coluna de um sistema de armazenagem	16
Figura 3 – Perfis da coluna tipo “U” e “rack”.....	17
Figura 4 – Fases da Pesquisa.....	25
Figura 5 - Carregamento estrutura Porta Paletes.....	29
Figura 6 - Sistema de armazenagem <i>Drive In</i>	30
Figura 7 - Sistema de armazenagem <i>Push Back</i>	31
Figura 8 – Sistema de armazenagem Dinâmico.....	32
Figura 9 – Perfil CDR80	33
Figura 10 – Perfil CDR90	33
Figura 11 – Perfil CDR100	34
Figura 12 - Perfil travessa	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados metodológicos da pesquisa.....	24
Quadro 2 - Relação de atributos com estruturas de armazenagem	28
Quadro 3 - Relação perfil de coluna produzido com perfiladeira.....	34
Quadro 4 – Relação de perfil de travessa produzido com perfiladeira	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Principais Motivos de Paradas em dez/2019	37
Gráfico 2 - Principais Motivos de Paradas em jan./2020	38
Gráfico 3 - Principais Motivos de Paradas em fev./2020	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo de operação total para o mês de fevereiro.....	41
Tabela 2 - Tempos de paradas não programadas para a PR 350	42
Tabela 3 - Tempos de paradas não programadas para a PR 400	42
Tabela 4 - Tempos de paradas não programadas para a PR 600	42
Tabela 5 - Tempos de paradas não programadas para a PR 200	43
Tabela 6 - Tempos de paradas não programadas para a PR 068	43
Tabela 7 - Tempos de paradas não programadas para a Zikeli.....	43
Tabela 8 - Tempos de paradas não programadas para a GME	43
Tabela 9 - Disponibilidade para o mês de fevereiro	44
Tabela 10 - Quantidade de peças defeituosas por máquina	45
Tabela 11 - Quantidade total produzida por máquina	46
Tabela 12 – Fator de qualidade.....	47
Tabela 13 – OEE por máquina	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 OBJETIVO GERAL:.....	14
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 ESTRUTURAS DE ARMAZENAGEM.....	15
2.2 SISTEMAS ESTÁTICOS.....	15
2.3 SISTEMAS DINÂMICOS.....	16
2.4 LONGARINAS	16
2.5 COLUNAS.....	17
2.6 TRAVESSAS E DIAGONAIS	17
2.7 PERFIL FORMADO A FRIO	17
2.8 CRONOANÁLISE	18
2.9 DESPERDÍCIO	19
2.10 PRODUTIVIDADE	20
2.11 EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO (OEE).....	21
2.11.1 Disponibilidade.....	22
2.11.2 Desempenho.....	23
2.11.3 Qualidade.....	23
3 METODOLOGIA	24
4 RESULTADOS	27
4.1 PRINCIPAIS PRODUTOS DA EMPRESA.....	27
4.1.1 Porta Paletes	28
4.1.2 Drive in.....	29
4.1.3 Push Back.....	30
4.1.4 Dinâmico.....	32
4.1.5 Perfis.....	33
4.2 DISPONIBILIDADE	35
4.2.1 Coleta De Dados.....	35
4.2.2 Planilhamento e Análise Dos Dados.....	36
4.2.3 Cálculo Do Índice:.....	41
4.2.3.1 Tempo De Operação Real	41
4.3 DESEMPENHO	44
4.4 QUALIDADE	45
4.4.1 Quantidade de Peças Defeituosas.....	45
4.4.2 Quantidade Total Produzida	46
4.4.3 Cálculo do Fator de Qualidade	46
4.5 CÁLCULO DO OEE	47

5 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

A diferença das empresas que já se adequaram a Indústria 4.0 para as que ainda estão estagnadas é exorbitante, obrigando a todos a se adaptarem para se manterem no mercado, o que resulta em uma grande busca pelas empresas por conhecimento e tecnologia, afim de se equipararem as outras por oferecer algo tão completo. O percurso para atingir o objetivo é sinuoso. Muitas empresas se perdem no caminho por tentarem obter tudo de uma vez.

O impacto da Indústria 4.0 vai para além da simples digitalização, passando por uma forma muito mais complexa de inovação baseada na combinação de múltiplas tecnologias, que forçará as empresas a repensar a forma como gerem os seus negócios e processos, como se posicionam na cadeia de valor, como pensam no desenvolvimento de novos produtos e os introduzem no mercado, ajustando as ações de *marketing* e de distribuição (COELHO, 2016).

A indústria brasileira ainda está migrando da indústria 2.0 para a 3.0, alguns setores mais desenvolvidos no Brasil possuem iniciativas para receber e implementar a Indústria 4.0 (FIRJAN, 2016). Um dos desafios será concentrar energia em fatores primordiais para o desenvolvimento deste novo patamar, pois será necessário a implementação de políticas estratégicas inovadoras, incentivos públicos e privados, disponibilização de novas tecnologias e principalmente o desenvolvimento de profissionais qualificados para atuar nesse novo sistema.

De acordo com Hermann, Pentek e Otto (2016) são necessários para a formação da Indústria 4.0 quatro elementos chave:

- *Cyber Physical Systems* – (CPS) – compreendem máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações de produção que são capazes de desencadear e controlar ações e trocar informações de forma autônoma.
- *Internet of Things* – (IoT) – compreende a forma como os objetos físicos se conectam e se comunicam entre si e com os usuários.
- *Internet of Services* – (IoS) - consiste em participantes em uma infraestrutura de serviços, em modelos de negócios e os próprios serviços. Os serviços são oferecidos e combinados em serviços de valor agregado por vários

fornecedores; eles são comunicados aos usuários, desta forma, os consumidores são acessados por eles por meio de vários canais.

- *Smart Factories* – consiste em um sistema flexível que pode otimizar o desempenho em uma rede mais ampla, se adaptar e aprender com as novas condições em tempo real ou quase real e executar autonomamente todos os processos de produção. É definida como uma fábrica que auxilia pessoas e máquinas na execução de suas tarefas.

Além disso, para Hermann, Pentek e Otto (2016) existem seis requisitos para a eficácia da indústria 4.0:

- Interoperabilidade, permite a comunicação de todos CPS do ambiente através das redes;
- Virtualização, faz com que as informações obtidas através dos CPS dos equipamentos sejam passadas virtualmente possibilitando a análise da produção;
- Descentralização dos controles dos processos produtivos, pois a Internet das Coisas faz com que as decisões sejam tomadas com base nos dados retirados pelos CPS;
- Adaptação da produção em tempo real, pois com a existência de análise de dados constantes é necessário realizar a correção logo após identificar a falha.

Para que ocorram efetivamente as melhorias de processos em uma linha de produção de sistemas de armazenagem é importante que existam processos sistemáticos de gestão. Assim, surge o problema de pesquisa: **Quais ações são relevantes para a melhoria de processos em uma linha de produção de sistemas de armazenagem?**

1.1 JUSTIFICATIVA

A empresa objeto de estudo deste trabalho é uma metalúrgica que desenvolve, projeta, produz, integra e implementa soluções em movimentação e armazenagem, otimizando espaço e garantindo a performance, de acordo com os requisitos de cada cliente.

Desta forma, justifica-se esta pesquisa, pois a empresa busca adequar-se às novas exigências do mercado, com um processo gradual de implementação de equipamentos, sistemas e *softwares* para melhoria da produtividade e para o controle do processo produtivo, buscando adequar-se também, em passos graduais, aos requisitos da Indústria 4.0.

Foram utilizados os dados coletados atualmente na empresa para analisar um conjunto de máquinas da fábrica, e ainda foi possível verificar a possibilidade de um cálculo do índice OEE (*Overall Equipment Efficiency*), pois é uma ferramenta simples de ser utilizada e é a melhor métrica para identificar perdas, avaliar o processo e melhorar a produtividade do processo de fabricação, que são as ideias centrais deste trabalho.

As máquinas foram escolhidas levando-se em consideração a produção dos porta paletes, pois é um produto padrão da empresa sendo fácil de mapear seu processo. Ainda engloba o maior número de máquinas da fábrica e corresponde à maior parcela do faturamento da empresa.

Os porta paletes (FIGURA 1) são estruturas que promovem um bom aproveitamento de espaços e organização de estoques, por meio de estruturas facilmente adaptáveis.



Fonte: Modelado no *software* NX.

Com a verticalização da armazenagem dos produtos, a estrutura torna a movimentação e o acesso aos paletes muito mais fáceis e ágeis, sendo possível adaptar-se em pequenos, médios e grandes estoques. Permitem que a organização e movimentação sejam feitas por operações manuais de modo seguro e adequado a cada espaço.

Com isso espera-se que a empresa consiga avançar no processo de adaptação às tendências da Indústria 4.0, mantendo seus processos mais controlados e mais suscetíveis à melhoria contínua.

1.2 OBJETIVOS

De acordo com o problema de pesquisa foram estabelecidos os seguintes objetivos:

1.2.1 OBJETIVO GERAL:

Propor ações para a melhoria de processos em uma linha de produção de sistemas de armazenagem.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar os processos mais críticos envolvidos na fabricação de um dos produtos mais requisitados, o porta paletes;
- Coletar os dados referentes ao tempo de funcionamento dos equipamentos envolvidos na fabricação do porta paletes;
- Verificar como esses dados podem possibilitar a aplicação de melhorias;
- Acompanhar as dificuldades na coleta de dados, guardar lições aprendidas e comparar o novo processo com o antigo;
- Demonstrar que a coleta de dados diretamente do processo produtivo, permite a identificação dos pontos mais críticos, na obtenção de melhorias significativas, na redução de retrabalhos e nos índices de refugo do processo de fabricação dos porta paletes em questão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo inicia com a abordagem sobre sistema de armazenagem para otimizar as operações com a finalidade redução de custos e os erros associados no processo de armazenamento. Em seguida, apresenta as abordagens sobre cronoanálise, desperdício, produtividade e eficiência global do equipamento (OEE) para compor a base teórica do presente trabalho.

2.1 ESTRUTURAS DE ARMAZENAGEM

Os sistemas de armazenagem industrial surgiram em 1930, eram compostos por cantoneiras de aço de perfis formados a frio e apresentavam perfurações ao longo do comprimento. Os projetistas da época utilizavam ligações parafusadas nesses sistemas por ter um número variado de configurações possíveis (GODLEY, 1991).

As cantoneiras usadas no sistema possuíam baixa resistência à torção e, para garantir a estabilidade do conjunto, eram necessários muitos contraventamentos. Por esse motivo e pelo alto custo dos acessórios de fixação atrelados à dificuldade na execução das ligações, foram desenvolvidas “garras dentadas” nas extremidades das vigas e os furos nas colunas foram restringidos. Com isso facilitou-se a montagem (MIRANDA, 2011).

Segundo Yu, Laboube e Chen (2010) pequenas construções podem ser feitas inteiramente com perfis formados a frio, e construções relativamente maiores podem ser feitas com chapas de aço soldado com seções formadas a frio sendo usadas para construção de telhados, paredes, terças e treliças.

2.2 SISTEMAS ESTÁTICOS

Nos sistemas estáticos, as empilhadeiras são responsáveis pela movimentação individual dos paletes na estrutura, ou seja, no carregamento e no descarregamento. Os produtos estocados não se locomovem de forma automatizada

e são indicados para racks cuja rotatividade é pequena. Exemplos de estruturas estáticas são: *porta paletes*, *drive in*, *cantilever* (RIBEIRO, 2006).

2.3 SISTEMAS DINÂMICOS

Os sistemas dinâmicos são indicados para locais onde é necessária a alta rotatividade dos produtos estocados. Esse tipo de sistema de armazenagem apresenta grande acessibilidade aos produtos pois existem roletes que fazem a movimentação dos paletes, por gravidade, sendo necessário apenas dois corredores de acesso para as empilhadeiras: o primeiro para carga e o segundo para descarga do palete. Exemplos: *push-back* e dinâmico (RIBEIRO, 2006).

2.4 LONGARINAS

As longarinas, segundo Oliveira (2000), têm como principal função suportar a carga dos paletes e transmiti-las às colunas através das travessas e diagonais (FIGURA 2). As longarinas possuem diversos tipos de seção, podendo ser aberto ou fechado, as seções abertas são mais baratas, já que a fabricação é mais fácil em relação aos perfis fechados. O modo de operação de um porta paletes geralmente é realizado com o armazenamento de dois paletes por par de longarina, podendo chegar até 3 paletes por plano (MIRANDA, 2011).

Figura 2- Garra para fixação da longarina na coluna de um sistema de armazenagem

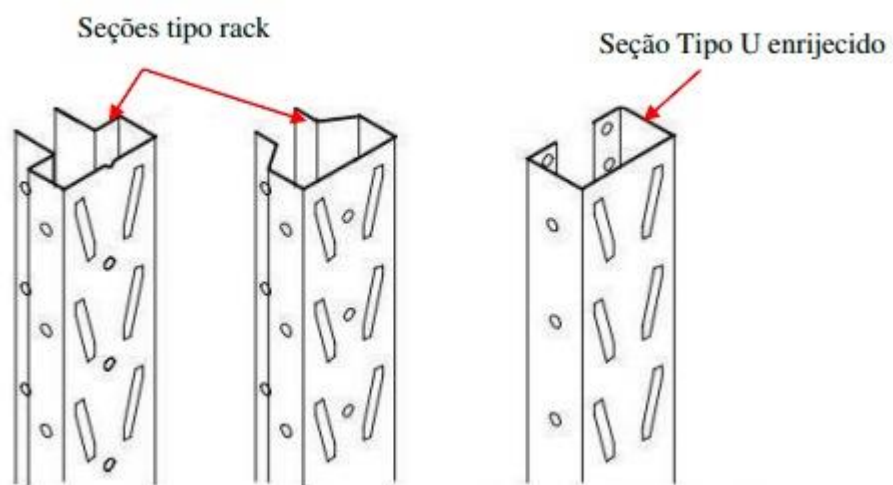


Fonte: Miranda (2011).

2.5 COLUNAS

O perfil da coluna varia conforme fabricante (FIGURA 3), cada qual apresenta um padrão de furos ao longo da coluna para facilitar o encaixe com as garras das longarinas, travessas, diagonais e o encaixe do pino de segurança. Os sistemas mais utilizados são com colunas abertas do tipo U ou rack (MIRANDA, 2011).

Figura 3 – Perfis da coluna tipo “U” e “rack”



Fonte: Miranda, 2011, *apud* Campos, 2003.

2.6 TRAVESSAS E DIAGONAIS

As travessas e diagonais garantem a estabilidade e segurança dos sistemas, utilizando cantoneiras do tipo “U” enrijecidas. Nos sistemas tipo porta paletes, são fixados nas faces laterais, nas colunas (MIRANDA, 2011).

2.7 PERFIL FORMADO A FRIO

Conforme Silva e Silva (2008), são dois os processos de fabricação de perfis formados a frio: contínuo e descontínuo. O processo descontínuo, adequado a

pequenas quantidades de perfis, é realizado mediante o emprego de uma prensa dobradeira. A matriz da dobradeira é prensada contra a chapa de aço, obrigando-a a formar uma dobra. Várias operações similares a essa, sobre a mesma chapa, fornecem a seção do perfil a geometria exigida no projeto. O comprimento do perfil está limitado a largura da prensa.

Conforme Chodraui (2006) o processo contínuo, adequado à fabricação em série, é realizado a partir do deslocamento longitudinal de uma chapa de aço, sobre os rolos de uma linha de perfilação. Os rolos vão dobrando gradativamente a chapa até a forma definitiva do perfil. Quando o perfil deixava a linha de perfilação, ele é cortado no comprimento indicado no projeto.

As propriedades mecânicas de perfis formados a frio são muito diferentes daquelas do material do processo de fabricação. Isso porque, as operações a frio, aumentam substancialmente a resistência do material elevando a resistência ao escoamento e à ruptura, sendo à ruptura mais do que ao escoamento. Segundo Chodraui (2006), pode-se observar um aumento da resistência na região da dobra de 28% na tensão de escoamento e 70% na tensão última para um perfil U.

Para Bui e Ponthot (2008), a perfilação é descrita como um processo de conformação a frio por rolos, e trata-se de um processo industrial para a fabricação de produtos oriundos de tiras metálicas longas e com seção constante, as quais são transformadas em determinados perfis, sem mudança considerável na sua espessura. Este tipo de processo de alta velocidade de produção é bem adequado para a fabricação de perfis longos e com tolerâncias restritas.

E ainda de acordo com Yu, Laboube e Chen (2010) a utilização de um material conformado a frio muito fino resulta em sérios problemas de desing para construções de aço conformado a frio diferente dos de aço laminado a quente.

2.8 CRONOANÁLISE

De acordo com Rudener (2013) a cronoanálise é uma ciência que trata dos estudos voltados à melhoria dos processos produtivos, os quais foram desenvolvidos inicialmente nos trabalhos da administração científica de Frederick Taylor, focada no estudo de tempos e movimentos, com a divisão das operações em fases definidas e com base no ritmo de trabalho do operador e com a criação de tabelas padronizadas

como o nome de cada movimento para racionalizar a execução de uma operação escolhendo os movimentos mais simples, de menor fadiga e com maior valor agregado. Além disso, de acordo com Michelino (1964, p. 56):

A cronometragem não passa de simples registro dos tempos efetivamente gastos pelo operador durante a observação. Trata-se de olhar atentamente o cronômetro e o operador, ler o tempo indicado pelo ponteiro no fim de cada elemento e anotá-lo na folha.

Muitos fatores podem interferir na etapa de medição, gerando um tempo ocioso, esse tempo deve ser desconsiderado para evitar irregularidades nos dados coletados.

Portanto, a cronoanálise tem como objetivo a redução de custos na produção que podem estar correlacionados com o tempo, além disso interliga e torna os processos mais rápidos e ainda estabelece múltiplos indicadores na linha de produção que possibilitam um maior controle, tornando o processo mais previsível, evitando problemas que possam estar fora do alcance dos supervisores. Para Toledo Júnior e Kuratomi (1977, p. 19): “Cronometria é o cálculo, realizado para chegar ao tempo padrão. Cronoanálise é a tabulação, que é a arte de utilização do tempo padrão, visando à melhoria no método de trabalho”.

2.9 DESPERDÍCIO

A eficiência produtiva está diretamente relacionada com os desperdícios do processo, Ohno (1997), declara que desperdício é tudo aquilo que não agrega valor ao produto no ponto de vista do cliente, ou seja, assimila custos ao produto sem agregar valores finais benéficos.

Segundo Antunes (2008) as perdas não agregam nenhum valor ao produto pois são compostas por atividades que geram custos. Em geral são refugos, retrabalhos, podem ser transportes e movimentações desnecessárias, colocar equipamentos em espera aguardando matérias-primas, tempos longos de *setup*, ou até mesmo o tempo de ociosidade de trabalhadores esperando por uma tarefa, entre outros. Quando se trata de perdas vincula-se imediatamente à redução sistemática de

custos dos processos de produção, ou melhor, segundo o autor, os custos são uma consequência das perdas sofridas no sistema produtivo como um todo.

Da mesma forma, Shingo (1996, p.78) afirma que:

Existem dois tipos de tarefas executadas em uma fábrica: aquelas que aumentam o valor de um produto e aquelas que simplesmente aumentam o custo de produzi-lo. Em outras palavras, existem tarefas que agregam valor e existem tarefas que simplesmente aumentam o custo.

Para Ohno (1997, p. 39) a eliminação completa pode aumentar a eficiência de operação em grande margem, o que permitiu a este autor, identificar e classificar os sete principais desperdícios encontrados na produção, sendo esses:

- Desperdício de superprodução;
- Desperdício de espera;
- Desperdício em transporte;
- Desperdício do processamento em si;
- Desperdício de estoque;
- Desperdício de movimento;
- Desperdício de fabricação de produtos defeituosos.

Entre os desperdícios citados por Ohno (1997), as perdas que mais se relacionam com os equipamentos são evidenciadas no desperdício de espera, no desperdício do processamento em si e no desperdício com a fabricação de produtos defeituosos. Sendo assim pode ser utilizado o índice OEE para melhorar os equipamentos e assim identificar e evitar perdas na produção, que se relaciona com índices de disponibilidade de equipamentos, de performance e de qualidade.

2.10 PRODUTIVIDADE

Produtividade é o que toda indústria busca atingir em seus processos, gastando-se menos e para produzir mais se atinge alta produtividade. Segundo a organização *Japan Productivity Center for Social - Economics Development* (JPC):

Produtividade é minimizar cientificamente o uso de recursos materiais, mão-de-obra, máquinas, equipamentos etc., para reduzir custos de produção, expandir mercados, aumentar o número de empregados, lutar por aumentos reais de salários e pela melhoria do padrão de vida, no interesse comum do capital, do trabalho e dos consumidores (JPC, 2019).

Esse conceito vem sendo amplamente estudado principalmente no setor industrial, o livre-mercado faz com que a competição por espaço seja cada vez mais acirrada. Normalmente o aumento de produtividade requer investimentos, tanto de capital quanto de tempo para treinamentos e estudos. Em uma situação de crise isso se torna mais difícil, mas De Negri (2014, p. 28) afirma que:

Independentemente de o crescimento dos investimentos ter sido interrompido em virtude da crise ou de limitações do próprio modelo de crescimento puxado pela demanda, o fato é que se tornou cada vez mais premente a necessidade de ampliação sustentada da oferta de bens e serviços na economia. Nesse sentido, dadas as dificuldades de ampliar a taxa de investimento e dadas as limitações ao aumento das taxas de ocupação e participação no longo prazo, o aumento da produtividade tornou-se fator ainda mais crítico na sustentação do crescimento econômico brasileiro.

Ao negar investimentos para aumento de produtividade, a empresa irá se afundar ainda mais em momentos de crise. É necessário buscar produzir mais com menos recursos. Para Rodrigues (2008), a produtividade é a eficiência em transformar entradas em saídas de um processo produtivo. Como as saídas de um processo produtivo são os produtos que uma empresa irá vender, pode-se afirmar que o aumento da produtividade impacta diretamente na satisfação do cliente.

Ainda de acordo com Rodrigues (2008), como a quantidade de recursos utilizados no processo envolve desperdícios dele, quanto menor os desperdícios, menos recursos e mais eficiente ou produtivo será o processo.

2.11 EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO (OEE)

Eficiência Global do Equipamento (OEE), vem do inglês, *Overall Equipment Efficiency* é uma ferramenta criada por Seiichi Nakajima, para definir a eficiência de um equipamento e com isso iniciar um projeto de melhoria. Vem sendo amplamente

utilizada por companhias de produção em série com resultados bastante significativos. (HEDMAN; SUBRAMANIYAN; ALMSTRÖM, 2016).

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (1)$$

O índice 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 (BUSSO e MIYAKE, 2013). Para o cálculo do OEE é necessário obter valores, em porcentagem, para disponibilidade, desempenho e qualidade.

Para Shirose (1994), os ambientes fabris que adotam a ferramenta OEE para apontamento de sua eficiência, normalmente se encontram com valores na faixa de 30% a 60% de eficiência, o que não estaria no ideal pois de acordo com Nakajima (1989) o resultado de OEE que aponte 85% deve ser considerado ótimo. Porém, os resultados devem ter informações confiáveis no apontamento do grupo de índices, ressaltando que as empresas em geral têm grande dificuldade em apontar corretamente as ocorrências.

2.11.1 Disponibilidade

Para Rossi (2016), a disponibilidade é a razão entre o tempo de operação real e o tempo de operação planejado, de acordo com a fórmula:

O Fator de Disponibilidade é o tempo efetivo que a máquina está em operação produtiva e faz análise de possíveis problemas de perdas na máquina devido a quebras, ajustes, manutenções corretivas e preventivas, capacidades reduzidas, reinícios de processos e qualquer outro tipo de parada planejada ou não planejada. (COSTA; LIMA; COSTA, 2006).

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de operação real}}{\text{Tempo de operação planejado}} \quad (2)$$

Onde, os tempos de operação são informados em segundos e a disponibilidade é obtida em porcentagem.

2.11.2 Desempenho

Rossi (2016) apresenta a equação: o fator de desempenho é igual ao tempo de produção total, multiplicado pelo tempo de ciclo teórico e dividido pelo tempo de operação real da máquina. Onde, o tempo de ciclo teórico é igual ao especificado para o funcionamento da máquina.

$$Fator\ de\ Desempenho = \frac{Produção\ total * Tempo\ de\ ciclo\ teórico}{Tempo\ de\ operação\ real\ da\ máquina} \quad (3)$$

Onde, os tempos são informados em segundos, a produção total em unidades e o fator de desempenho em porcentagem. Isso reflete um parâmetro de controle para avaliar o quanto a mais poderia ser produzido, caso o processo fosse mais eficiente.

2.11.3 Qualidade

O fator de qualidade está relacionado com a quantidade de produtos defeituosos que uma máquina produz. De acordo com Rossi (2016), o fator pode ser obtido conforme a fórmula:

$$Fator\ de\ Qualidade = \frac{Produção\ total - Produtos\ defeituosos}{Total\ de\ produtos} \quad (4)$$

Onde os valores são dados em unidades.

Rossi (2016) complementa que: A produção total é tudo o que foi produzido no ciclo de produção, incluindo os produtos bons e defeituosos. O material defeituoso é classificado como produto abaixo dos padrões de qualidade. É um fator simples de ser determinado, que indica o índice de produtos fora dos padrões de um processo, fundamental para melhoria contínua.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho utilizou inicialmente a técnica de uma pesquisa bibliográfica, baseada em documentos como revistas científicas, livros, monografias, teses e outros materiais publicados e de domínio público.

O quadro 1 apresenta uma síntese com os dados metodológicos da pesquisa.

Quadro 1 – Dados metodológicos da pesquisa

Dados Metodológicos	Classificação da Pesquisa
1.Abordagem	Qualitativa e Quantitativa
2.Natureza	Aplicada
3.Objetivo	Exploratória
4.Estratégia de investigação	Estudo de Caso
5.Coleta de dados	Documentos, bibliografia, observação participante.
6.Ambiente	Campo

Fonte: Autoria própria

Quanto à abordagem a pesquisa é qualitativa e quantitativa, pois segundo Stake (2005) as técnicas quantitativas e qualitativas podem ser combinadas para compreender melhor o caso, mesmo que ele revele padrões conhecidos ou somente apresente exemplos de relações teóricas. A pesquisa é qualitativa por buscar uma explicação sobre o porquê dos problemas que estão ocorrendo, como os desperdícios envolvidos no processo e possíveis ações para solucionar esses problemas (ESTEBAN, 2010). Por sua vez, é quantitativa pois produz resultados mensuráveis, que são apresentados em números, servindo para análises e conclusões sobre os resultados alcançados (GERHART; SILVEIRA, 2009).

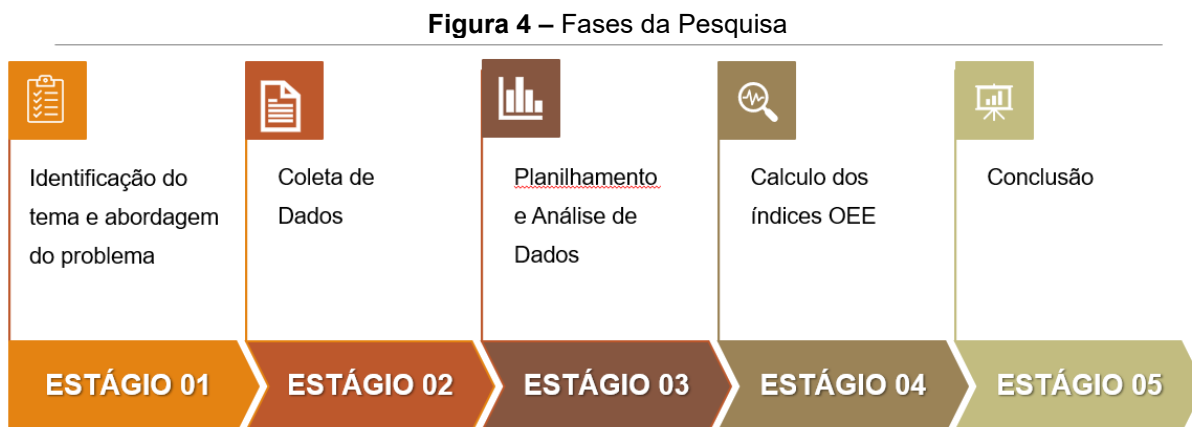
Neste trabalho, de natureza aplicada, objetiva-se a produção de conhecimentos para aplicação prática com a finalidade de resolver problemas particulares na empresa em questão. A pesquisa aplicada possui fins práticos almejando resultados e soluções mais eficientes (GIL, 2017).

Quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória, pois segundo Gil (2017), visa obter maior familiaridade com o problema e, assim, proporcionar o aprimoramento de

ideias ou incentivar a geração de novas ideias com o objetivo de resolver o problema em questão e torná-lo mais explícito.

Para essa pesquisa foi adotada como estratégia de investigação o Estudo de Caso. Esse método pode ser caracterizado como uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo, com muitas evidências a serem analisadas (YIN, 2010).

A Figura 4 apresenta as fases da presente pesquisa:



Fonte: Autoria própria

Os dados para a conclusão da pesquisa foram obtidos de fontes primárias e secundárias, sendo que a coleta de dados primários foi feita por meio de observação participante e os dados secundários foram obtidos por meio da análise de documentos. Na observação participante foram realizadas as anotações e relatos para servirem de registro das visitas, de reuniões e observações de atividades nos setores envolvidos com os processos de estudo. A observação participante visa contribuir para a credibilidade da pesquisa:

[...] o pesquisador toma notas de campo sobre comportamento e atividades das pessoas no local da pesquisa. [...] Nessas notas de campo, o pesquisador registra, de uma maneira [...] semiestruturada (usando algumas questões anteriores que o pesquisador deseja conhecer), as atividades no local da pesquisa. O pesquisador qualitativo também pode se envolver [...] integralmente participante (CRESWELL, 2009,p.190).

A coleta de dados qualitativos foi realizada durante o mês de dezembro de 2019 com os operadores, analistas e supervisores envolvidos na produção do porta paletes da empresa. Segundo Toledo Júnior e Kuratomi (1977) o cronometrista é

responsável pelo cálculo que é o ato mecânico de se chegar ao tempo padrão e o cronoanalista utiliza o tempo padrão com o objetivo de atingir a melhoria do método, a racionalização, produtividade, menor custo, o melhor aproveitamento de áreas, equipamentos, instalações e mão de obra.

A coleta de dados quantitativos foi feita através do indicador OEE para avaliar a eficiência dos equipamentos envolvidos diretamente na produção dos porta paletes. O OEE foi verificado pelos índices de disponibilidade, performance e qualidade, conforme se especifica nas equações 1; 2; 3 e 4.

$$OEE = Disponibilidade * Desempenho * Qualidade \quad (1)$$

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de operação real}}{\text{Tempo de operação planejado}} \quad (2)$$

$$\text{Fator de Desempenho} = \frac{\text{Produção total} * \text{Tempo de ciclo teórico}}{\text{Tempo de operação real da máquina}} \quad (3)$$

$$\text{Fator de Qualidade} = \frac{\text{Total de produtos} - \text{Produtos defeituosos}}{\text{Total de produtos}} \quad (4)$$

Nessa fase de coleta de dados quantitativos participaram os responsáveis pelos dados do sistema de gerenciamento MÊS (*Manufacturing Execution System*), que fazem a interface entre a linha de produção e o departamento de planejamento e controle da produção.

Os dados quantitativos foram coletados e analisados junto aos processos produtivos, os porta paletes. O ambiente da pesquisa foi o campo fabril, onde foram utilizados os dados referentes aos tempos de processo.

4 RESULTADOS

Nesse capítulo estão apresentados primeiramente os principais produtos da empresa e depois estão apresentados os cálculos e análises dos resultados de cada índice do OEE, sendo esses: disponibilidade; desempenho e qualidade. Cada item será subdividido nos seguintes tópicos: Coleta dos dados; Planilhamento e análise dos dados; Cálculo do índice.

Para o início da pesquisa foram feitas visitas à empresa para conhecer todo o processo de armazenagem. Foram coletadas informações a respeito das estruturas produzidas e analisadas. Após a determinação do objeto de estudo, o porta paletes, foi realizada uma reunião com o responsável pelo planejamento e controle da produção da empresa para entender como se dá cada etapa do processo que foi estudado.

Todos os procedimentos, informações, depoimentos do responsável e demais envolvidos no processo, leituras de manuais e outros, foram coletados e registrados como dados primários qualitativos em um diário de bordo. Esta fase inicial permitiu, além de conhecer quais os equipamentos eram relevantes para a produção do objeto de estudo, posteriormente, avaliá-los por meio do índice OEE. Desta forma, foi possível atingir o objetivo geral desta pesquisa, que é propor ações para a melhoria de processos em uma linha de produção de sistemas de armazenagem, os porta paletes.

4.1 PRINCIPAIS PRODUTOS DA EMPRESA

Os principais produtos são: Porta Paletes, *Drive in*, *Push Back* e Dinâmico. No Quadro 2 apresenta-se uma relação de atributos, que permite diferenciar as estruturas de armazenagem entre os produtos.

Quadro 2 - Relação de atributos com estruturas de armazenagem

	Porta Paletes	Drive in	Push Back	Dinâmico
Densidade	Baixa	Muito alta	Alta	Alta
Facilidade de acesso ao produto	Alto	Baixa	Alta	Alta
Diversidade de armazenagem	Alto	Baixa	Média	Média
Sistema FIFO	Sim	Não	Não	Sim
Rotatividade	Alta	Baixa	Média	Média

Fonte: Autoria Própria

4.1.1 Porta Paletes

Constitui-se em uma estante metálica composta por: montantes e longarinas. É o sistema mais versátil, promove um bom aproveitamento vertical do espaço e uma ótima organização de estoques, é a melhor opção para produtos paletizados com grande variedade de referências.

Características do produto:

- Bom aproveitamento do espaço vertical;
- Acesso direto ao item desejado;
- É possível armazenar produtos diversificados e paletes de tamanho diferentes;
- Fácil montagem.

Para armazéns pequenos com poucas unidades de carga recomenda-se a utilização do mini porta paletes. Esse sistema é perfeito para armazenar caixas, pacotes e materiais diversos, tendo as opções de planos de madeira, bandeja metálica e bandeja aramada. Os montantes dos porta paletes são compostos por colunas, travessas e diagonais, são os montantes que garantem a sustentação da estrutura através da decomposição da carga que ocorre devido ao posicionamento das travessas e diagonais.

Os patins do palete são dispostos perpendicularmente às longarinas conforme Figura 5, distribuindo o peso da carga e, através das travessas e diagonais, transmitindo a carga até a coluna.

Figura 5 - Carregamento estrutura Porta Paletes



Fonte: Modelado no software NX.

O porta paletes é o produto mais requisitado e o que possui menos variações estruturais, portanto, a estrutura mais consolidada da empresa. Sendo que as mesmas colunas, travessas e diagonais são utilizadas em outras estruturas.

4.1.2 Drive in

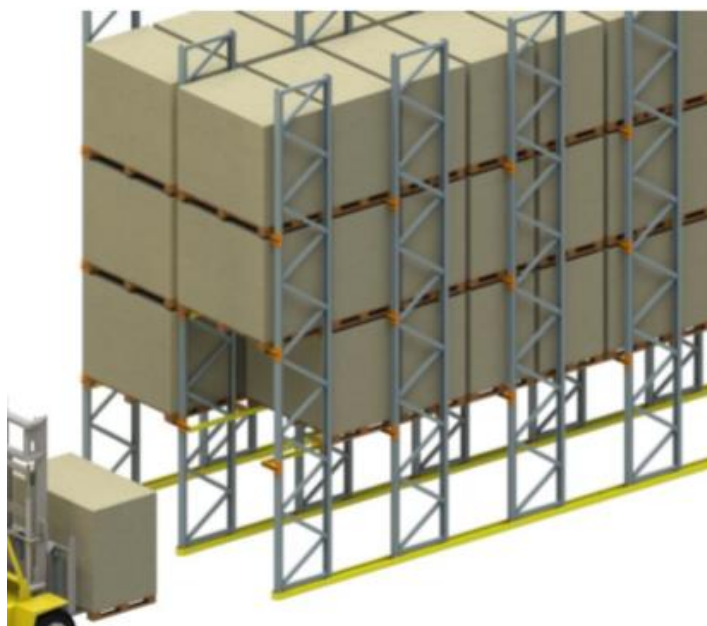
Sistema de armazenagem compacto ideal para armazenamentos homogêneos que não tenham necessidade de atender o sistema FIFO (*First In First Out*).

Características do Produto:

- Densidade de armazenamento alta;
- Armazenagem com pouca variação de produto;
- Cargas de grande volume;
- Aumento do tempo de manobra da empilhadeira.

É o mais simples e econômico sistema de compactação, os conjuntos de estantes formam ruas em seu interior, nas quais as empilhadeiras podem transitar. (Figura 6). Porém, não possui acesso direto ao pallet, sendo que em certas situações se faz necessário retirar o pallet que está à frente, aumentando consideravelmente o tempo de descarga da estrutura.

Figura 6 - Sistema de armazenagem *Drive In*



Fonte: Modelado no *software NX*.

Assim como o porta paletes é composto por: colunas, travessas, e longarinas e trilhos, porém a longarina nesse caso possui um conceito diferente. No caso anterior a carga era apoiada diretamente na longarina, agora ela é apoiada em trilhos, esses por sua vez transmitem a carga para a longarina e assim sucessivamente. Além disso, possui uma garra diferente da já apresentada no capítulo anterior, fazendo com que esse modelo seja utilizado apenas nessa estrutura.

4.1.3 Push Back

Assim como o *Drive in* o *Push Back* é um sistema compacto, porém é possível alojar produtos diferentes em cada nível, o tempo de manuseio da empilhadeira é

menor visto que não é necessário entrar em corredores para retirar os paletes (FIGURA 7).

Características do Produto:

- Densidade de armazenamento alta;
- Acesso mais rápido ao item desejado;
- Aumento de variabilidade do produto quando comparada com *Drive in*.

Os paletes de cada nível devem ser da mesma referência, utilizando um sistema de gestão LIFO (o último a entrar é o primeiro a sair). Os paletes são carregados e descarregados do mesmo lado, sendo que o pallet já posicionado se desloca sobre os roletes conforme um novo é inserido. Como a pista possui uma certa inclinação, ao retirar o *pallet* da frente os que estão depois avançam uma posição.

Figura 7 - Sistema de armazenagem *Push Back*



Fonte: Modelado no *software NX*.

Assim como as outras estruturas, é composto por: colunas, travessas, e longarinas, além disso é composto por pistas que possuem roletes que proporcionam o movimento do paletes.

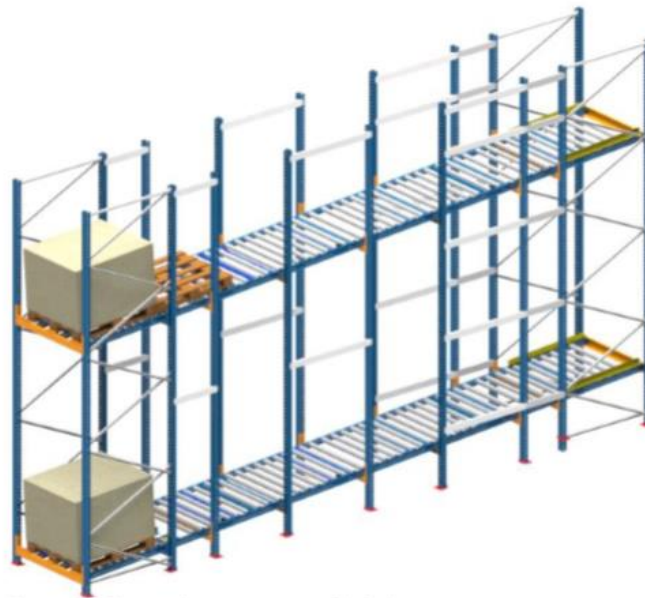
4.1.4 Dinâmico

É um sistema de armazenamento compacto ideal para situações em que se necessita grande rotatividade de cargas, conferindo uma maior organização e facilidade de movimentação além de promover um melhor aproveitamento do espaço físico (Figura 8). Seu funcionamento é através de uma pista com uma leve inclinação na qual são dispostos alguns controladores de velocidade, nela os paletes são dispostos em uma extremidade e deslizam até a outra por meio da gravidade, com isso o primeiro pallet que entra é o primeiro que sai (Sistema FIFO).

Características do produto:

- Otimização de tempo e espaço;
- Melhor controle de validade, manuseio e movimentação (Sistema FIFO);
- Sistema inteligente de organização e acomodação da carga;
- Utiliza a ação da gravidade, não necessita de automação.

Figura 8 – Sistema de armazenagem Dinâmico



Fonte: Modelado no *software* NX.

Assim como as outras estruturas, é composto por: colunas, travessas, e longarinas, além disso é composto por pistas e micro pistas compostas por roletes, freios e guias, que tanto proporcionam o movimento do pallet quanto a parada do

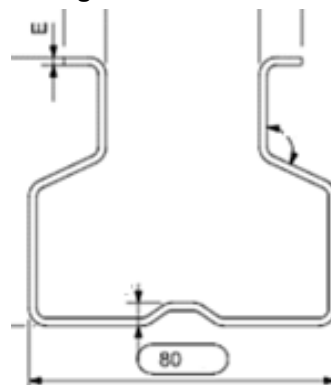
movimento. As longarinas nesse caso são subdivididas em: longarinas de entrada, saída e centrais, essas possuem perfis diferentes das longarinas dos porta paletes, porém passam pelo mesmo processo de solda.

4.1.5 Perfis

Ao analisar as estruturas e os processos verificou-se que alguns itens dos porta paletes aparecem com uma frequência alta nessas, esses seriam: Colunas; Travessas; Longarinas.

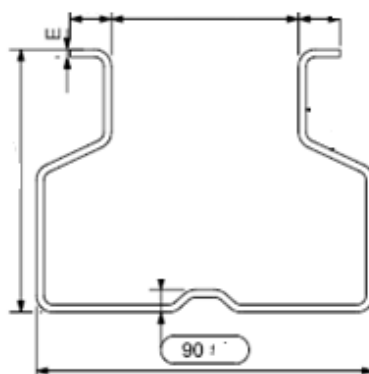
As colunas são perfiladas, sendo que as geometrias das colunas são perfis de coluna: CDR80, CDR90, CDR100, CDR Hiper, Midi, Hiper Maxi, Maxi e Super maxi. O perfil utilizado é determinado a partir dos esforços exercidos sobre a estrutura. As figuras 9, 10 e 11 apresentam os perfis CDR80, CDR90, CDR100, sendo os três perfis mais utilizados.

Figura 9 – Perfil CDR80



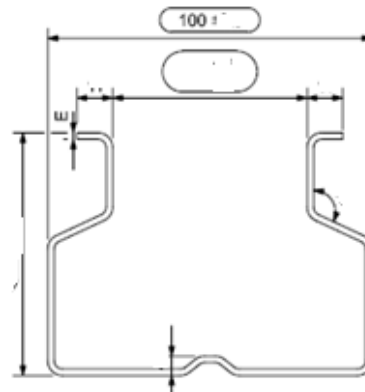
Fonte: Modelado no software NX.

Figura 10 – Perfil CDR90



Fonte: Modelado no software NX.

Figura 11 – Perfil CDR100



Fonte: Modelado no software NX.

O Quadro 3 mostra uma relação do perfil de coluna produzido com a sua respectiva perfiladeira, no qual é produzido.

Quadro 3 - Relação perfil de coluna produzido com perfiladeira

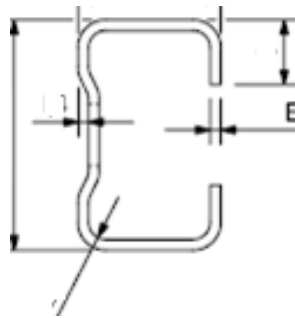
Coluna	Perfiladeira
CDR80	PR-600
CDR90	PR-600
CDR100	PR-600
Mini	PR-350
Midi	PR-400
Maxi	PR-350
Super Maxi	PR-400
Hiper Maxi	PR-600

Fonte: Dados da Pesquisa.

As travessas assim como as colunas são perfiladas e os principais perfis são: Perfil “C”, Travessa CDR80, Travessa CDR90, Travessa CDR100. Perfis “CDR” normalmente são produzidos na PR-200, porém em alguns casos em que a demanda ultrapassa a capacidade da perfiladeira é utilizado outro equipamento a PR-068.

Na Figura 12 estão representados dois perfis, sendo “E” a espessura da chapa.

Figura 12 - Perfil travessa



Fonte: Modelado no *software* NX.

O Quadro 4 mostra uma relação do perfil de travessa produzido com a sua respectiva perfiladeira, no qual é produzido.

Quadro 4 – Relação de perfil de travessa produzido com perfiladeira

Travessa	Perfiladeira
CDR80	PR-200\PR-068
CDR90	PR-200\PR-068
CDR100	PR-200\PR-068
“C”	PR-068

Fonte: Dados da Pesquisa.

As longarinas são compostas por garras e perfis, esse último é muito variável depende da estrutura, porém por ser solicitado por norma que o perfil seja fechado, todos passam por um processo de solda. Já o processo de fabricação da garra é feito em 3 etapas por uma única matriz, é estampada e dobrada duas vezes, a garra é considerada como um item “engenharia”, ou seja, é sempre a mesma em todos os pedidos, sendo sempre produzida em massa e com um estoque altíssimo e taxa de refugo praticamente nulo. A garra é soldada na longarina, sendo esse o processo considerado pelos operadores o mais crítico por apresentar um alto índice de retrabalho. A solda do perfil é realizada na Zikeli, máquina de solda automática, já a solda da garra é realizada pela GME.

4.2 DISPONIBILIDADE

4.2.1 Coleta De Dados

Como já descrito no referencial teórico, a disponibilidade é a relação entre o tempo de produção real e o planejado, equação 2. Para coletar dados da produção

real foi implantado um sistema de coleta próximo a cada máquina, esse sistema é um totem, cuja informação ali armazenada é repassada para o computador permitindo uma melhor leitura e um tratamento de dados. Como são os próprios operadores que alimentam as informações foi feita uma capacitação para mostrar como utilizar o equipamento e como ele pode contribuir para a produção.

As principais dificuldades na obtenção dos dados se deram, principalmente, em obter dados precisos. Como depende-se fundamentalmente do operador da máquina para inserir as informações, esse processo está fortemente sujeito à falha humana.

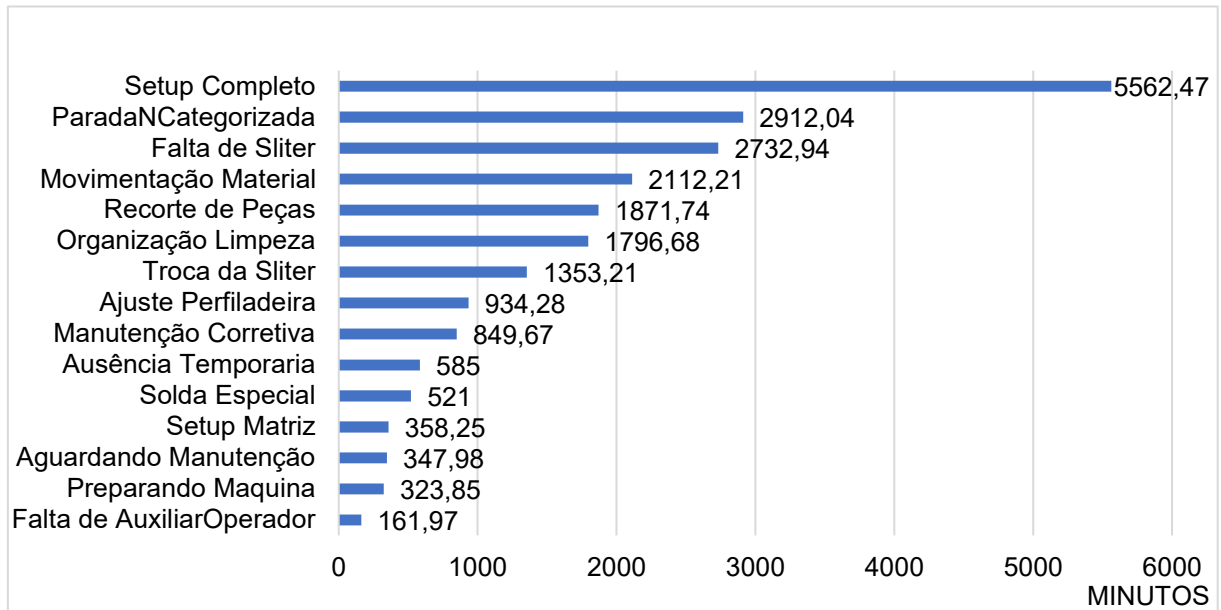
Com o valor do tempo de operação real é necessário verificar o tempo de operação planejado, onde seriam as horas trabalhadas totais. Foi possível obter essas informações com um colaborador da empresa que possuía tais dados.

4.2.2 Planilhamento e Análise Dos Dados

Antes do início deste tópico estão apresentadas as paradas não programadas e programadas. Um exemplo de uma parada programada é a hora do almoço, quando os operadores vão almoçar eles desligam as máquinas. Uma parada planejada muito comum é o *setup*, que ocorre no início da produção de um novo produto, as vezes ela é confundida com o tempo de produção. O *setup* só é considerado como parada quando o tempo de programação ultrapassa o tempo estimado, somente nesses casos ele afeta o OEE.

O tempo não planejado se refere ao período em que a máquina não produz por falta de demanda. Em empresas que não possuem 3 turnos isso é muito comum. Apesar de esse tempo parado ser considerado ruim no ponto de vista financeiro, ele não é considerado no OEE. Sendo assim, tanto as paradas planejadas quanto o tempo não planejado irão ficar fora do cálculo da disponibilidade.

Gráfico 1 - Principais Motivos de Paradas em dez/2019

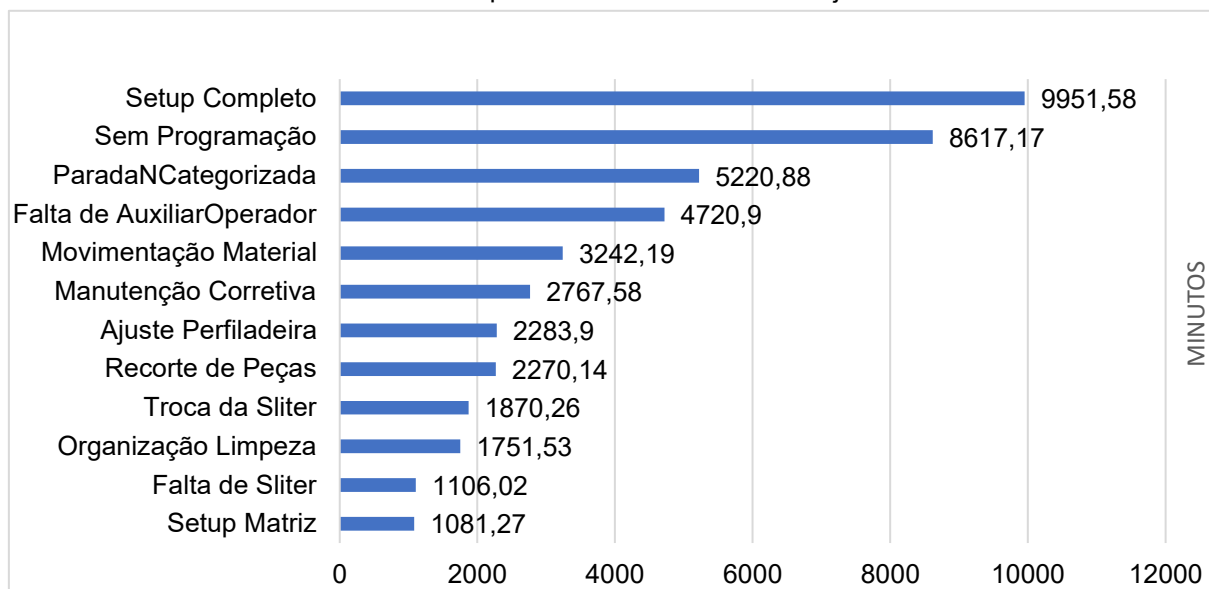


Fonte: Dados da Pesquisa.

Para o mês de dezembro os dados são totalmente desconsiderados, pois, o maior motivo que o sistema acusou como parada não programada foi a “parada não categorizada”, onde o operador não informa o motivo da máquina estar parada (Gráfico 1) O principal motivo para esse alto valor de paradas não categorizadas se deve à falta de experiência dos operadores com o sistema, pois dezembro foi o mês de início da coleta de dados.

Como o *setup* completo, assim como outras paradas planejadas não são incluídas no cálculo do OEE, foi desconsiderado este item. A pesquisa seguiu com os dados coletados de janeiro de 2020.

Gráfico 2 - Principais Motivos de Paradas em jan./2020



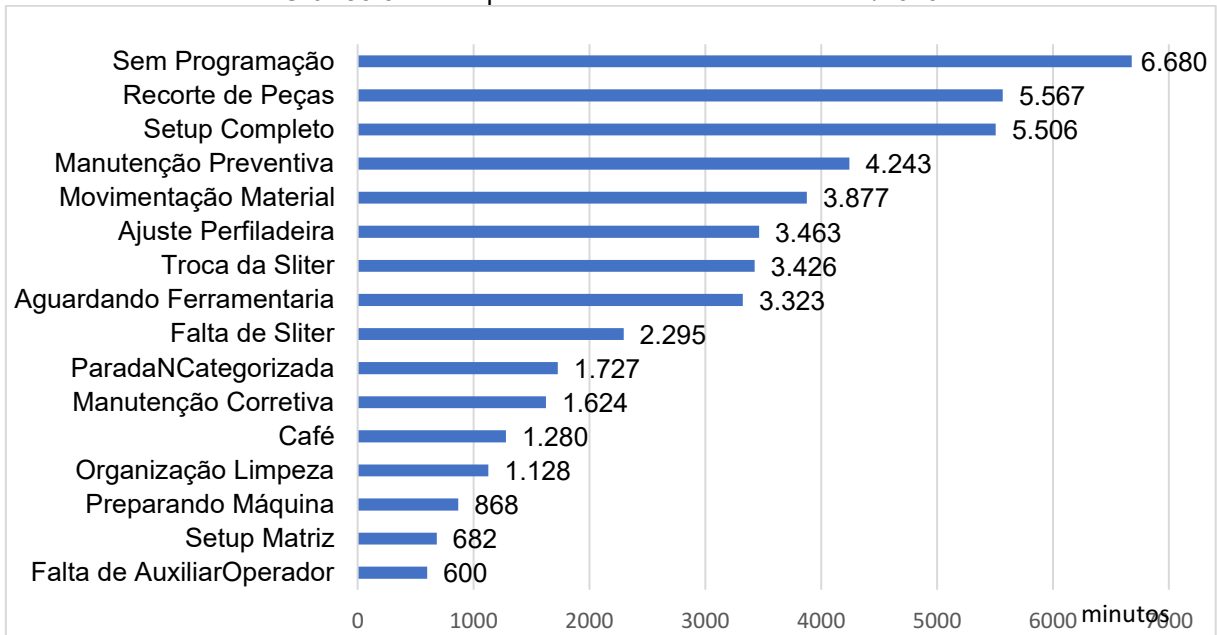
Fonte: Dados da Pesquisa.

Ao se observar os dados do mês de janeiro (Gráfico 2), o principal motivo (além das paradas programadas) se tornou o item “sem programação”. Isso pode significar algum erro de planejamento da produção, mas não entra no cálculo do OEE por não ser um indicador da máquina em questão e sim da gestão da produção ou até mesmo a falta de clientes.

Logo, pode-se observar que o maior item ainda é o “ParadaNCategorizada” onde o operador não informa o motivo da parada. Com isso ainda não se pode considerar o mês de fevereiro para análise pois as paradas não categorizadas podem refletir um problema oculto no processo ou aumentar um item já contabilizado.

Foram considerados, na coleta pelos pesquisadores, os dados a partir do mês de fevereiro, onde os operadores tiveram 2 meses de treinamento para inserir os dados no totem. Neste mês (Gráfico 3), pode-se observar que o item “ParadaNCategorizada” já diminuiu significativamente, pois os operadores já estavam mais preparados para informarem corretamente os motivos de cada paradas, logo iremos considerar os dados a partir de fevereiro de 2020.

Gráfico 3 - Principais Motivos de Paradas em fev./2020



Fonte: Dados da Pesquisa.

Como apresentado anteriormente, foram avaliadas as máquinas envolvidas na produção dos porta paletes, que são:

- PR 350;
- PR 400;
- PR 600;
- PR 200;
- PR 068;
- Zikeli - Perf. Longarinas;
- GME - Solda Longarina;

Para cada uma das máquinas, foram coletados dados referentes ao tempo de utilização delas, sendo que esse tempo não pode simplesmente ser calculado pelos turnos de operação, pois a utilização dessas máquinas é esporádica, sendo que alguns dias são utilizadas apenas por algumas horas por dia. Foram analisados todos os dados coletados pelo totem e avaliados quais se encaixam para cálculo da disponibilidade de cada máquina.

Para o cálculo da disponibilidade foi necessário coletar e qualificar o tempo, separando em paradas programadas e não programadas, os principais motivos de paradas são:

- Recorte de Peças – Parada não programada, refere-se ao corte de peças que foram produzidas com dimensões ou acabamento diferentes do solicitado e que serão reaproveitadas para novos pedidos;
- Manutenção Preventiva – Parada programada, Manutenção realizadas para evitar paradas indesejadas devidas ao mal funcionamento das máquinas;
- Sem Programação – Parada programada, sem pedidos de produção, recorrentes nos finais e inícios dos anos;
- Organização Limpeza – Parada programada, organização dos ferramentais e limpeza deles para garantir a durabilidade deles;
- Ajuste Perfiladeira – Parada não programada;
- Troca de Sliter – Parada programada, troca da matéria prima;
- ParadaNCategorizada – Paradas não especificadas, podendo essas serem programadas e não programadas, sendo então considerado como um Índice de incerteza que será desconsiderado, tanto no tempo ideal quanto no tempo real;
- Preparando Máquina – Parada programada, lubrificação e limpeza das máquinas;
- Almoço / Janta – Parada programada, intervalos de almoço e janta dos funcionários;
- Aguardando Ferramentaria – Parada não programada, espera de ferramental para trocar o perfil a ser perfilado;
- *Setup* Completo – Parada programada, inclui as etapas de: Aguardando Ferramentaria; Preparando Máquina e Ajuste da Perfiladeira;
- Movimentação Material – Parada não programada;
- *Setup* Matriz – Parada programada, após a chegada da ferramentaria é feito o *setup* dela;
- Café – Parada programada, intervalo dos funcionários;
- Falha no Sensor - Não programada;
- Manutenção Corretiva – Parada não programada, parada para realizar reparos na máquina caso haja um mal funcionamento na mesma;

- *Setup* Comprimento – Parada programada;
- Troca de água - Parada programada.

4.2.3 Cálculo Do Índice:

Calculando os termos da equação (2) para cada máquina:

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de operação real}}{\text{Tempo de operação planejado}} \quad (2)$$

O tempo de operação planejado por máquina em fevereiro/2020 foi informado pelo colaborador da empresa e é dado por:

Tabela 1 - Tempo de operação total para o mês de fevereiro

Máquina	Tempo de operação TOTAL mês de fevereiro
PR350	4469,55
PR400	5811,10
PR200	5489,19
PR600	7481,16
PR068	4451
Zikeli - Perf. Longarinas	6093,16
GME - Solda Longarina	5953,62

Fonte: Autoria própria.

Foram realizados o cálculo das paradas não programadas de cada máquina.

4.2.3.1 Tempo De Operação Real

Para o tempo de operação real deve-se subtrair do tempo de operação planejado o tempo de cada parada não programada. Conforme Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4, Tabela 5, Tabela 6, Tabela 7, Tabela 8 apresentam as paradas não programadas, respectivamente, para as máquinas: PR350, PR400, PR200, PR600, PR068, Zikeli e GME.

Tabela 2 - Tempos de paradas não programadas para a PR 350

Parada não programada	Tempo (min)
Recorte de Peças	1979,9
Aguardando Ferramentaria	191,01
Movimentação Material	94,66
Falha no Sensor	63,97
Manutenção Corretiva	34,94
Total (minutos)	2364,48

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 3 - Tempos de paradas não programadas para a PR 400

Parada não programada	Tempo (min)
Falha no Sensor	74,3
Aguardando Ferramentaria	103,07
Falta de Sliter	899,36
Manutenção Corretiva	117,29
Movimentação Material	487,71
Recorte de Peças	1544,13
Total (minutos)	3225,86

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 4 - Tempos de paradas não programadas para a PR 600

Parada não programada	Tempo (min)
Movimentação do material	946,61
Aguardando Ferramentaria	808,83
Falta de Sliter	759,01
Recorte de peças	680
Manutenção Corretiva	409,4
Ponte rolante ocupada	40,74
Total (minutos)	3644,59

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 5 - Tempos de paradas não programadas para a PR 200

Parada não programada	Tempo (min)
Movimentação do material	1501,41
Aguardando Ferramentaria	610,06
Recorte de peças	325,28
Manutenção Corretiva	26,32
Ponte rolante ocupada	225,63
Total (minutos)	2688,7

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 6 - Tempos de paradas não programadas para a PR 068

Parada não programada	Tempo (min)
Falta de Auxiliar Operador	600
Aguardando Ferramentaria	1610,39
Falta de Sliter	636,4
Manutenção Corretiva	165,1
Recorte de Peças	1037,39
Total (minutos)	4049,28

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 7 - Tempos de paradas não programadas para a Zikeli

Parada não programada	Tempo (min)
Falha GME	437,58
Manutenção Corretiva	313,58
Total (minutos)	751,16

Fonte: Dados da Pesquisa.

Tabela 8 - Tempos de paradas não programadas para a GME

Parada não programada	Tempo (min)
Arame Enrolado	68,35
Falha Perfiladeira	278,61
Falha Solda Voadora	15,37
Manutenção Corretiva	465,39
Total (minutos)	827,72

Fonte: Dados da Pesquisa.

A Tabela 9 apresenta a disponibilidade calculada, para o mês de fevereiro, para cada máquina:

Tabela 9 - Disponibilidade para o mês de fevereiro

Máquina	Disponibilidade
PR350	41%
PR400	36%
PR200	53%
PR600	50%
PR068	21%
Zikeli - Perf. Longarinas	86%
GME - Solda Longarina	84%

Fonte: Autoria própria.

4.3 DESEMPENHO

Em meio ao processo de implementação do MES (*Manufacturing Execution System*) ocorreram alguns imprevistos internos, os quais se tornaram prioridade fazendo com que o processo de implementação fosse interrompido por tempo indefinido. Com isso não foi possível coletar o tempo de ciclo teórico para cada perfiladeira.

Uma das maneiras de obter-se o tempo de ciclo teórico seria cronometrando o tempo de processo para fabricação de cada peça. Para isso seria necessário que alguém anotasse a quantidade que foi fabricada (em kg, atualmente essa informação não é disponibilizada ao operador da máquina) e seu respectivo tempo de fabricação. Isso por sua vez se tornaria inviável, pois além da dificuldade de obtenção do peso produzido, atrelada à variação de perfis e comprimentos, ainda tem uma quantidade muito alta de peças produzidas por dia, inviabilizando o registro manual.

Uma maneira de tornar esse processo mais orgânico seria através dos totens já instalados. Atualmente eles registram apenas os tempos de cada parada, porém, atrelando as informações contidas no sistema Datasul seria possível informar o peso que foi produzido por dia. Como já possuímos o tempo de produção efetivo bastaria dividir os valores e obteríamos o desempenho em kg/min.

4.4 QUALIDADE

Para se calcular o fator de qualidade, é necessário ter a quantidade de produtos defeituosos e a quantidade total produzida para cada máquina. Sendo produto defeituoso o que não se encontra dentro das especificações de projeto, sendo necessário retrabalhar ou refugar.

4.4.1 Quantidade de Peças Defeituosas

O departamento de qualidade da empresa disponibilizou, para a pesquisa, a relação de quantidade de peças defeituosas encontradas no mês de fevereiro de 2020. A coleta é feita mediante pesagem da(s) caixa(s) de refugo de cada máquina ao final do dia e contabilizada em uma planilha. Os valores são informados em quilogramas e uma máquina pode gerar no dia mais de uma caixa de refugo. Há ainda as peças que são retrabalhadas, com a quantidade informada por cada operador ao final de seu turno, sendo esse controle realizado a parte do controle de refugo e feito manualmente. Vale ressaltar ainda que a produção é muito variável, tendo alguns dias de ociosos e outros com demandas altíssimas.

Com isso é feita uma planilha controle no departamento de qualidade, sendo que cada linha se refere à pesagem da(s) caixa(s) de refugo gerada(s) em um dia para uma máquina em específico. Conforme mostrado na Tabela 10 foi calculada a quantidade total de peças defeituosas em quilogramas no mês para cada máquina.

Tabela 10 - Quantidade de peças defeituosas por máquina

Máquina	Quantidade de peças defeituosas (Kg)
GME	524527,1
PR068	10713,7
PR200	88929,7
PR350	15496,8
PR400	30955,5
PR600	357538,4
Zikeli	5245277,1
Total	5024688231

Fonte: Autoria própria.

Os itens considerados foram somente os principais utilizados na fabricação de porta paletes, foco deste trabalho.

4.4.2 Quantidade Total Produzida

Por meio do sistema TOTVS (*software* de Planejamento de Recursos empresariais – ERP) é possível gerar um relatório com a quantidade total produzida na fábrica no período desejado. O relatório consiste em uma planilha com os detalhes da produção diária de cada item da empresa. Com auxílio de fórmulas do *Microsoft Excel* e outros recursos como tabelas dinâmicas, foi possível obter a relação de produção total no mês de fevereiro dos itens desejados para as máquinas em avaliação (Tabela 11).

Tabela 11 - Quantidade total produzida por máquina

Máquina	Quantidade total produzida (Kg)
GME	322,3
PR068	2521,3
PR200	560,7
PR350	8643,9
PR400	12068,3
PR600	11840,3
Zikeli	163,3

Fonte: Autoria propria

4.4.3 Cálculo do Fator de Qualidade

Com os valores necessários de cada máquina, pode-se calcular o fator de qualidade utilizando-se a equação (4) apresentada no referencial teórico:

$$\text{Fator de Qualidade} = \frac{\text{Produção total} - \text{Produtos defeituosos}}{\text{Total de produtos}}$$

Assim, o fator de qualidade de cada máquina está apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 – Fator de qualidade

Máquina	Fator de qualidade
GME	99,94%
PR068	76,47%
PR200	99,37%
PR350	44,22%
PR400	61,01%
PR600	96,69%
Zikeli	99,97%

Fonte: Autoria propria.

Observa-se que algumas máquinas apresentaram fator de qualidade muito próximo a 100%, sendo que isso não reflete os dados qualitativos coletados com os colaboradores da empresa. O principal motivo para isso é a forma como são quantificados os resultados: as caixas são pesadas ao final do dia com o refugo que não foi retrabalhado e as quantidades retrabalhadas são informadas pelos operadores ao final de cada turno. Os operadores podem não informar nenhuma quantidade ou informar erroneamente que os dados ainda serão computados, isso se deve ao número elevado de peças produzidas e ao fato do reporte ser manual.

4.5 CÁLCULO DO OEE

Para finalizar os resultados foi calculado o OEE (Tabela 13) considerando o fator de desempenho como 1. De acordo com a equação (1) tem-se:

$$OEE = Disponibilidade * Desempenho * Qualidade \quad (1)$$

Tabela 13 – OEE por máquina

Máquina	Fator de disponibilidade	Fator de desempenho	Fator de qualidade	OEE
GME	84%	100%	99,94%	83,95%
PR068	21%	100%	76,47%	16,06%
PR200	53%	100%	99,37%	52,67%
PR350	41%	100%	44,22%	18,13%
PR400	36%	100%	61,01%	21,97%
PR600	50%	100%	96,69%	48,34%
Zikeli	86%	100%	99,97%	85,97%

Fonte: Autoria propria.

De acordo com a Tabela 13 as máquinas que apresentaram os menores índices foram a PR068 e a PR350, com índices OEE 16,06% e 18,13%, respectivamente. Com os dados já coletados, a respeito das paradas não programadas, foram identificados os fatores que mais impactam negativamente o índice e foram propostas soluções para melhorar o processo. Os projetos a serem aplicados para redução de desperdícios nessas máquinas poderão surtir mais efeito na linha de produção do porta paletes.

Como apresentado no referencial teórico o OEE é uma ferramenta utilizada para criar uma melhoria (HEDMAN; SUBRAMANIYAN; ALMSTRÖM, 2016) e que é possível ser aplicada relacionando com o tempo em que haja agregação de valor ao produto e o tempo de carregamento de máquina (BUSSO e MIYAKE, 2013). Ainda, as empresas que adotam a ferramenta OEE para medidas de eficiência, normalmente se encontram com valores na faixa de 30% a 60% (SHIROSE, 1994). Já Nakajima (1989) adota como medida ideal o resultado de OEE que aponte 85%. Embora os autores reconheçam que as empresas em geral têm grande dificuldade para apresentar corretamente as ocorrências, mesmo sabendo que os resultados devem ter informações confiáveis no apontamento do grupo de índices.

Neste estudo de caso, em particular, esta ferramenta foi aplicada e foi possível constatar a teoria na prática ao calcular o índice OEE e fazer as inferências, para o caso em particular, que os índices OEE calculados para a PR-068, PR-400 e PR-350, mesmo ao considerar um índice de desempenho igual a 1, são muito inferiores aos prescritos por Shirose (1994). Isso indica que o processo possui muito potencial de melhoria e que se deve investir na melhoria das coletas de dados para garantir informações ainda mais precisas e propiciar melhorias contínuas.

5 CONCLUSÃO

Mediante a apresentação dos dados com suas respectivas descrições e análises foi possível apresentar os resultados de acordo com os objetivos propostos para essa pesquisa.

Ao evidenciar um problema que indagava quais eram as ações relevantes para a melhoria de processos em uma linha de produção de sistemas de armazenagem, pode-se construir o ponto inicial da pesquisa. Tal indagação foi justificada para que tais ações fossem propostas, para que ocorram melhorias de processos em uma linha de produção de sistemas de armazenagem, dando destaque que existam processos sistemáticos de gestão. Desta forma, considera-se que o objetivo geral deste trabalho foi atingido ao propor ações para a melhoria de processos em uma linha de produção de sistemas de armazenagem.

Para atingir o objetivo geral foram construídos e atingidos os objetivos específicos, por meio da coleta, análise e validação dos dados para o resultado desta pesquisa em uma empresa de renome nacional e internacional.

ETAPA 1 - Identificar os processos mais críticos envolvidos na fabricação de um dos produtos mais requisitados, o porta paletes:

Este objetivo foi atingido ao identificar, por meio de pesquisa qualitativa, o fluxo de processos da fabricação do porta paletes. Com isso foram selecionados os setores de perfilamento e solda, com foco nas máquinas apresentadas nos resultados.

ETAPA 2 - Coletar os dados referentes ao tempo de funcionamento dos equipamentos envolvidos na fabricação do porta paletes:

Este objetivo foi atingido ao calcular o índice de disponibilidade, obtendo-se o tempo de funcionamento programado e o tempo de paradas desnecessárias das máquinas selecionadas.

ETAPA 3 - Verificar como esses dados podem possibilitar a aplicação de melhorias:

Com a visão dos indicadores OEE de cada máquina, calculado na seção 4.5 pôde-se identificar as máquinas com maior potencial de melhoria: PR068 e PR350. Com isso puderam ser revisados gráficos do índice de disponibilidade das

duas máquinas, identificadas as paradas mais significativas e elaboradas soluções para reduzi-las.

ETAPA 4 - Acompanhar as dificuldades na coleta de dados, guardar lições aprendidas e comparar o novo processo com o antigo:

As principais dificuldades na coleta de dados foram apresentadas nos cálculos de cada fator do OEE. Esta pesquisa fez a coleta dos dados somente do processo que está ocorrendo, as lições aprendidas a serem guardadas e ideias para melhoria sistemática de gestão de processos são:

i) Uma boa análise depende fundamentalmente da confiabilidade da coleta de dados, todo o time envolvido no processo deve estar bem capacitado para a coleta dos dados, caso contrário são gerados resultados não confiáveis;

ii) É fundamental a participação dos operadores da fábrica desde o início da implementação de cada novo sistema, para melhor ambientação;

iii) Todos os dados devem ser detalhados e padronizados para melhor identificação e análise;

iv) É fundamental a centralização de informações relacionadas à fábrica, seja via sistema ou somente em um setor.

ETAPA 5 - Demonstrar que a coleta de dados diretamente do processo produtivo, permitirá a identificação dos pontos mais críticos, obtenção de melhorias significativas, redução de retrabalhos e índices de refugo do processo de fabricação dos porta paletes em questão.

Com a informação de quais máquinas devem ser o foco das melhorias, podem ser utilizados os dados do índice de disponibilidade para a identificação das ações. Infelizmente os dados referentes ao fator de desempenho e qualidade não podem ser analisados mais a fundo, por falta de detalhes.

As maiores paradas não programadas para a máquina PR 350 são: “Recorte de Peças” seguido por “Aguardando Ferramentaria” e as maiores paradas para a máquina PR 068 são: “Aguardando Ferramentaria” seguido por “Recorte de Peças”.

Com isso, o foco em solucionar esses 2 problemas trará um potencial maior de melhoria na linha de produção do porta pallet. Caso ações sejam feitas em outros problemas que não sejam esses, o resultado será muito inferior.

Possíveis soluções para cada um dos principais problemas:

v) “Recorte de peças”: É a maior parada não programada na máquina PR 350 e a segunda maior na PR 068, sendo ambos valores bastante expressivos. A maior parte da atenção deve ser dedicada neste item para surtir o maior efeito benéfico na produção.

Essa perda de disponibilidade se refere às peças que chegam para a máquina em um comprimento diferente do solicitado, sendo necessário parar a máquina para ajustar a peça. As peças são produzidas em comprimento errado por erro operacional no setor de desdobro, neste setor são informadas as medidas das peças, de acordo com o pedido do cliente, e gerada ordem de produção. Se a ordem de produção está incorreta, o operador da máquina irá produzir um item incorreto pois deve seguir a ordem.

Proposta: adicionar um processo de conferência obrigatória de comprimento da peça no início da produção, onde o operador poderá visualizar tanto o pedido do cliente quanto a ordem de produção e confirmar antes de iniciar a produção. Ao identificar alguma divergência, o operador sinalizará a ocorrência via sistema para o time de desdobro e segue para o próximo pedido até a correção da ordem de produção incorreta. Isso economizará muito tempo e material, pois ao invés de a máquina ficar parada durante o recorte de peças e haver perda de material, o problema será identificado antes de iniciar a produção. A causa raiz do problema ainda é o erro do setor de desdobro, mas nesse processo já há uma etapa de conferência que ainda está sujeita a erros humanos.

vi) “Aguardando Ferramentaria”: É a parada programada que mais afeta a máquina PR 068, com valores menores para a PR 350 mas sendo ainda a segunda maior para essa máquina. Seguidas das ações no item “Recorte de Peças”, as ações para este item devem ser realizadas com maior prioridade para melhores resultados.

Essa parada ocorre quando há a necessidade de troca da matriz de perfilamento na máquina e a próxima matriz não se encontra disponível. A responsabilidade de liberação da matriz de perfilamento é do setor de ferramentaria, que faz as manutenções devidas, libera para produção e realiza a montagem na máquina. Sem isso o operador não consegue produzir o próximo pedido e a máquina fica parada, gerando grande perda de disponibilidade.

Proposta: Incluir como destinatário para o envio da programação de produção o setor de ferramentaria, assim o time pode se preparar para liberar as matrizes

necessárias para cada pedido. Atualmente a ferramentaria não possui a visão de demandas, não sendo possível priorizar corretamente a manutenção e liberação de matrizes de acordo com a demanda da fábrica. Adicionar a essa ação um canal de comunicação mais frequente e estrito entre a fábrica e a ferramentaria, pois imprevistos podem surgir e será necessária a resolução rápida. Além disso, pode-se atuar no tempo de troca de ferramental, deixando preparado com antecedência a matriz e os ferramentais necessários para troca a cada turno. Adicionar uma instrução de trabalho no início de cada turno para verificar se as matrizes a serem utilizadas no período no já estão disponíveis.

De forma geral, como proposta de ação para a melhoria de processos em uma linha de produção de sistemas de armazenagem - Melhorar a confiabilidade dos dados dos equipamentos, mediante maior precisão dos fatores do OEE:

- i) Disponibilidade: manter a utilização do sistema MES e realizar constantes treinamentos aos operadores para alimentá-lo de forma cada vez melhor, evitando o item “ParadaNCategorizada”;
- ii) Desempenho: expandir a aplicação do sistema MES para tempos de ciclo, além de adicionar ao treinamento dos operadores a utilização.
- iii) Qualidade: adicionar um controle maior para identificar itens retrabalhados e contabilizar no índice de qualidade, pois apenas há confiabilidade do sistema para os dados de refugo, onde as peças são totalmente descartadas.

Um ponto muito importante a ser levantado é que os índices OEE calculados para a PR-068, PR-400 e PR-350, mesmo ao considerar um índice de desempenho igual a 1, são muito inferiores aos prescritos na literatura, o que indica que se deve investir na coleta de dados mais precisos para tomada de medidas no processo de melhorias contínuas. Enfatiza-se que parte do sucesso da implementação de um sistema de coleta de dados está no modo em como ela é realizada, sendo o acompanhamento e a inclusão dos operadores fundamentais para garantir dados confiáveis. Utiliza-se como exemplo as paradas não categorizadas totais no primeiro mês de implementação em comparação com o terceiro, observa-se uma queda significativa em tempos não categorizados, de 48,5% no mês de Dezembro para 3,78%.no mês de fevereiro.

Concluindo, com a metodologia adotada com o método quantitativo, com a coleta de dados por meio do indicador de Eficiência Global do Equipamento (OEE) avaliada diretamente na produção dos porta paletes e com dados qualitativos, com as observações participativas durante o processo, pode-se apresentar esta pesquisa como um projeto de melhorias a serem implantadas pela empresa.

A pesquisa delimitou-se ao estudo de caso a uma empresa e a uma única linha de produção de sistemas de armazenagem, porém o resultado desta pesquisa pode ser reproduzido para outras empresas do setor. Outro fator que delimita a pesquisa foi a coleta de dados realizada somente no processo que está ocorrendo.

Como sugestão para estudos futuros, indica-se realizar um estudo que possa comparar o processo antes e depois, pois as ações, resultado desta pesquisa, terão que ser ainda avaliadas pela empresa.

Ao propor uma solução, cujo desenvolvimento está descrito neste trabalho, buscou-se desenvolver esta pesquisa, para que com base em dados, provocasse mudanças e atendesse as necessidades, melhorando os processos na linha de produção de sistemas de armazenagem. Com isso, buscou-se, levantar dados na busca de melhorias não somente nos aspectos técnicos mas também nos processos sistemáticos de gestão que acompanham todo o desenvolvimento de produtos seguros, confiáveis, para uma linha de produção de maneira lógica e racionalizada, diminuindo desperdícios do processo, por uma eficiência global do equipamento, sendo a disponibilidade, o desempenho e a qualidade fatores determinantes no atendimento da expectativa dos clientes e concretização dos objetivos da empresa.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, J. A. V. **Sistemas de produção**. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- BUI, Q. V.; PONTHOT, J. P. **Numerical simulation of cold roll-forming processes**. **Jornal of Materials Processing Technology**, v. 202, p.275-282, 2008.
- BUSSO, C. M.; MIYAKE, D. I. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao overall Equipment effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. **Produção**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 205-225, 2013.
- CAMPOS, S. R. **Estudo Teórico-Experimental de sistemas de armazenagem industrial tipo Drive in**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2003.
- CHODRAUI, G. M. B. **Análise teórica e experimental de perfis de aço formados a frio submetidos a compressão**. 200. 294 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- COELHO, P. M. N. **Rumo à indústria 4.0**. Coimbra, Portugal, 2016.
- COSTA, P. R. C.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. Desenvolvimento de um plano de melhorias para a manufatura, a partir da análise de um indicador de eficiência global de equipamentos. **Anais**. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 6 a 8. Nov, 2006.
- CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. Thousand Oaks, California: Sage, 2009.
- DE NEGRI, F. **Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes**, 2014.
- ESTEBAN, M. P. S. **Pesquisa qualitativa em educação: fundamentos e tradições**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FIRJAN. Sistema FIRJAN. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Panorama da Inovação. Indústria 4.0. 2016. Disponível em: <http://sistema-firjan-industria-4.0-2016.pdf>. Acesso em: 11. nov. 2019.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GODLEY, M. H. R. **Storage Racking**. In Design of Cold Formed Steel Members, chapter 11, Ed. Rhodes. Elsevier Applied Science, Amsterdam, p.361-399, 1991.

HEDMAN, R.; SUBRAMANIYAN, M.; ALMSTRÖM, P. Analysis of critical factors for automatic measurement of OEE. **Procedia CIRP**. Gothenburg, v. 57, p. 128-133, 2016.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industry 4.0 scenarios. In: **2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)**. IEEE, p. 3928-3937, 2016.

JPC. Japan Productivity Center for Social - Economics Development. Disponível em: www.jpc-net.jp. Acesso em: 11. nov. 2019.

MICHELINO, G. **Estudo de tempos e supervisores**. 2. ed. São Paulo: Publicações Educacionais Limitada, 1964.

MIRANDA, S. A. **Análise de ligações de sistemas de armazenagem industrial tipo porta-paletes**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto Escola de Minas, Ouro Preto, 2011.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC, Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de produção – além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OLIVEIRA, A. M. **Análise teórico-experimental de sistemas industriais de armazenagem (“Racks”)**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG, 2000.

RIBEIRO, F. S. **Análise teórico-experimental de colunas curtas em perfis formados a frio de seção transversal tipo rack**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2006.

RODRIGUES, M. V. **Qualidade de vida no trabalho: evolução e análise no nível gerencial**. 11. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

ROSSI, V. **Implantação do índice de rendimento operacional global (OEE) para melhoria de uma malharia circular: um estudo de caso**. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2016.

RUDENER, U. **Cronoanálise**. 2013. Disponível em: <<http://www.mr.com.br/Artigos/ArtigosMr.aspx?ida=17&idc=1>>. Acesso: 24 de outubro de 2019.

SHINGO, S. **Os sistemas de produção com estoque zero: O Sistema Shingo para melhorias contínuas**. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora, 1996.

SHIROSE, K. **TPM para mandos intermédios de fábrica**. Madrid: Productivity Press. 155p, 1994.

SILVA, E. L.; SILVA V. P. E. **Dimensionamento de perfis formados a frio conforme NBR 14762 e NBR 63555**. Instituto Brasileiro de Siderurgia/ Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2008.

STAKE, R. Case studies. In: DENZIN, N.; LINCOLN, T. **Handbook of Qualitative Research**. London: Sage, 2005.

TOLEDO JÚNIOR, I. F. B.; KURATOMI, S. **Cronoanálise base da racionalização, da produtividade da redução de custos**. 3. ed. São Paulo: Itysho, 1977.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YU, W. W.; LABOUBE, R. A.; CHEN, H. **Cold-formed steel design**. Hoboken, NJ: Wiley, 2010.