

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DAS CÉLULAS DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DO SEGMENTO METALÚRGICO

STUDY OF THE EFFICIENCY OF PRODUCTION CELLS IN AN INDUSTRY IN THE METALLURGICAL SEGMENT

Felipe Alegre Gandolfi¹, Jefferson de Souza Pinto²

1- Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); 2- Pós-doutor e Doutor em Engenharia Mecânica, pela Universidade Estadual de Campinas –UNICAMP, pesquisador da FEM/UNICAMP e docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP, campus Bragança Paulista

Contato: jeffsouzap@ifsp.edu.br

RESUMO

O trabalho está inserido no cenário de competitividade da indústria metalúrgica, a qual constantemente busca por meios de aumentar a sua produtividade e, dessa forma, melhorar seu posicionamento no mercado. Assim, este trabalho possui como objetivo avaliar a eficiência das células de produção de uma indústria do setor metalúrgico com base nos métodos e ferramentas da Manufatura Enxuta. Para isso, foram identificados os principais desperdícios presentes no processo produtivo e, com base nas constatações, foram propostas melhorias para o aumento da produtividade. O trabalho é baseado em pesquisa bibliográfica e estudo de caso com abordagem qualitativa e objetivo exploratório. Para o levantamento de dados, foram realizadas análises multi-momento, estudos de movimentação e observações diretas no *gemba*, com o auxílio de folhas de observação. Por meio do estudo de caso, foram evidenciados como fontes de desperdício do processo produtivo, principalmente, a ausência de procedimentos de produção padronizados; baixo nível de organização e identificação de componentes e ferramentas; e a realização do processo de *setup* de forma completamente interna, ou seja, com os equipamentos fora de funcionamento. Dessa forma, foram identificadas oportunidades na implementação de ferramentas relacionadas ao Trabalho Padronizado, ao Sistema 5S e às Técnicas TRF. O trabalho avalia e recomenda que a concretização das melhorias deve ser realizada com o apoio de Eventos *Kaizen*, sustentando as atividades em um plano de ação, e garantindo a conscientização e envolvimento de todos os colaboradores. Com a adoção de tais medidas, são esperadas melhorias relacionadas majoritariamente à performance e à disponibilidade da indústria foco do estudo de caso.

Palavras Chave: Manufatura Enxuta; Eficiência; TRF; Trabalho Padronizado; Indústria Metalúrgica.

ABSTRACT

The work is inserted in the scenario of competitiveness of the metallurgical industry, which is constantly looking for ways to increase its productivity and, in this way, improve its positioning in the market. Thus, this work aims to evaluate the efficiency of the production cells of an industry in the metallurgical sector based on the methods and tools of Lean Manufacturing. For this, the main wastes present in the production process were identified and, based on the findings, improvements were proposed to increase productivity. The work is based on bibliographical research and case study with a qualitative approach and exploratory objective. For data collection, work sampling, movement studies and direct observations on the *gemba* were carried out, with the aid of observation sheets. Through the case study, were evidenced as sources of waste in the production process, mainly, the absence of visual production procedures; low level of organization and identification of components and tools; and completion of the setup process completely internally, that is, with the equipment out of order. In this way, opportunities were identified in the implementation of tools related to Standardized Work, the 5S System and SMED Principles. The work evaluates and recommends that the implementation of improvements should be carried out with the support of *Kaizen* Events, sustaining activities in an action plan, and ensuring the awareness and involvement of all employees. With the adoption of such measures, improvements related mostly to the performance and availability of the industry which is focus of the case study are expected.

Key Word: Lean Manufacturing; Effectiveness; SMED; Standardized Work; Metallurgical industry.

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, serão apresentados o contexto e a justificativa para a realização deste trabalho. Em seguida, o problema de pesquisa será evidenciado e a hipótese levantada, adequando-se como uma pré-resposta ao problema. Com isso serão, portanto, pontuados os objetivos, geral e específicos, do desenvolvimento do trabalho e, em um último momento, apresentada a estrutura por meio da qual o projeto será desenvolvido.

1.1 Contexto e Justificativa

O cenário industrial denota uma competitividade em constante crescimento, levando à necessidade de intervenções e mudanças planejadas das indústrias com o intuito de garantir sua capacidade de enfrentar a concorrência (DIAS et al, 2020). Para a realização de tais mudanças e intervenções, o conhecimento de métodos e ferramentas adequadas são de extrema importância. É neste âmbito que os conceitos da administração da produção e da produção enxuta são apresentados.

A administração da produção pode ser entendida como a atividade de gerenciar recursos que criam e entregam serviços e produtos, com base nos pedidos dos clientes. Na maioria das empresas, ela representa o maior volume de seus ativos e a maior parte de seus funcionários, além de ser a responsável por alavancar a habilidade de competir ao dar resposta aos clientes e desenvolver capacitações que levarão ou manterão a empresa à frente de seus concorrentes (SLACK, BRANDON-JAMES e JOHNSTON, 2018).

A administração da produção é focada em apoiar a organização de três formas. Primeiramente, a administração da produção se preocupa em melhorar: a qualidade, o serviço, a reatividade, confiabilidade, flexibilidade, custo e investimento. Em segundo lugar, pelo aprendizado contínuo e, em terceiro, no processo, na forma como as coisas são feitas (SLACK, BRANDON-JAMES e JOHNSTON, 2018).

Tendo isso em vista, a abordagem dos conceitos associados à administração da produção é imprescindível para avaliar a eficiência em um sistema produtivo, fornecendo as ferramentas para a análise. A administração da produção pode ser aplicada de diferentes maneiras, de acordo com o método de produção abordado.

O método de produção em massa consiste, basicamente, na utilização de profissionais altamente especializados para projetar produtos manufaturados por trabalhadores com pouca ou nenhuma qualificação, utilizando máquinas de elevado custo especializadas em uma única tarefa, as quais fabricam assim produtos padronizados em volumes muito elevados. Nessas organizações, a continuidade da produção é garantida pela adição de folgas, tais como trabalhadores extras e espaço extra, e os modelos padrão em produção são mantidos o máximo possível, dada a baixa versatilidade do equipamento (WOMACK e JONES, 2004).

A produção enxuta, em contrapartida, adota equipes de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização e máquinas altamente flexíveis e automatizadas, evitando dessa forma a rigidez associada à produção em massa. Este método de produção é caracterizado pela utilização de menores quantidades de tudo quando comparado ao método de produção em massa: metade do esforço dos operários, metade do espaço necessário para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento no desenvolvimento de novos produtos. Além disso, sua aplicação leva à redução de defeitos e aumento da variedade de produtos (WOMACK e JONES, 2004).

A produção enxuta pode ser caracterizada por uma série de atividades inter-relacionadas baseadas no mesmo modo de pensar. Sua base está nos conceitos de padronização e estabilidade; sua sustentação na entrega de peças e produtos *just-in-time* e no *jidoka*, a autonomia com uma mente humana; seu foco é para a entrega para o cliente, sempre na maior qualidade possível e no menor custo e tempo. Todo esse sistema funciona com a garantia do envolvimento, assim, membros de equipe devem apresentar flexibilidade e motivação continuamente (DENNIS, 2008).

As atividades associadas à produção enxuta, portanto, colaboram para o desenvolvimento de processos altamente eficientes, de acordo com as necessidades do cliente. A eficiência, na indústria moderna, está associada diretamente à redução de custos, que deve ser o objetivo dos fabricantes de bens de consumo que procurem sobreviver no mercado atual. Durante um período de grande crescimento econômico, qualquer empresa consegue atingir custos menores com uma produção elevada, porém, no período de baixo crescimento, qualquer forma de redução de custos é difícil de ser atingida (OHNO, 1997).

Mesmo as organizações com os melhores produtos podem sair do mercado se as despesas para levar seu produto até o consumidor sejam elevadas. Dessa forma, organizações com fábricas mais eficientes têm em suas mãos a capacidade de sobreviver no longo prazo, considerando que a necessidade do produto se mantenha (SANTOS, 2022).

A entrega na maior qualidade e menor custo e tempo possível se dá por meio da eliminação contínua de desperdícios, aquilo que o cliente não está disposto a pagar. São elencados oito tipos diferentes de desperdícios, que são: movimento, espera, transporte,

correção, excesso de processamento, excesso de produção, estoque e conhecimento sem ligação (DENNIS, 2008).

Analisando o sistema de produção enxuta, observa-se, portanto, a ênfase na entrega *just-in-time*, que é sustentada pela criação de padrões e estabilização de processos. Para garantir essas características ao método de produção, a manutenção do arranjo físico é de extrema importância, permitindo a redução dos desperdícios e conseqüentemente do tempo e do custo associado ao processo.

O arranjo físico de um processo significa a maneira como os recursos de transformação são posicionados entre si e como as diferentes tarefas são alocadas a esses recursos de transformação. A definição de um arranjo físico é importante pois, caso esteja indevido, poderá causar padrões de fluxo longos ou confusos, filas de clientes, tempos de processo longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis, altos custos e uma resposta fraca para aqueles que estiverem dentro da operação (SLACK, BRANDON-JAMES e JOHNSTON, 2018).

Portanto, para uma empresa se manter no mercado atual, é necessário que esta focalize suas ações na constante redução de custos, e na eliminação de desperdícios na cadeia de valor (BONATO *et al.*, 2019). Com o objetivo de identificar as fontes de desperdícios em um sistema produtivo, é preciso conhecer detalhadamente as características associadas à obtenção do produto ou serviço em foco, incluindo os métodos, a seqüência e os tempos. O mapeamento do fluxo de valor se mostra dessa forma como uma ferramenta extremamente valiosa para compreender o nível de eficiência nas células de produção.

Um fluxo de valor pode ser entendido como toda a ação necessária para trazer um produto por meio de todos os fluxos necessários a cada produto. Um fluxo de valor da produção, portanto, irá desde a matéria prima até os braços do consumidor. A partir do mapeamento do fluxo de valor, é possível visualizar além dos processos individuais, avaliar a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material (ROTHER e SHOOK, 2012).

1.2 Problema de Pesquisa

Com base no contexto apresentado, é estabelecido o seguinte problema de pesquisa:

“Como reduzir os desperdícios presentes em células de produção para elevar a eficiência em uma indústria metalúrgica?”

1.3 Objetivos

658

Com o intuito de responder ao problema de pesquisa anteriormente estabelecido, serão expostos nessa seção os objetivos, geral e específicos, a serem alcançados com o desenvolvimento do trabalho.

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver um estudo buscando otimizar as células de produção a partir da identificação e eliminação dos desperdícios observados em um processo produtivo de uma indústria do segmento metalúrgico. Conseqüentemente, espera-se dessa forma elevar a produtividade do sistema.

1.3.2 Objetivos Específicos

A partir do objetivo geral são estabelecidos os seguintes objetivos específicos para o trabalho:

- a) Levantar na literatura os fundamentos da manufatura enxuta que permitem a identificação de gargalos e desperdícios, e que também sustentam a implementação de melhorias dentro do processo produtivo, tais como a metodologia 5S, o princípio de produção *jidoka*, o TPM, o TRF e os processos à prova de erros *poka-yoke*, dentre outros métodos alinhados ao Sistema Toyota de Produção;
- b) Analisar e mapear o fluxo das células de produção considerando os fundamentos previamente estudados como base de análise, obter informações estruturadas e orientadas para a investigação dos principais desperdícios presentes no processo;
- c) Identificar os desperdícios e gargalos do processo observado;

d) Propor a implementação de melhorias para as células de produção com base nos desperdícios identificados e soluções estruturadas presentes nos fundamentos da literatura levantada pelo trabalho.

1.4 Apresentação da Estrutura do Trabalho

659

O trabalho está dividido em 5 capítulos, os quais estão estruturados e organizados de acordo com os seguintes tópicos:

Capítulo 1: Introdução - Neste capítulo, é apresentado o conteúdo associado ao contexto e justificativa da seleção do tema de estudo, assim como o problema de pesquisa e os objetivos, indicando o direcionamento do trabalho.

Capítulo 2: Fundamentação teórica - Descreve o surgimento, evolução, principais características e ferramentas que sustentam e justificam a implementação do Sistema Toyota de Produção no meio fabril.

Capítulo 3: Método - Este capítulo caracteriza a pesquisa e orienta o estudo de acordo com os objetivos estabelecidos, elencando e adaptando as ferramentas a serem utilizadas para a análise das células de produção e aquisição dos dados.

Capítulo 4: Apresentação e Análise do Estudo de Caso - Neste capítulo, serão expostas as constatações e análise com base na observação das células de produção de acordo com os métodos estabelecidos.

Capítulo 5: Conclusões - Este capítulo apresenta as constatações finais da pesquisa, destacando a resposta ao problema de pesquisa e avaliando o alcance aos objetivos propostos do trabalho.

Ao final, são apresentadas as referências utilizadas no desenvolvimento do trabalho e os anexos/apêndices.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica por trás da manufatura enxuta, apresentando seu surgimento e evolução. A partir disso, então, serão apresentados os conceitos que sustentam e justificam sua implementação no meio fabril.

660

2.1 O Sistema Toyota de Produção

No ano de 1950, a *Toyota Motor Company* passava por um momento de forte crise econômica. A fábrica, fundada em 1937, havia produzido até aquele ano 2685 automóveis, enquanto a Rouge, fábrica da Ford sediada em Detroit, era capaz de produzir 7000 veículos em um único dia. Devido a um colapso nas vendas no ano de 1949, grande parcela dos operadores da Toyota havia sido dispensada, levando a fábrica à crise, e influenciando o engenheiro Eiji Toyoda a viajar até Detroit para estudar a Rouge e o sistema de produção em massa por ela praticado. Avaliando o que era então colocado em prática pela Ford nos Estados Unidos, Eiji Toyoda chegou à conclusão de que tal formato não era adequado às necessidades encontradas no Japão (WOMACK e JONES, 2004).

Entre os desafios encontrados pela Toyota estavam o pequeno mercado interno, que demandava uma elevada variedade de veículos (desde caminhões grandes para transportar produtos para o mercado até pequenos carros adaptados às estradas estreitas e alto custo de combustível); a economia japonesa devastada pela guerra; e a alta quantidade de fábricas de automóveis estabelecidas fora do Japão, que viam a entrada no país como uma oportunidade de crescimento. Dado esse contexto, entendem-se os motivos pelos quais o formato americano não poderia ser adaptado à fábrica da Toyota (DENNIS, 2008).

O menor volume e a alta variabilidade que o mercado japonês exigia inviabilizava, por exemplo, o uso de uma máquina de prensa para uma única peça, como era realizado na produção em massa americana. Pelo contrário, a Toyota possuía a necessidade de prensar diferentes peças na mesma máquina, o que se traduzia em menores lotes e trocas rápidas de ferramentas. Taiichi Ohno, que viria a ser tornar diretor da *Toyota Motor Company*, observou que tais práticas reduziam os custos do processo, facilitavam a identificação de defeitos e diminuíam o *lead time*

associado (DENNIS, 2008). Por meio da aplicação destas técnicas começava a surgir, portanto, o que ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção.

Segundo Dennis (2008, p.31) “A produção *lean*, também conhecida como o Sistema Toyota de Produção, representa fazer mais com menos - menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinaria, menos material - e, ao mesmo tempo, dar aos clientes o que eles querem”.

A *Japan Management Association* explica o STP por meio da Casa de Produção Lean, que é mostrada a seguir. Nela, pode-se analisar como funciona o sistema lean: em sua base, temos a estabilidade e a padronização; os seus pilares, por sua vez, são a entrega de produtos *just-in-time* e a automação com uma mente humana, o *jidoka*; estes pilares sustentam o telhado, entendido como o foco para o cliente, que se traduz em entregar o produto com a melhor qualidade e menor custo possível, com o mais curto *lead time* e voltado para a contínua eliminação de *muda* (desperdício). No centro desta estrutura temos então o envolvimento, que enfatiza a necessidade de que os membros da equipe estejam motivados, flexíveis e sempre em busca de melhorar continuamente.

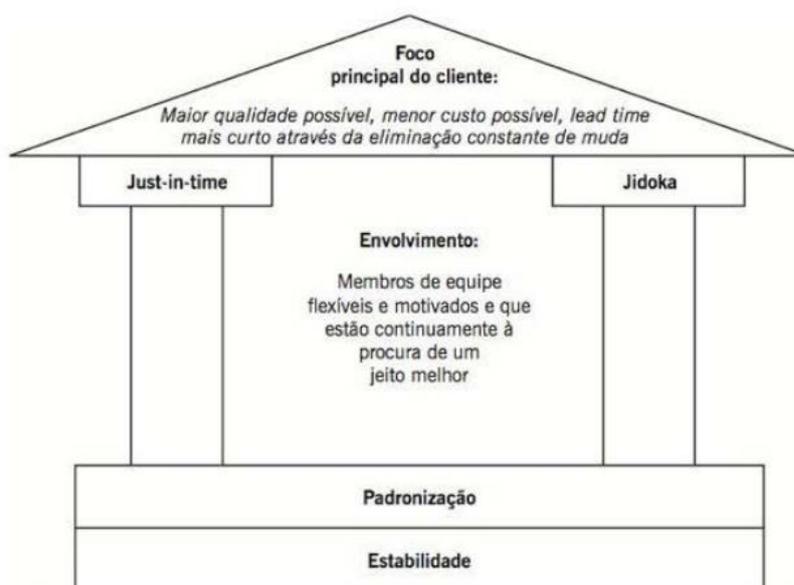


Figura 2.1. A Casa de Produção Lean.

Fonte: Dennis (2008, p.37).

Para aplicar, portanto, o Sistema Toyota de Produção, são utilizados métodos e ferramentas associadas à estrutura da produção *lean*, tais como o sistema 5S, o TPM (Manutenção Produtiva Total), o TRF (troca rápida de ferramenta), o trabalho padronizado, os dispositivos *Poka-yoke* e os círculos *Kaizen*, caracterizados por um processo de melhoria contínua e gradual. Essas atividades, juntas, colaboram então para a redução dos desperdícios e do tempo *takt* associado.

2.1.1 Os tipos de desperdícios

De acordo com Ohno (1997, p. 39), “A verdadeira melhoria na eficiência surge quando produzimos zero desperdício e levamos a porcentagem de trabalho para 100%”. Assim, o Sistema Toyota de Produção tem como primeiro objetivo a identificação dos desperdícios, sendo estes classificados em (OHNO, 1997):

1. Desperdício de superprodução: O desperdício de superprodução, ou excesso de produção, indica a produção de produtos que não serão vendidos, e resulta na construção e manutenção de grandes depósitos; maior número de trabalhadores, peças e materiais; maior gasto de energia, combustível e eletricidade; maior número de empilhadeiras, reboques e paletes; e na ocultação de problemas e oportunidades de melhorias;
2. Desperdício de tempo disponível (espera): O desperdício de espera, por sua vez, ocorre quando é necessário que um trabalhador aguarde a entrega de um material, o retorno do funcionamento de uma linha de produção ou ainda o processamento de uma peça na máquina. Outro caso associado é quando existem muitos produtos em processo por razões de lotes grandes, problemas em processos anteriores da linha ou ainda defeitos que necessitam de correção;
3. Desperdício em transporte: O desperdício em transporte está associado a fatores como *layout* ineficiente, equipamento de tamanho excessivo e produção de lotes, enquanto o desperdício do processamento, ou excesso de processamento está relacionado à produção de mais do que o cliente realmente deseja;

4. Desperdício do processamento em si: Este desperdício está associado ao excesso de processamento, ou seja, produzir mais do que o cliente realmente deseja.;
5. Desperdício de estoque disponível: O desperdício de estoque está diretamente ligado às características do fluxo da fábrica, e às condições de produção desacoplada com o ritmo do mercado. Assim, o estoque pode ser associado a um manejo desnecessário de matéria prima, peças e produtos em processo;
6. Desperdício de movimento: O desperdício de movimento pode ser associado tanto ao componente humano quanto mecânico. Este desperdício é visto do ponto de vista humano quando é analisada a ergonomia do local de trabalho, podendo afetar tanto a produtividade quanto a qualidade e a segurança. Analisando os movimentos mecânicos, o desperdício se dá pela distância desnecessária entre máquinas, levando a uma movimentação por parte do operador;
7. Desperdício de produzir produtos defeituosos: O desperdício de produzir produtos defeituosos, também visto como desperdício de correção por Dennis, está associado a todo material, tempo e energia envolvidos na produção e no conserto de defeitos.

Além dos sete desperdícios pontuados por Ohno (1997), Dennis (20008) observa também a existência de um oitavo desperdício: o conhecimento sem ligação. Este desperdício ocorre quando não há comunicação entre funcionários de uma empresa, ou entre empresa e clientes, ou ainda entre clientes e fornecedores. Tal falta de comunicação impede o fluxo de conhecimento, ideias e criatividade, levando à perda de oportunidades.

2.1.2 O trabalho padronizado

O trabalho padronizado é composto, basicamente por três elementos: tempo *takt*, sequência de trabalho e estoque em processo, a serem explicados a seguir (DENNIS, 2008):

a) Tempo *takt*:

O tempo *takt* permite a obtenção da frequência de demanda, ou, em outras palavras, com qual frequência deve-se produzir um determinado produto. Seu cálculo é realizado de acordo com a Equação 2.1.

$$Takt = \frac{\text{Tempo de operação diária}}{\text{Quantidade exigida por dia}} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

Tendo conhecimento do tempo *takt* e do tempo de ciclo (tempo real necessário para completar o processo), é possível então sincronizar ambos o máximo possível. A partir da sincronização, pode-se, portanto, integrar os processos em uma célula de produção, permitindo então que as peças possam ser processadas uma de cada vez ou em pequenos lotes constantes.

A partir do tempo *takt* é possível entender também a situação de produção apenas com a observação. Se o tempo *takt* for, por exemplo, de 1 minuto, um produto poderá ser visto passando a cada minuto. Porém, se o produto for visto em um período diferente, ficará claro que está ocorrendo algum problema ao longo do fluxo;

b) Sequência de trabalho:

A sequência de trabalho é entendida como a ordem em que o trabalho é realizado em um determinado processo. Para definir a melhor maneira de realizar cada ação de trabalho e a sequência mais apropriada, podem ser utilizados imagens e desenhos demonstrando, por exemplo, como deve ser a postura, forma de segurar ferramentas e modo de movimentação dos pés e mãos;

c) Estoque em processo:

Entende-se estoque em processo como a quantidade mínima de peças de trabalho incompletas necessárias para que o operador finalize o processo sem ficar ocioso na frente de uma máquina. Existem circunstâncias específicas nas quais o estoque em processo deve ser aumentado, como quando verificações de qualidade exigem mais peças de trabalho e quando as temperaturas precisam diminuir antes do início da operação seguinte.

A *Japan Management Association* apresenta três formulários como ferramentas para definir o trabalho padronizado. Estes são o quadro de capacidade de produção, tabela de combinação de trabalho padronizado e diagrama padronizado.

a) Quadro de capacidade:

O quadro de capacidade de produção é responsável por determinar a capacidade de uma máquina em um processo pela documentação dos tempos manuais e da máquina, apoiando

dessa forma a identificação de gargalos. A capacidade pode ser calculada da maneira exposta na Equação 2.2.

$$Capacidade = \frac{Tempo\ operacional\ por\ turno}{(tempo\ de\ processo + tempo\ de\ setup/intervalo)} \quad (Eq. 2.2)$$

Um exemplo de quadro de capacidade de produção é mostrado no Quadro 2.1;

Quadro 2.1. Exemplo de quadro de capacidade da produção

Gerente	Supervisor	Folha de capacidade de produção padronizada	No. peça 17111-39010		Tipo de unidade 22R		Seção 532 542		Nome Suzuki Sato		
			Nome da peça	Conduto de admissão	No. de unidades 1						
No. processo	Nome do processo	No. M/C	Tempo de operação básico					Troca de ferramentas		Capacidade	Comentários
			Tempo manual	Tempo auto	Tempo para completar		Intervalo entre trocas	Tempo tomado			
1	Face anexada colocada em funcionamento	MIL 1764	Min 3	Seg 25	Min 28	Seg 28	100	1*00"	965		
2	Perfurar buraco do parafuso	DR 2424	3	21	24	1000	30"	1148			
3	Rosquear fios	TP 1101	3	11	14	1000	30"	967			
4	Verificar qualidade (passo da rosca)		5		5			5520			
Total			14								

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

b) Tabela de combinação de trabalho padronizado:

A tabela de combinação de trabalho padronizado, por sua vez, é responsável por exibir uma série de informações, as quais são:

- 1) Os elementos de trabalho e sua sequência;
- 2) O tempo por elemento de trabalho;
- 3) O tempo por operador e de máquina;
- 4) A interação entre operadores e máquinas ou a interação entre operadores diferentes.

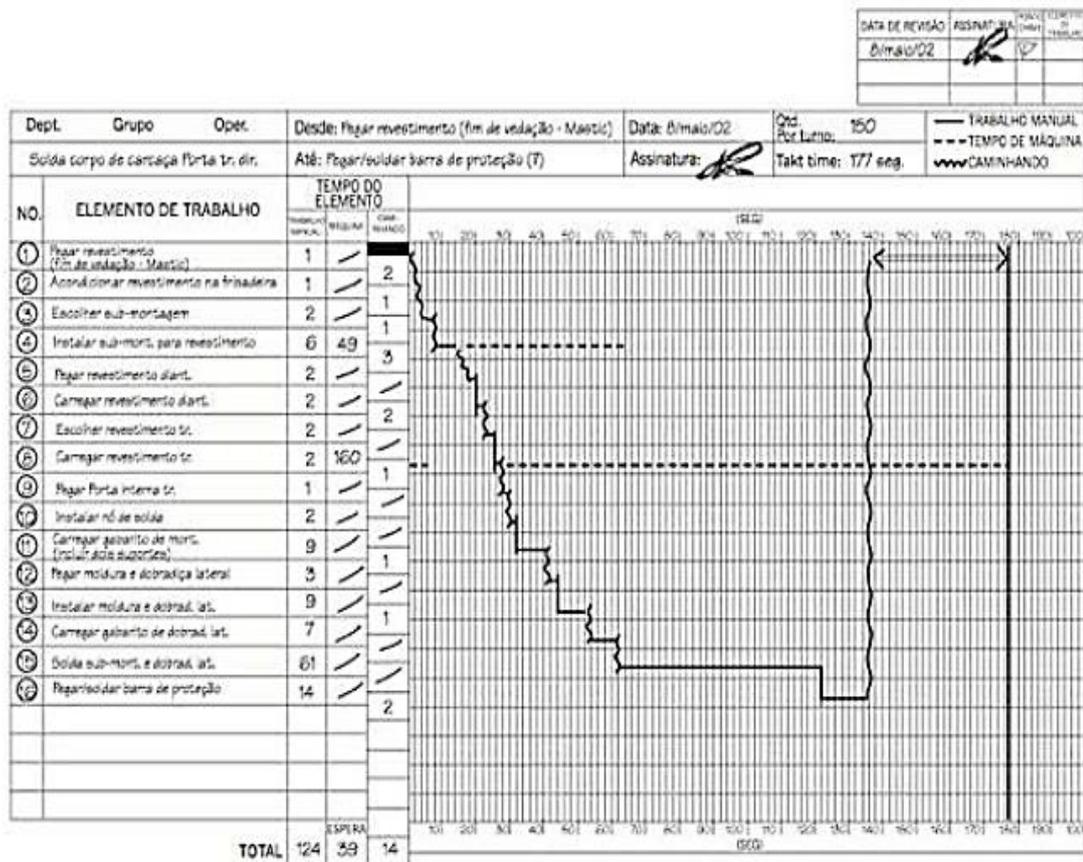
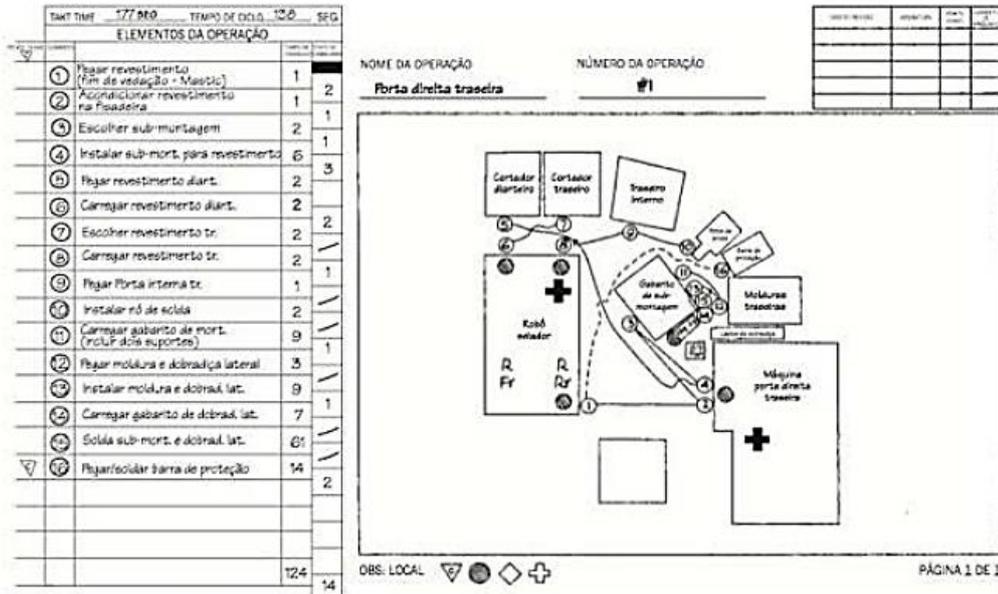


Figura 2.2. Exemplo de tabela de combinação de trabalho padronizado

Fonte: Dennis (2008, p.73)

c) Diagrama de trabalho padronizado:

Os diagramas de trabalho padronizado abrangem o *layout* de trabalho, etapas de processos e tempos, estoque em processo padronizado e itens cruciais de qualidade e segurança. Seu objetivo é racionalizar o *layout* e instruir os funcionários.



667

Figura 2.3. Exemplo de diagrama de trabalho padronizado

Fonte: Dennis (2008, p.74)

Além dos citados anteriormente, a folha de elementos de trabalho é outro formulário de suma importância para o trabalho padronizado. Nela, é descrita a ação (ou conjunto de ações) mínima necessária para o andamento de um processo, além de imagens e fotos que evidenciam pontos importantes, do fundamento lógico e do registro de revisão (DENNIS, 2008).

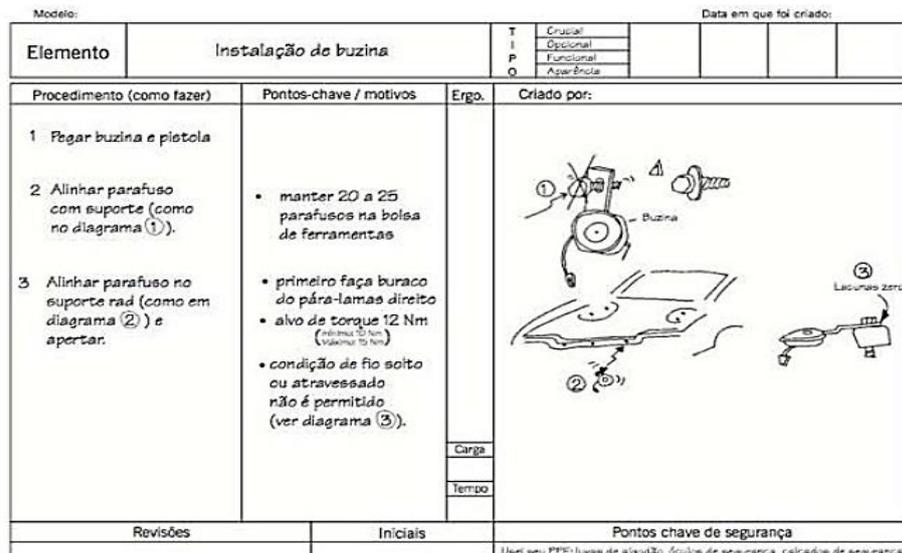


Figura 2.4. Exemplo de folha de elementos de trabalho

Fonte: Dennis (2008, p.75)

A partir dessas ferramentas, é possível portanto planejar o trabalho planejado para uma área de produção, buscando sempre o equilíbrio dos tempos de ciclo, a sobreposição das áreas de responsabilidade e a mínima distância entre os trabalhadores (DENNIS, 2008).

Por meio do trabalho padronizado, encontra-se então uma maneira de garantir a estabilidade do sistema produtivo, trazendo consistência e robustez ao processo e organizando e sistematizando o conhecimento dos colaboradores (FERRONATO, 2019).

2.1.3 O sistema de produção Just-in-time

De acordo com Slack, Brandon-James e Johnston (2018, p.554), “*Just-in-time* é definido como movimentação rápida e coordenada de componentes ao longo do sistema de produção e rede de suprimento para atender à demanda do cliente”. O JIT é colocado em prática por meio de *heijunka*, responsável pelo nivelamento e suavização do fluxo de produtos; do *kanban*, método de sinalização para o processo preliminar quanto à necessidade de mais componentes; e o *nagare*, organização de processos com o intuito de tornar o fluxo de componentes pela produção mais regular ((SLACK, BRANDON-JAMES e JOHNSTON, 2018).

Em um processo de fluxo que trabalhe de acordo com o sistema *just-in-time*, os componentes corretos necessários para a montagem chegam à linha de montagem somente no momento que são necessários e apenas na quantidade necessária (OHNO, 1997).

O *heijunka* é colocado em prática por meio da distribuição do volume e da mistura de produção de maneira equilibrada ao longo do tempo, ou seja, alternando lotes menores de diferentes tipos de produto. A partir do nivelamento da produção, tem-se como resultado uma diminuição do lead time, do WIP (estoque em processo) e do estoque de produtos finais. Além disso, com a aplicação do *heijunka* os operadores sofrem menor desequilíbrio e sobrecarga. Além disso, o nivelamento facilita o cálculo das necessidades de pessoal, equipamento e material (DENNIS, 2008).

Segundo Dennis (2008, p.90), “Um *kanban* é uma autorização para produzir ou parar”. O *kanban* conter ainda outras informações, como o fornecedor do produto, cliente, local de armazenamento e instruções de transporte. Esta ferramenta pode se apresentar de outras maneiras, tais como uma lacuna, indicando que alguém retirou um produto e que o espaço deve

ser preenchido; uma linha em uma prateleira de estoque, que indica a necessidade de produção de peças de reposição; ou ainda uma luz em um painel de controle de produção (DENNIS, 2008).

2.1.4 *Jidoka*: Automação com uma mente humana

O termo *jidoka*, na visão da Toyota, é entendido como “automação com uma mente humana” e tem seu foco na identificação de erros e tomada de contramedidas rápidas por parte dos trabalhadores e das máquinas inteligentes (DENNIS, 2008). De acordo com Dennis (2008, p.109), “*jidoka* significa criar processos livres de defeitos por constantemente fortalecer:

- a) A capacidade do processo;
- b) A contenção. Os defeitos são rapidamente identificados e contidos em uma zona;
- c) O feedback. Para que rápidas contramedidas possam ser tomadas”.

Em outras palavras, entende-se, portanto, que a máquina está disponível para servir ao propósito do operador, o qual tem a liberdade para realizar o seu julgamento. A operacionalização do *jidoka* pode ser por meio de um *jidoka* mecânico (utilização de mecanismos “à prova de falhas”, ou *poka-yokes*), humano (autoridade para interromper a linha de montagem), ou ainda por meio do controle visual (status e conformidade dos padrões do processo) (SLACK, BRANDON-JAMES e JOHNSTON, 2018).

Shigeo Shingo identifica duas formas nas quais o *poka-yoke* pode ser aplicado na correção de erros: o método de controle, por meio do qual a máquina ou linha de processamento para, permitindo a correção do erro; e o método de advertência, no qual um alarme soa ou uma luz sinaliza, com o intuito de alertar o operador.

Os métodos de controle, por sua vez, podem ser divididos em três tipos:

- a) Método de contato: Identifica os defeitos de acordo com a existência ou não de contato entre o dispositivo e alguma característica relacionada ao formato e/ou dimensão do produto em análise;
- b) Método de conjunto: Verifica se um determinado número de atividades esperadas foram realizadas;

c) Método das etapas: Verifica se os estágios ou operações determinadas para um certo procedimento são seguidos (SHINGO, 1996).

2.1.5 O Sistema 5S

O sistema 5S pode ser entendido como um método simples de organização das áreas de trabalho. De acordo com Slack, Brandon-James e Johnston (2018, p.571); “A terminologia 5S veio originalmente do Japão, e embora a tradução seja aproximada, ela é, geralmente, adotada para representar o seguinte:

1. Separe (*seiri*) - Elimine o que não é necessário e mantenha o necessário;
2. Organize (*seiton*) - Posicione as coisas de tal forma que sejam facilmente alcançadas sempre que necessário;
3. Limpe (*seiso*) - Mantenha tudo limpo e arrumado; nenhum lixo ou sujeira na área de trabalho;
4. Standardize (*seiketsu*) - Mantenha sempre a ordem e a limpeza - arrumação permanente;
5. Sustente (*shitsuke*) - Desenvolva o comprometimento e orgulho em manter padrões.”

A partir da aplicação dos 5S, busca-se gerar um ambiente de trabalho que apresente ordem visual, organização, limpeza e padronização. Com isso, o objetivo é que desperdícios associados, por exemplo, à incerteza, espera e busca de informações sejam eliminados. Conseqüentemente, ocorre a redução da desordem, e os itens necessários são encontrados sempre nos mesmos lugares, tornando o trabalho mais rápido e fácil (SLACK, BRANDON-JAMES e JOHNSTON, 2018).

Pela implementação do programa 5S, almeja-se obter uma ferramenta de apoio para a melhoria de processos e métodos, com foco na mudança de atitudes e valores das pessoas, estimulando um espírito de rigor e disciplina no ambiente de trabalho (GUARNIERI et al, 2015).

2.1.6 TPM - A Manutenção Produtiva Total

A TPM associa um procedimento de manutenção básica aos membros da equipe de produção de uma organização. Estes procedimentos envolvem, por exemplo, inspeção, limpeza, lubrificação e ajustes. A partir deste trabalho, os membros da equipe de manutenção ficam livres para a realização de outros procedimentos de alto valor, tais como manutenção preventiva, treinamentos, melhorias e vistorias de equipamento (NAKAJIMA, 1988). Dessa forma, com o TPM, a responsabilidade pelos equipamentos se torna compartilhada pelas equipes de manutenção e produção (DENNIS, 2008).

A TPM tem como objetivo principal engajar os membros de equipe na eliminação de seis grandes perdas, responsáveis por reduzir a eficiência do maquinário (HARTMANN, 1992):

- a) Avaria de equipamento;
- b) Atrasos na montagem e nos ajustes;
- c) Tempo ocioso e pequenas paradas;
- d) Velocidade reduzida (velocidade real da máquina em relação à velocidade projetada);
- e) Defeitos de processamento;
- f) Rendimento reduzido.

Seiichi Nakajima (1988, p.36) avalia que as causas de falhas dos equipamentos mudam com o passar do tempo. Na Figura 2.5, chamada de “curva da banheira”, vemos no eixo vertical a taxa de falhas e quebras de máquina, enquanto o eixo horizontal representa a vida útil do equipamento. Ao analisar essa figura, percebe-se a seguinte situação: quando o equipamento é novo, há uma elevada taxa de falhas (período de falha de inicialização), que eventualmente cai e estabiliza, se mantendo em determinado nível (abaixo da taxa de avaria especificada) por um longo período (período de falhas por acaso). Então, quando o equipamento se aproxima do fim de sua vida útil, essa taxa se eleva novamente (período de falha por desgaste).

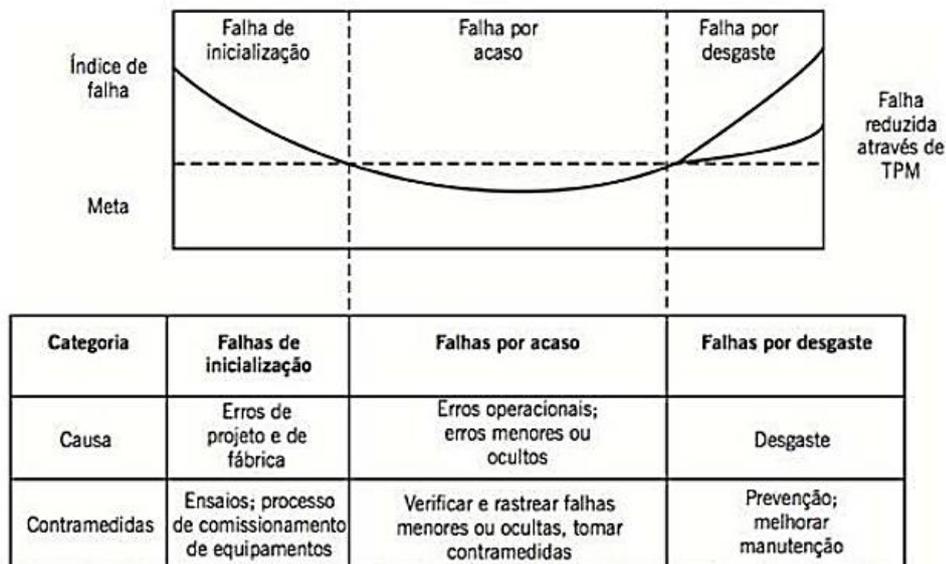


Figura 2.5. A “curva da banheira”, causas e contramedidas de falhas

Fonte: Dennis (2008, p.59)

As principais causas associadas às falhas de inicialização são erros de projeto e manufatura. Com o intuito de eliminar tais falhas, testes devem ser realizados pelo departamento de projeto e, em seguida, melhorias de manutenção devem ser buscadas para que fraquezas sejam descobertas e tratadas. Analisando por sua vez as falhas por acaso, observa-se que tais ocorrem principalmente por erros operacionais, dessa forma, a melhor maneira de garantir que essas falhas não ocorram é preparando adequadamente o operador para utilizar o equipamento (NAKAJIMA, 1988).

As falhas por desgaste, por sua vez, ocorrem devido à vida útil natural dos componentes do equipamento. Essa vida útil pode ser estendida por meio da própria melhoria da manutenção e da aplicação da manutenção preventiva. É importante observar que a manutenção preventiva é uma contramedida efetiva para todos os três tipos de falhas, e que a TPM depende da cooperação de todos os departamentos para ter êxito (NAKAJIMA, 1988).

Na Figura 2.6, pode-se observar a pirâmide de perda de máquina. A partir dela, é possível constatar uma relação entre incidentes de diferentes escalas: no topo estão as avarias, que resultam na perda de função, passando por paradas menores (com redução de função), falhas

menores (sem redução de função) e chegando até a base, com as falhas ocultas (DENNIS, 2008).

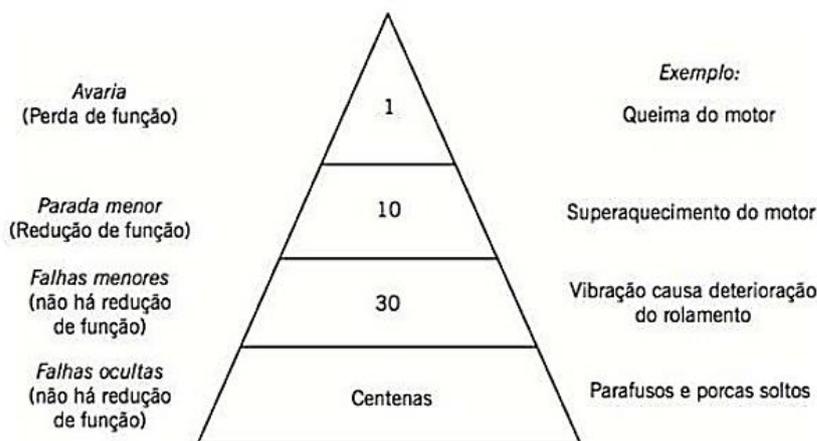


Figura 2.6. A pirâmide de perda de máquina

Fonte: Dennis (2008, p.60)

Por meio da pirâmide, é importante notar que as avarias representam apenas uma pequena parcela dos incidentes observados em sua totalidade. Quando comparadas às avarias, as paradas e falhas menores ocorrem em grande quantidade, da mesma forma que as falhas ocultas acontecem às centenas. Assim, a busca pelas falhas menores e ocultas com o intuito de prevenir as avarias é de suma importância. Nas palavras de Dennis, “O TPM significa ouvir e observar as anomalias e tomar uma atitude antes da avaria acontecer”.

Para que os membros da equipe de produção possam colaborar na verificação, relato e correção de falhas ocultas e paradas menores, devem ser criadas listas de verificação para cada componente importante de equipamento, e um sistema que permita a visualização da situação (DENNIS, 2008). Um exemplo de lista de verificação pode ser visto na Figura 2.7.

Departamento _____	Seção _____	
Mês _____	Equipe _____	
Máquina _____	No. da máquina _____	
Pontos Centrais de Verificação _____		
Padrões _____		
Dia:	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	
Resultado 1:		
Resultado 2:		
Resultado 3:		
Comentário:		

Figura 2.7. Lista de verificação TPM.

Fonte: Dennis (2008, p.61).

2.1.7 Troca Rápida de Ferramenta

O tempo de *setup* pode ser dividido em quatro funções (SHINGO, 1989):

- a) Preparação da matéria-prima, dispositivos de montagem e acessórios - 30%;
- b) Fixação e remoção de matrizes e ferramentas - 5%;
- c) Centragem e determinação das dimensões das ferramentas - 15%;
- d) Processamentos iniciais e ajustes - 50%.

De acordo com Shingo (1989), as 8 principais técnicas TRF buscam reduzir o tempo de *setup* em cada umas dessas funções, são:

1. Separação das operações de *setup* internas e externas:

Nesta etapa, é necessário identificar inicialmente quais operações são de *setup* interno, quando devem ser executadas com a máquina parada, e quais operações são de *setup* externo, que devem ser realizadas com a máquina funcionando. Enquanto o *setup* interno deve ser limitado à remoção da ferramenta anterior e fixação da ferramenta atual, o *setup* externo pode estar associado por exemplo ao transporte de dispositivos, ferramentas e materiais;

2. Converter *setup* interno em externo

Para a realização desta técnica, é necessário reexaminar as operações e observar se existem etapas que foram erroneamente definidas como internas e então encontrar formas de torná-las externas. Um exemplo simples é o uso de calços em matrizes para eliminar o *setup* interno relacionado ao ajuste de altura desta;

3. Padronizar a função, não a forma:

Enquanto a padronização da forma e do tamanho exige que todas as matrizes tenham que se adequar ao maior tamanho utilizado, elevando os custos de forma desnecessária, a padronização da função necessita somente da uniformidade das peças necessárias à operação de *setup*;

4. Utilizar grampos funcionais ou eliminar os grampos:

Mecanismos como os parafusos exigem a realização de uma série de movimentos para a fixação, como um alto número de rotações: um parafuso de 15 fios de rosca precisa ser girado 14 vezes até que seja realmente apertado no último giro, consumindo um tempo elevado. Buscando reduzir consideravelmente o tempo de *setup*, podem então ser aplicados os “métodos de um único toque”, que utilizam de formas rápidas de fixar objetos, tais quais cunhas, ressaltos, prendedores e molas;

5. Usar dispositivos intermediários:

A partir do uso de tais dispositivos, é possível eliminar esperas associadas à realização de ajustes durante *setups* internos: enquanto a peça ligada a um dispositivo se encontra em processo, a próxima peça é centrada e presa a um segundo dispositivo. Ao fim da primeira peça, é possível então instalar o segundo dispositivo e iniciar o processamento em um menor tempo;

6. Adotar operações paralelas:

Em grandes máquinas que exigem, por exemplo, *setup* nas partes frontal e posterior, a execução do *setup* por um único operador leva à elevada movimentação em torno da máquina. Para evitar este desperdício de tempo, é possível então utilizar duas pessoas operando simultaneamente no *setup* da máquina, não apenas cortando o tempo de *setup* pela metade como também reduzindo a movimentação associada;

7. Eliminar ajustes:

O primeiro passo para a eliminação de ajustes é compreender que preparação e ajuste são funções separadas. Nas palavras de Shigeo Shingo (1989, p.85): “Preparação ocorre na mudança de posição de um interruptor de fim de curso. O ajuste ocorre quando o interruptor de fim de curso é testado e repetidamente ajustado em uma nova posição”. A adoção de um padrão para determinar precisamente a posição correta do interruptor de fim de curso pode então eliminar os ajustes, e tornar a preparação a única operação necessária;

8. Mecanização:

A mecanização pode ser utilizada para facilitar, por exemplo, o transporte de matrizes a partir da pressão de ar ou óleo. Apesar disso, este investimento deve ser pensado com cuidado, tendo em vista que os esforços associados aos 7 princípios anteriores podem reduzir um *setup* de 2 horas para 3 minutos, enquanto a mecanização reduzirá esse tempo em apenas mais um minuto.

2.1.8 Arranjo Físico

O arranjo físico (também conhecido como *layout*) de uma operação ou processo é entendido como a forma com que os recursos de transformação são alocados entre si, a maneira como as tarefas são alocadas a esses recursos e aparência geral dos mesmos. A partir do arranjo físico, a progressão dos recursos pela operação ou processo apresentarão um padrão e natureza específicos (SLACK, BRANDON-JAMES e JOHNSTON, 2018).

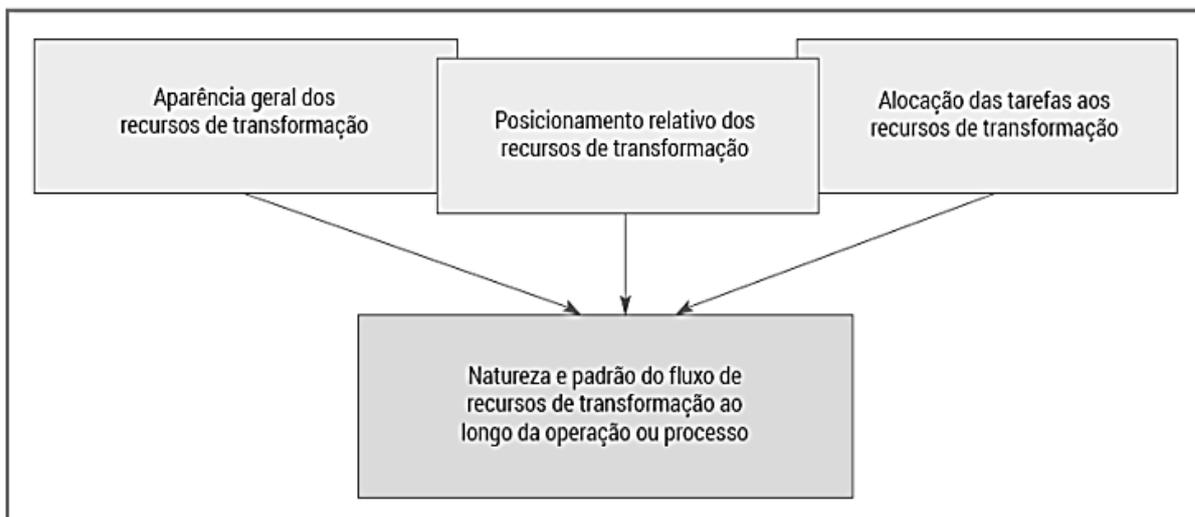


Figura 2.8. Fatores de envolvimento do arranjo físico.

Fonte: Slack, Brandon-James e Johnston (2018, p.220)

Assim, a atenção ao *layout* é de extrema importância, visto que a adoção de um modelo inadequado pode causar, nas palavras de Slack (2018, p.220): “padrões de fluxos muito longos ou confusos, filas de clientes, longos tempos de processo, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis, altos custos e uma resposta fraca para os que estiverem dentro da operação, sejam eles clientes ou funcionários”.

Dessa forma, entende-se que um fluxo otimizado pode ser garantido por meio de um arranjo físico efetivo, o que permite o atravessamento dos produtos pelo sistema produtivo mais rapidamente, reduzindo conseqüentemente o *lead time* de produção (FERRONATO, 2019).

Para a definição de um arranjo físico adequado, é necessário primeiramente entender quais as metas estratégicas da operação em análise. Apesar disso, podem ser definidos objetivos gerais associados a um bom arranjo físico, tais como segurança contra riscos e acidentes, segurança contra riscos intencionais, extensão do fluxo, minimização de atrasos, redução do trabalho em andamento, clareza do fluxo, condições dos funcionários, comunicação, coordenação da administração, acessibilidade, uso do espaço, flexibilidade a longo prazo e imagem da organização.

Os arranjos físicos podem ser divididos em quatro tipos básicos, sendo eles (SLACK, BRANDON-JAMES e JOHNSTON, 2018):

- a) Arranjo físico posicional:

Também conhecido como arranjo físico de “posição fixa”, este arranjo é caracterizado pela movimentação de equipamento, maquinário, instalações e pessoas, enquanto o produto em processamento permanece no lugar. Tal condição ocorre por diferentes razões, tais como quando o produto é muito grande ou delicado para ser movimentado de maneira conveniente;

b) Arranjo físico funcional:

Neste formato de arranjo físico, recursos ou processos similares estão localizados próximos, o que pode ocorrer pela conveniência de reuni-los ou pelo benefício na utilização dos recursos de transformação. Assim, quando um produto flui por meio da operação, este percorre um plano processo a processo, de acordo com suas características. Este arranjo resulta, portanto, na formação de inúmeras rotas, trazendo complexidade para o padrão de fluxo da operação;

c) Arranjo físico celular:

No arranjo físico celular, os recursos transformados que entram na operação são pré-selecionados com destino a uma célula, ou parte da operação, onde todos os recursos de transformação são encontrados, com o intuito de atender às necessidades de processamento imediato. O arranjo físico celular pode ser visto como uma forma de reduzir a complexidade do fluxo caracterizada pelo arranjo físico funcional;

d) Arranjo físico em linha:

Também conhecido como arranjo físico por produto, é caracterizado por localizar os recursos de transformação completamente de acordo com a maior conveniência dos recursos transformados. Dessa forma, cada produto segue um roteiro pré-estabelecido, no qual a sequência de atividades é coincidente com a sequência que os processos foram arranjados fisicamente. Este tipo de arranjo facilita a visualização do fluxo, aumentando assim o controle e a previsibilidade.

Além dos arranjos físicos básicos elencados anteriormente, é possível também combinar os elementos dos diferentes tipos de *layout*, resultando em arranjos físicos mistos, de acordo com as necessidades da organização em análise. A escolha de um arranjo físico irá depender de características de volume e variedade, como pode ser observado na Figura 2.9 (SLACK, BRANDON-JAMES e JOHNSTON, 2018).

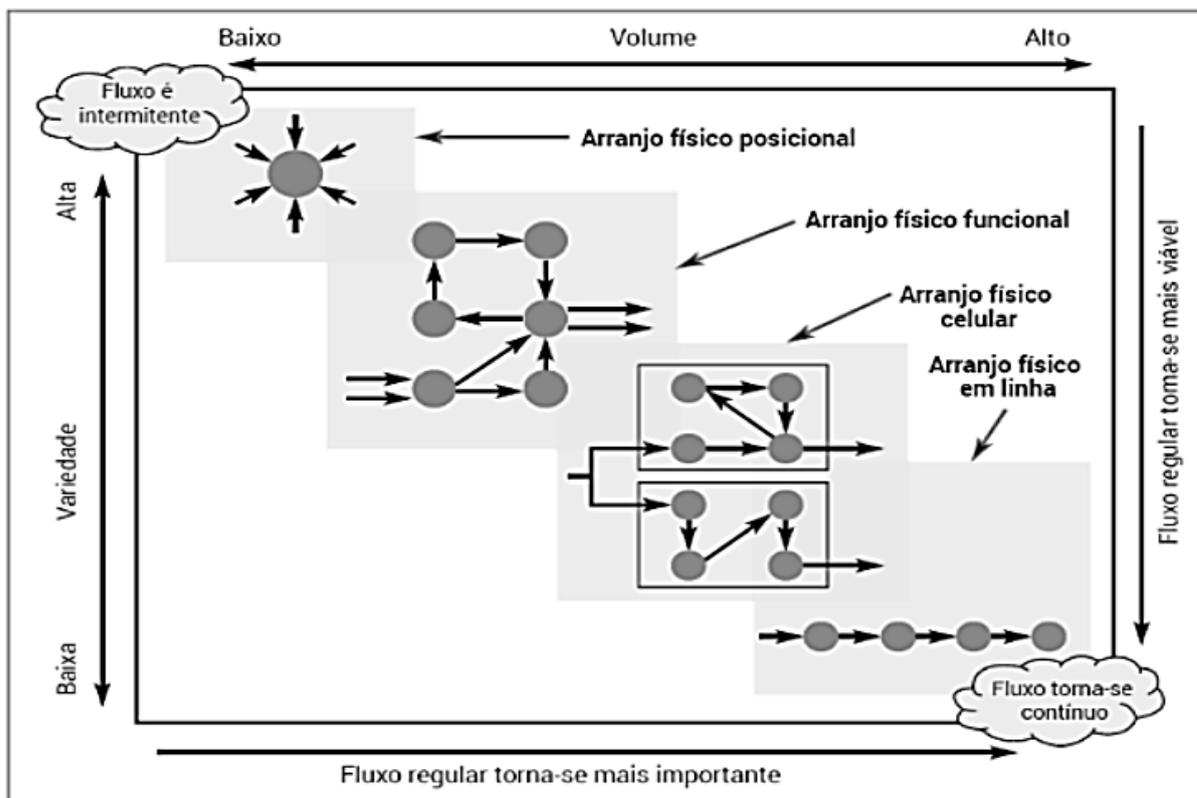


Figura 2.9. Arranjos físicos apropriados para diferentes combinações de volume e variedade

Fonte: Slack, Brandon-James e Johnston (2018, p.233)

2.1.9 Mapeamento de Fluxo de Valor

Um fluxo de valor pode ser entendido como toda ação necessária para trazer um produto por todos os fluxos fundamentais ao mesmo, sendo eles o fluxo de produção desde a matéria prima até o consumidor; e o fluxo do projeto do produto, partindo da concepção até o lançamento. O mapeamento do fluxo de valor, por sua vez, é uma ferramenta de representação visual do fluxo de valor, representando tanto o fluxo de material quanto o de informação detalhadamente. A partir do mapeamento do fluxo de valor, é possível identificar as fontes de desperdício, e formar a base de um plano de implementação.

Para a realização do mapeamento do fluxo de valor, é necessário primeiramente selecionar uma família de produtos, ou seja, um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns em seus processos. Então,

andar pela fábrica e desenhar as etapas de processamento de material e informação, de porta-a-porta da organização (mapeamento do estado atual).

Com as informações obtidas no chão de fábrica, é possível iniciar o desenvolvimento do estado futuro. Encerrados os mapeamentos atual e futuro, se inicia então a preparação do plano de implementação descrevendo, em uma página, como se planeja atingir o estado futuro (ROTHER e SHOOK, 2012).

2.1.10 Diagrama Espaguete

O Diagrama Espaguete é entendido como o Diagrama do caminho percorrido por um produto na medida em que ele é movimentado ao longo de um fluxo de valor. Ele possui este nome devido ao fato de que, na produção em massa, a rota dos produtos normalmente se assemelha a um prato de espaguete, como pode ser observado na Figura 2.10 (MARCHWINSKI, 2003).

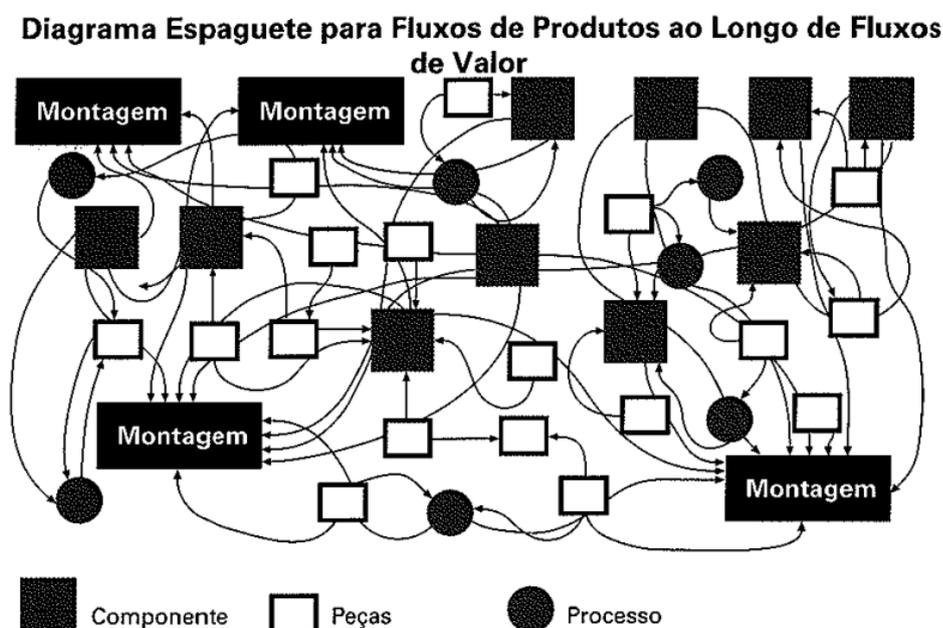


Figura 2.10. Diagrama Espaguete para Fluxos de Produtos ao Longo de Fluxos de Valor

Fonte: Marchwinski (2003, p.18)

2.1.11 Kaizen

Kaizens são entendidos como esforços de melhoria contínua, executados por todos, com foco principal na busca pela eliminação de desperdícios. Um Evento *Kaizen*, por sua vez, é compreendido como uma equipe dedicada à implantação rápida de uma ferramenta ou método do Sistema Toyota de Produção, em uma área determinada e um período de tempo reduzido (ARAUJO e RENTES, 2006).

Como exibido pela Figura 2.10, o *Kaizen* pode ser dividido em dois tipos, ambos necessários para a melhoria contínua de uma empresa (ROTHER e SHOOK, 2012):

1. *Kaizen* de fluxo: concentra-se no fluxo de valor e de informação, realizado principalmente pela alta gerência;
2. *Kaizen* de processo: focalizado no fluxo de pessoas e processos, voltado à eliminação de desperdícios. É voltado principalmente ao nível do chão de fábrica.

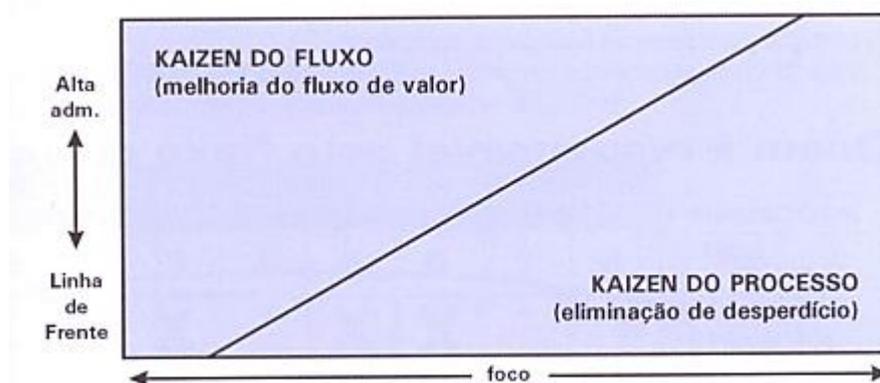


Figura 2.11. Tipos de Kaizen

Fonte: Rother e Shook (2012, p.8)

2.2 Medidas de Eficácia de Máquina

Nesta seção, serão apresentados indicadores que colaboram para a análise das células de produção a partir de diferentes aspectos, formando assim um meio para estudo da eficiência dos processos.

2.2.1 Eficiência global dos equipamentos

A eficiência global dos equipamentos, também conhecida como OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), pode ser definida como um indicador que busca analisar a eficiência dos equipamentos a partir do equilíbrio entre produção, qualidade e performance. Para a aplicação do OEE em uma organização, é necessário identificar as principais perdas em equipamentos e, a partir destas realizar a análise e entendimento da causa raiz do problema, aquela que está ocasionando o baixo rendimento da máquina (SOUZA e CARTAXO, 2016).

A medição do OEE, portanto, dá suporte para que os gestores de uma organização possam tomar decisões assertivas com relação à produção e destinar os recursos em longo prazo de maneira eficiente (DESIOMBRA, 2014).

O cálculo do OEE é realizado de acordo com a Equação 2.3 (CHIARADIA, 2004).

$$OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade \quad (\text{Eq. 2.3})$$

A disponibilidade está associada à relação existente entre o tempo total disponível do equipamento com o tempo no qual o equipamento realmente ficou em operação. São causas de redução na disponibilidade, por exemplo, quebras de equipamento, *setup*, ajustes e perdas por utilização. A disponibilidade é calculada de acordo com a Equação 2.4.

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo total disponível} - \text{Tempo de paradas não programadas}}{\text{Tempo total disponível}} \quad (\text{Eq. 2.4})$$

A performance, por sua vez, demonstra o quanto o tempo de ciclo real está próximo do tempo teórico, avaliando, portanto, o ritmo de produção do equipamento. Assim, velocidades menores que as teóricas e paradas são responsáveis por quedas na performance do equipamento. A performance é determinada pela Equação 2.5.

$$Performance = \frac{\text{Tempo ciclo teórico} * \text{Quantidade Produzida}}{\text{Tempo de operação}} \quad (\text{Eq. 2.5})$$

Por fim, a qualidade está relacionada á geração de produtos defeituosos. Assim, a fabricação de refugos e a necessidade de retrabalhos levam à redução da qualidade. A Equação 2.6 apresenta o cálculo da qualidade.

$$Qualidade = \frac{Produção\ Total - Refugos\ e\ Retrabalhos}{Produção\ Total} \quad (Eq. 2.6)$$

683

2.2.2 Indicadores de manutenção

O MTBF, sigla para *Mean Time Between Failures*, é um indicador que permite avaliar o tempo médio entre falhas dentro de um período analisado. Seu cálculo pode ser realizado da maneira exposta na Equação 2.7.

$$MTBF = \frac{Horas\ disponíveis\ do\ equipamento\ para\ a\ operação}{Número\ de\ intervenções\ corretivas} \quad (Eq. 2.7)$$

Assim, se o valor do MTBF for aumentando ao passar do tempo, isto significa que o número de intervenções corretivas vem diminuindo e, conseqüentemente, o total de horas disponíveis para a operação aumentando (VIANA, 2002).

O MTTR, sigla para *Mean Time to Repair*, diz respeito ao tempo médio de reparo dentro de um período analisado, podendo ser obtido pela Equação 2.8.

$$MTTR = \frac{Somatório\ dos\ tempos\ de\ reparo}{Número\ de\ intervenções\ corretivas\ observadas} \quad (Eq. 2.8)$$

Dessa forma, pode-se compreender que quanto menor o MTTR ao passar do tempo, menor o impacto dos reparos corretivos na produção (VIANA, 2002).

2.3 Estudo de tempos

O estudo de tempos consiste na medida e análise dos tempos padrões de produção. A partir das medidas de tempo padrão, é possível estabelecer padrões para os programas de

produção e, portanto, realizar o planejamento da fábrica. Adicionalmente, esta análise fornece os dados para a determinação dos custos padrões, e auxilia no estudo de balanceamento das estruturas de produção (MARTINS E LAUGENI, 2005). Nesta seção, serão abordados a cronometragem, os equipamentos necessários e as etapas ligadas ao estudo de tempos.

2.3.1 Cronometragem

A cronometragem é um dos métodos mais utilizados no ambiente industrial para mensurar o trabalho, sendo, portanto, essencial para estabelecer padrões para a produção e para os custos industriais (MARTINS E LAUGENI, 2005). Para a realização da cronometragem, é necessário conhecer o significado dos principais termos associadas ao método, os quais são (MILNITZ, 2018):

1. Elemento: É uma subdivisão de um ciclo de trabalho representada por um ou mais movimentos principais em sequência. A subdivisão de um ciclo de trabalho em elementos é de extrema importância pois permite a aquisição de uma descrição detalhada e sistemática do processo, além de evidenciar a regularidade dos tempos de cada elemento de ciclo para ciclo;
2. Elemento constante: Elemento que é caracterizado sempre pelo mesmo tempo normal, o método e as condições de trabalho não apresentam alterações;
3. Elemento variável: Caracterizado por um tempo normal oscilante, ainda que o método e as condições de trabalho continuem inalterados;
4. Elemento cíclico: Elemento que se repete sempre que a tarefa é realizada;
5. Elemento não cíclico: Elemento que não necessariamente se repete em cada ciclo, como por exemplo atividades de verificação e controle;
6. Elemento estranho: Caracterizado por um acontecimento irregular no ciclo de trabalho, para o qual não se tem previsão de ocorrência na sequência padrão;
7. Ciclo: Realização completa de todos os elementos de uma tarefa por parte do operador, onde estão bem definidos o início e fim da atividade;
8. Tempo elementar normal: É o tempo elementar médio ou selecionado que representa o tempo necessário de um operador qualificado para realizar um elemento de uma operação;

9. Tempo normal: Tempo necessário para um operador qualificado completar um elemento, ciclo ou operação, seguindo um método definido previamente. No caso de um ciclo, esse tempo é composto pela soma dos tempos elementares normais associados;

10. Avaliação do ritmo: Método que compara a rapidez e a precisão com que um operador executa os movimentos necessários para uma determinada tarefa, com base no tempo normal obtido pelo observante;

11. Hora-padrão: Representa uma hora de tempo em que uma quantidade definida de trabalho de qualidade razoável pode ser realizada por um operador capacitado seguindo um método estabelecido e um ritmo padrão, considerando a possibilidade da ocorrência de paradas e fadigas normais;

12. Tempo-padrão: Tempo entendido como indispensável para que um operador capacitado (trabalhando em ritmo normal e sujeito a demoras e fadigas normais) realize uma quantidade estabelecida de trabalho de uma qualidade especificada, considerando um método estabelecido previamente. É obtido somando o tempo normal às tolerâncias associadas à fadiga e às demoras;

13. Tolerâncias: Acréscimos de tempo somados ao tempo normal de uma tarefa com o intuito de compensar perdas de produção ligadas à fadiga e à possíveis interrupções previstas.

2.3.2 Equipamentos

Para o estudo de tempos e métodos por meio da cronometragem, costumam ser utilizados os seguintes equipamentos (MARTINS E LAUGENI, 2005):

a) Cronômetro de hora centesimal: Uma volta do ponteiro maior corresponde a 1/100 de hora, o equivalente a 36 segundos. Apesar disso, outros tipos de cronômetro podem ser utilizados;

b) Filmadora: Equipamento de apoio que permite o registro de todos os movimentos realizados pelo colaborador, permitindo a verificação do método e da velocidade;

c) Folha de observações: Um documento para o registro dos tempos e demais informações referentes à operação cronometrada;

d) Prancheta para observações: Necessária para o apoio da folha de observações e do cronômetro.

2.3.3 Etapas para o estudo de tempos

Milnitz (2018) define as seguintes fases para a realização do estudo de tempos:

a) Processos preliminares: Definição do objeto de estudo e sistemática adotada. Nesta etapa, devem ser definidos o local e as condições de trabalho. Ainda, as técnicas de leitura, definição do desempenho, avaliação do colaborador e sistema de tolerâncias são determinados;

b) Coleta de dados: Apontamento das leituras dos dados de tempos e classes de avaliações;

c) Processamento dos dados: seleção dos tempos relevantes para o cálculo do tempo normal, das tolerâncias e do tempo padrão.

2.4 Multi-momento

O método multi-momento, conhecido também como amostragem, é definido por Maynard (2001) como a realização de um elevado número de observações em intervalos ocasionais. A partir da observação, anotam-se as condições do objeto de estudo, e classificam-se tais condições em categorias pré-definidas de atividade, de acordo com a particularidade do trabalho em execução.

Para a preparação de um estudo de amostragem, devem ser seguidas as seguintes etapas (MAYNARD, 2001):

- a) Definir o problema;
- b) Organizar uma folha para registro das observações do estudo;
- c) Definir a frequência das observações;
- d) Realizar as observações, de acordo com a frequência definida;
- e) Estimar o número de observações necessárias;
- f) Avaliar métodos pelos quais observações duvidosas possam ser reduzidas;

- g) Antes do início da análise, se reunir com o observador.

2.5 Breve Resumo do Capítulo

Neste capítulo, foi apresentada a fundamentação teórica relativa ao Sistema Toyota de Produção, abordando seu surgimento e evolução. Ainda, foram explicados os sistemas e ferramentas que possibilitam a implementação do STP no meio fabril, expondo neste momento, por exemplo, o sistema 5S, a Manutenção Produtiva Total (TPM) e a Troca Rápida de Ferramenta (TRF).

Em seguida, o capítulo apresentou indicadores que permitem a medição da eficácia dos equipamentos. Inicialmente, abordou-se o OEE e sua composição, elucidando junto a ele portanto os indicadores de disponibilidade, qualidade e performance. Posteriormente, foram apresentados indicadores referentes à manutenção, assim como métodos e ferramentas para o estudo de tempos e de movimentação.

3 MÉTODO

Neste capítulo, será exposta a caracterização da pesquisa, bem como sua classificação. Além disso, serão apresentados os métodos utilizados para a obtenção dos dados e a descrição do objeto de estudo utilizado.

688

3.1 Caracterização da Pesquisa

Com relação ao método amplo que caracteriza esta pesquisa, a mesma pode ser considerada como indutiva. Como apresentado por Lakatos e Marconi (2003), o método indutivo parte da análise de dados particulares, suficientemente constatados, para inferir uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Este método é realizado em três etapas: a observação de fenômenos, a descoberta da relação entre eles, e a generalização da relação. A partir da coleta e estudo de dados realizada na pesquisa, os fenômenos associados à eficiência das células de produção e a relação entre eles foram investigados, de maneira a compreender de forma abrangente a relação existente.

No que diz respeito à estratégia de pesquisa, pode-se caracterizar este trabalho tanto como um estudo de caso quanto uma pesquisa bibliográfica. De acordo com Gil (2002), um estudo de caso pode ser compreendido como o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, permitindo conhecimento amplo e detalhado deles. Nesta pesquisa, células de produção foram profundamente investigadas, o que permitiu elevada compreensão dos processos e procedimentos associados. Para fornecer informações relacionadas aos assuntos tratados nesse estudo de caso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com base principalmente em livros, artigos e teses disponibilizadas tanto via internet quanto de forma impressa.

Considerando a classificação desse estudo com base em seus objetivos, o mesmo pode ser categorizado como pesquisa exploratória. Segundo Gil (2002), este grupo de pesquisas apresenta o objetivo de tornar um problema mais explícito ou ainda construir hipóteses, levando dessa forma ao aprimoramento de ideais e à descoberta de intuições. Por meio do estudo profundo das células de produção, este estudo evidencia os desperdícios associados, indica causas prováveis para estes.

Quanto à abordagem do problema, esta será qualitativa, dado o envolvimento mais significativo na coleta e interpretação dos dados coletados ao longo do estudo, assim como a amostragem relativamente pequena associada. Como colocado por Cooper e Schindler (2011), a pesquisa qualitativa baseia-se na imersão do pesquisador no fenômeno em questão, levantando dados que permitem uma descrição detalhada de fatos, situações e interações entre pessoas e coisas, contribuindo, portanto, com grande profundidade e detalhe. Nesta pesquisa, o detalhamento de informações coletadas foi de extrema importância, tendo em vista que somente a partir desta análise profunda foi possível identificar as principais fontes de desperdícios associados aos processos.

No que se refere ao tempo, foi selecionada a pesquisa transversal, a qual de acordo com Cooper e Schindler (2011) é conduzida de maneira única e revela com isso uma representação imediata de um determinado momento. Assim, a coleta de dados por meio da observação das células de produção ao longo do estudo foi realizada em um único período, não tendo sido acompanhadas mudanças nas variáveis.

A natureza da pesquisa, por sua vez, é aplicada, tendo em vista a ênfase prática de solução de problemas associada à mesma. Cooper e Schindler (2011) enfatizam que esta natureza da solução de problemas de pesquisa aplicada se traduz em uma condução com o intuito de revelar respostas a questões particulares relacionadas, por exemplo, ao desempenho. No caso desta pesquisa, as células de produção foram investigadas buscando resoluções associadas essencialmente à eficiência. No Quadro 3.1, pode-se observar uma síntese da classificação da pesquisa.

Quadro 3.1. Síntese da classificação da pesquisa.

Método Amplo	Indutivo
Estratégia de Pesquisa	Pesquisa Bibliográfica e Estudo de Caso
Abordagem do Problema	Qualitativa
Tempo	Pesquisa Transversal
Natureza	Pesquisa Aplicada
Objetivos	Pesquisa Exploratória
Procedimento Utilizado	Estudo de Caso desenvolvido com coleta de dados por meio de documentos

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

3.2 Procedimentos

De acordo com Lakatos e Marconi (2003), os métodos de procedimento constituem etapas mais tangíveis da investigação, com objetivo mais restrito no que diz respeito à explicação geral de fenômenos menos abstratos. Tendo isso em vista, os procedimentos relacionados a esta pesquisa utilizaram como orientação as etapas do Estudo de Caso de acordo com Yin (2001), ilustrado pela Figura 3.1.

690

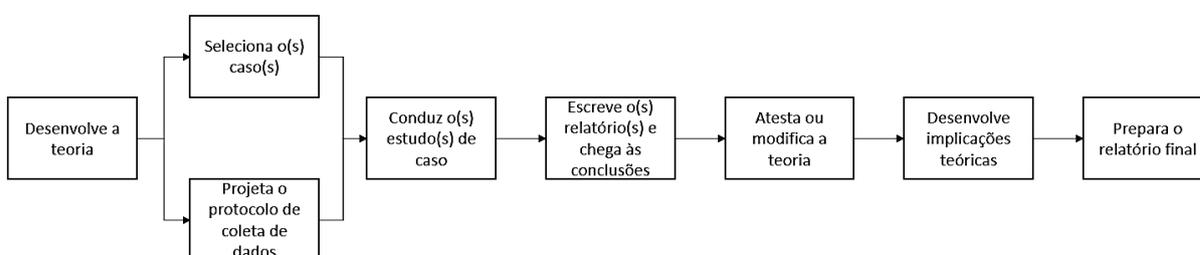


Figura 3.1. Etapas do Estudo de Caso.

Fonte: Adaptado de Yin (2001, p.73).

Em um primeiro momento, elaborou-se uma pesquisa bibliográfica a partir de livros, artigos e teses com o intuito de construir uma base teórica para as análises e aplicações efetuadas neste estudo.

Em seguida, iniciou-se a análise de dados fornecidos pela empresa a qual representa o objeto de estudo. Nesta etapa, foram analisados indicadores de eficiência global dos equipamentos, formulários de trabalho padronizado, produtos produzidos, demanda e tempo de produção associados. A partir dessa investigação, foi possível compreender os principais setores e células nos quais existiam maior oportunidade de aumento de eficiência, sendo o de maior representação elencado para o estudo de caso.

Com isso, foi realizado então um estudo de caso, caracterizado pelo acompanhamento e observação do processo produtivo principal de curvamento e seus processos auxiliares dentro da célula. Nesta etapa, foram coletados dados referentes ao processo, tais como o estudo de tempos dentro dos ciclos de produção.

Além disso, foram reunidos dados referentes à atividade de *setup*, onde as operações relacionadas à execução da troca de ferramentas e seus tempos associados foram observadas particularmente. O deslocamento dos colaboradores foi registrado por meio do uso do diagrama de espaguete, tanto para a análise do processo de produção quanto de *setup*.

De forma complementar, foi realizada também uma análise multi-momento, a partir da qual a distribuição do trabalho dos colaboradores dentro da célula foi levantada. Esta coleta de dados *in loco* permitiu então a chegada a conclusões, as quais colaboraram para atestar a teoria e preparar o relatório final.

Em um último momento, elaborou-se então o estado futuro, onde foram propostos meios para a redução e eliminação dos desperdícios identificados dentro do processo produtivo.

3.3 Objeto de Estudo

O objeto de estudo desta pesquisa é uma célula de produção de uma empresa do ramo metalúrgico localizada em Jundiaí, cidade no estado de São Paulo, onde possui 67 anos de atuação. A companhia em questão é especializada na produção e comercialização de conjuntos tubulares e tubos curvados para diferentes indústrias, tais como automotiva, agrícola e de construção civil. Com o intuito de preservar a sua imagem, neste estudo a empresa em questão será denominada como “Empresa X”.

A Empresa X conta com uma estrutura organizacional diversificada, tendo dentre seus setores administrativos, por exemplo, o financeiro, marketing, comercial e logística. Entre os setores produtivos, por sua vez, estão principalmente o corte, curvamento e a solda, os quais são suportados por processos de apoio como furação, bordeamento e prensagem.

Atualmente, a Empresa X atua na produção de aproximadamente 800 modelos de produtos acabados, o que caracteriza um desafio para a companhia em termos de otimização do processo produtivo, dado as particularidades de cada produto e consequentes alterações necessárias para a produção de cada um deles. Dentre os desafios estão a elevada presença de *setups* e a constante alteração do *layout* das células produtivas, de acordo com fatores como dimensões do produto e processos exigidos para a fabricação dele.

De maneira geral, os processos de produção pelos quais os produtos produzidos pela Empresa X passam e sua sequência são exibidos na Figura 3.1.

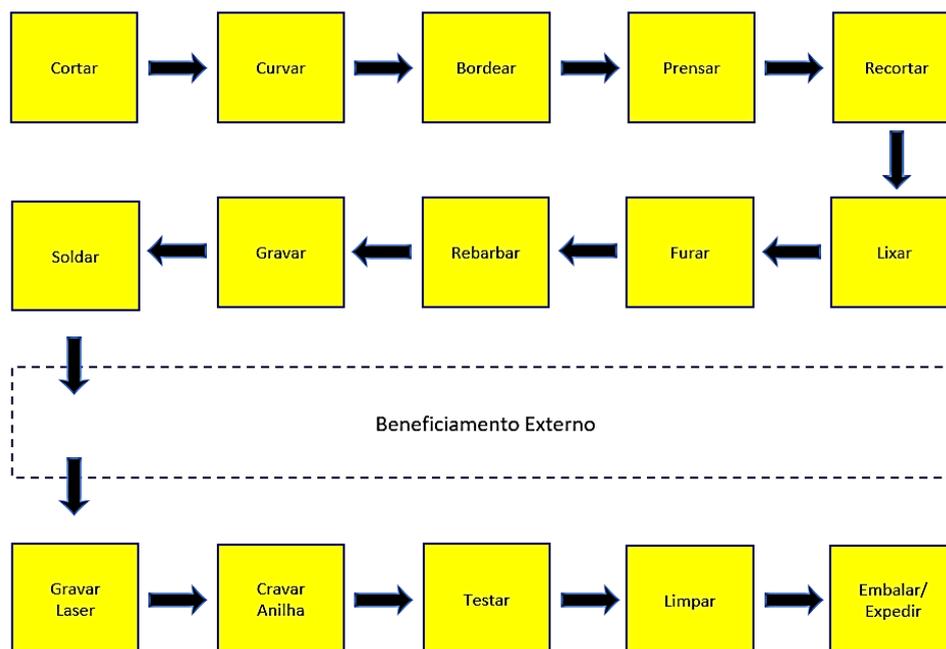


Figura 3.2. Processos de produção para os produtos da Empresa X.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Com a missão de produzir e comercializar produtos com qualidade certificada e atendimento exemplar, a Empresa X vem buscando técnicas de produção que visam o aumento da eficiência em seus processos produtivos. Dessa forma, este estudo de caso vê na identificação e eliminação de desperdícios um caminho para garantir o desenvolvimento da companhia.

3.4 Breve Resumo do Capítulo

Neste capítulo foi apresentada, inicialmente, a caracterização da pesquisa. Dessa forma, foi exposta a utilização do método amplo indutivo, a estratégia por meio da pesquisa bibliográfica e estudo de caso e a abordagem qualitativa para o problema. Ainda, foram discutidos o tempo, objetivos e natureza associados à pesquisa.

Em seguida, foram abordados os procedimentos associados à elaboração do estudo, indicando os estágios da pesquisa e suas respectivas ações. Em um último momento, o capítulo apresentou o objeto de estudo, o qual se trata de uma célula de produção de uma empresa do ramo metalúrgico.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta a análise e a discussão dos resultados, passando pelo processo de seleção dos objetos de estudo, levantamento de dados, investigação, e identificação de oportunidades no processo produtivo.

694

4.1 Definição das células de produção

Para a realização do estudo de caso, foram selecionadas para análise as células de produção responsáveis pelo processo de curvamento. Dentro da célula, os produtos passavam também por etapas como bordreamento, prensagem e recorte, de acordo com o item em produção. O fluxo geral dos itens dentro da célula pode ser analisado a partir da Figura 4.1.



Figura 4.1. Processos presentes nas células de produção selecionadas para o estudo de caso.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com o intuito de verificar quais células apresentavam maiores oportunidades para análise, foram levantados dados referentes à eficiência global dos equipamentos, e consequentemente dos indicadores que a compõe, sendo estes a disponibilidade, a performance e a qualidade. Os indicadores reunidos são referentes ao processo de entrada das células, o curvamento, tendo em vista que este é o processo com maior complexidade associada, representando a maior parcela do tempo associado à produção dos itens dentro da célula de produção. Adicionalmente, os processos posteriores ao curvamento são ditos complementares, sendo tipicamente associados a pequenas mudanças no perfil dos produtos (como furos e recortes) ou ainda à remoção de imperfeições da superfície do produto, como por exemplo rebarbas.

Para auxiliar na análise, foram verificadas informações relacionadas ao número de produtos que passam por produção na célula, visto que quanto maior este número, maior também são as particularidades e conseqüentemente a complexidade da célula, o que reflete como uma oportunidade de observação de desperdícios no processo produtivo. O período considerado no levantamento de dados foi de 6 meses, e as informações levantadas podem ser observadas no Quadro 4.1.

Quadro 4.1. Eficiência global e quantidade de produtos para curvadoras da Empresa X.

Curvadora	Quantidade de produtos	Disponibilidade	Performance	Qualidade	OEE
Curvadora A	122	53%	48%	100%	26%
Curvadora B	84	50%	71%	99%	35%
Curvadora C	31	59%	62%	100%	36%
Curvadora D	146	48%	77%	100%	37%
Curvadora E	3	73%	73%	100%	53%
Curvadora F	55	49%	50%	100%	24%
Curvadora G	7	55%	61%	100%	34%
Curvadora H	71	45%	83%	99%	37%
Curvadora I	70	55%	73%	100%	40%
Curvadora J	23	71%	73%	100%	52%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com a observação das informações levantadas, as células produtivas das curvadoras A, B e F foram selecionadas para o estudo de caso. Inicialmente, a curvadora A foi selecionada devido ao OEE apresentado: o segundo menor dentre as curvadoras analisadas. De maneira adicional, verificou-se que esta curvadora conta com 122 produtos ativos, o que reflete por exemplo em um alto número de *setups* e alterações de *layout*. Ao analisar as informações da curvadora B, percebeu-se uma situação semelhante (baixo OEE e elevado número de produtos ativos), o que também levou o equipamento a ser elencado para estudo.

A curvadora F, por sua vez, apresenta o menor OEE dentre os equipamentos de análise. Adicionalmente, observa-se que a quantidade de produtos que passam pelo equipamento é

menor que a metade da quantidade observada nas curvadoras A e B, o que auxilia na diversificação da análise e colabora para a identificação de diferentes fontes de desperdício.

4.2 Análise da distribuição do trabalho

696

O levantamento de dados foi realizado ao longo do período de um mês e contou, principalmente, com a realização de análises multi-momento, estudos de tempos (de produção e de setup), e estudos de deslocamento (por meio do diagrama de espaguete).

Por meio da análise multi-momento, foi possível compreender a distribuição do trabalho dos operadores dentro das células de produção. O trabalho foi dividido nas seguintes categorias: Agregando valor; *Setup*; Conversa/Reunião; Esperando Máquina; Preenchendo Documentos; e Caminhando/Transportando. O levantamento de informações foi realizado a partir de visitas ao posto de trabalho em períodos de uma em uma hora com o intuito de atestar as ações realizadas no momento de observação. O resultado das observações pode ser analisado na Figura 4.2.

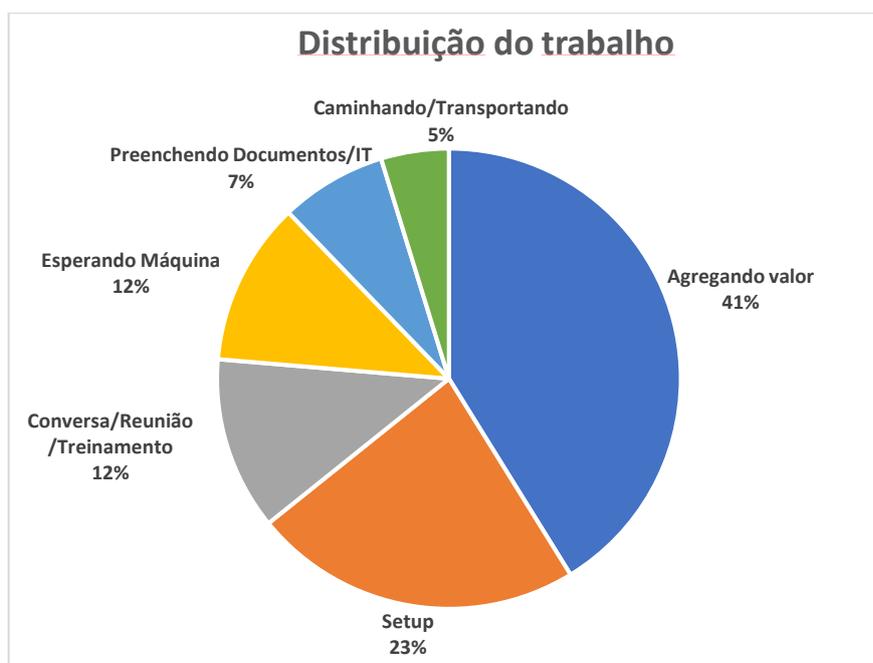


Figura 4.2. Distribuição do trabalho nas células produtivas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por meio da Figura 4.2, observa-se uma parcela de 59% do tempo do operador dedicada à atividades que não agregam valor. Destas atividades, a de maior representação é a de realização de troca de ferramentas. Dado o elevado número de produtos que passam pelas células de produção selecionadas, e conseqüentemente o elevado número de *setups* associado, é compreensível que o tempo de *setup* represente uma grande parcela da distribuição do trabalho. Todavia, o tempo associado à troca de ferramentas pode carregar uma série de desperdícios em sua composição, o que foi investigado e será aprofundado no estudo de tempos de *setup*.

Com a continuação da análise, observou-se que 12% do tempo é dedicado à reuniões, conversas e treinamentos. Ainda que instruções de trabalho por parte da liderança se mostrem de elevada importância, constatou-se frequentemente o despreparo do operador para lidar com etapas específicas do processo produtivo, além da ausência de documentos que estabelecem padrões na operação, tais como o diagrama de trabalho padronizado e a folha de elementos de trabalho.

Prosseguindo, verificou-se que 12% do tempo de trabalho dos colaboradores se resume à espera do equipamento. Como o equipamento de curvamento apresenta movimentos automáticos, cabe ao colaborador somente posicionar o produto e acionar a máquina, momento a partir do qual o colaborador frequentemente ficava ocioso, aguardando o fim do ciclo da curvadora para então avançar para os demais processos da célula.

Em seguida, a Figura 4.2 indica uma distribuição de 7% do tempo dedicado ao preenchimento de documentos, ponto não investigado pelo estudo, e 7% dedicado ao transporte e à movimentação. Com a investigação de tal atividade, constatou-se a ineficiência do sistema de abastecimento, dado que o colaborador abandonava seu posto de trabalho para realizar a solicitação de materiais e dispositivos, ou ainda o transporte de materiais.

4.3 Estudo associado à produção

O estudo associado à produção foi realizado em duas etapas, que foram executadas em paralelo. A primeira etapa é referente ao estudo de tempos, e a segunda relacionada ao estudo de deslocamento, os quais serão evidenciados neste capítulo. É importante observar que o

estudo de tempos foi realizado com o intuito de evidenciar desperdícios os quais, por meio da análise multi-momento, podem permanecer ocultos na agregação de valor, como será visto a seguir.

O estudo de tempos foi realizado utilizando como apoio a folha de observações representada na Figura 4.3. Desta forma, dividia-se o processo em diferentes etapas e tiravam-se os tempos de cada uma delas repetidamente, até completar um total de 10 ciclos. Na região à direita do formulário, foram registrados os desvios observados ao longo do processo.

Folha para estudo de tempos																	
Data / Local:					Área:												
Responsável:					Equipamento/Máquina/local de trabalho:								Folha ___ de ___				
No.	Process step	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Remarks

Figura 4.3. Folha de observações para estudo de ciclos.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ao todo, foram estudados 21 diferentes produtos. Dentre eles, foram considerados desde produtos que envolviam somente a operação de curvamento até itens que apresentavam também prensagem, recorte, furação e rebarba. Paralelamente ao estudo de tempos de ciclo, foi realizado o estudo de deslocamento dos colaboradores durante o processo produtivo, utilizando para isso o diagrama de espaguete, como pode-se observar no exemplo da Figura 4.4.

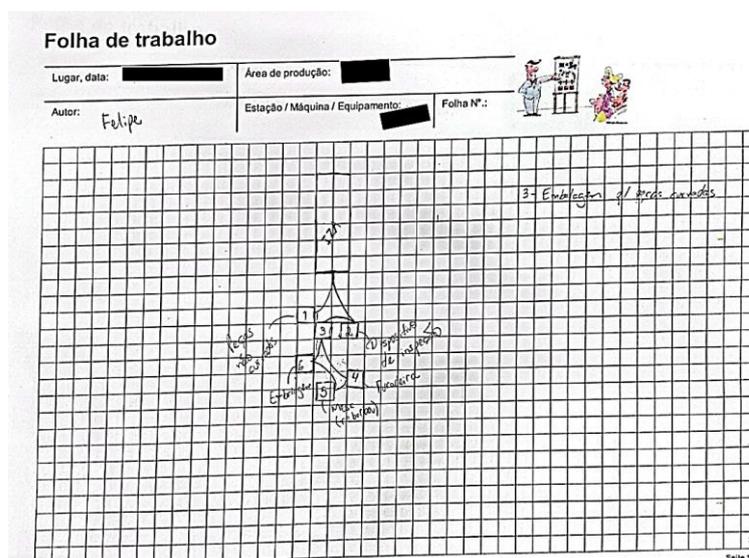


Figura 4.4. Diagrama de Espaguete para estudo de ciclos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Foram desvios observados durante o estudo de tempos:

- Elevados tempos de espera durante ciclo da curvadora (de 8 a 20 segundos): como constatado no Capítulo 4.2, os colaboradores frequentemente ficavam ociosos durante o funcionamento do equipamento, somente avançando para os demais processos quando o produto em processo na curvadora era disponibilizado;
- Recorrentes variações na quantidade de operadores trabalhando nas operações da célula de produção: é importante observar que este fator afetaria a avaliação dos estudos de tempo, dado a consequente alteração na dinâmica de trabalho, na velocidade de produção e na mão de obra investida no processo. Todavia, para garantir a confiabilidade dos dados, estes casos foram desconsiderados em análises quantitativas;
- Recorrentes variações na sequência de atividades ao longo da produção dos lotes: verificou-se, para um mesmo produto dentro do processo produtivo, alterações na ordem dos processos de prensagem, recorte, furação e rebarba;
- Recorrentes situações em que o posicionamento de embalagens, máquinas e dispositivos causavam movimentação: como resultado do deslocamento desnecessário do colaborador, os tempos de ciclo aumentavam.

4.4 Estudo de *setup*

De forma semelhante ao estudo associado à produção, o estudo de *setup* foi realizado em duas etapas. Primeiramente, foram conduzidas análises da atividade, onde foram registradas as operações realizadas ao longo do processo de *setup* e seus respectivos tempos associados. Adicionalmente, as operações foram classificadas e separadas seguindo o critério ECCS, que divide o processo de acordo com a oportunidade associada de eliminar, combinar, converter ou simplificar as atividades envolvidas no *setup*. Para todos os casos analisados, o período completo do *setup* apresentou caráter interno. Um modelo da folha de observações utilizada pode ser visto na Figura 4.5.

Análise de Atividade

Lugar, data: [redacted] Linha de produção: [redacted] 

Autor: Felipe Equipamento / Máquina / Estação: [redacted] Folha Nº: 1

Nº	Operação	Tempo (Atual)		Classes										Análise ECCS	I / E	Tempo (Meta)	Observações		
		Acumulado	Valor diferença	Correção	Op. Mecânica	Ajuste	Movimento	Transporte	Espera	Limpeza	Eliminar	Combinar	Converter					Simplificar	Interno
1	Limpeza de detalhagem	1:17																	
2	Preparação documentos	1:31		X															
3	Preparação item	1:18																	
4	Preparação desmontagem	1:18																	
5	Preparação documentos	1:22		X															
6	Transportar peças curvas	2:07																	
7	Transportar em várias	4:09																	
8	Conferência com o operador	1:34																	Discutido em detalhe pré-OP.
9	Verificação especific	2:27		X															
10	Transferir espiga	4:46																	
	Liberação estantes	1:31			X														
	Soltando canal	1:31			X														Mecanismo de fixação rápida
	Retirando mord/canal	1:34																	
	Limp.	0:24																	
	Soltar espiga	1:17			X														

Figura 4.5. Folha de observações de *setup*.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A segunda etapa do estudo de *setup* foi realizada por meio do diagrama de espaguete, analisando o deslocamento do operador ao longo do processo. Um exemplo do diagrama para a realização do *setup* pode ser visto na Figura 4.6.

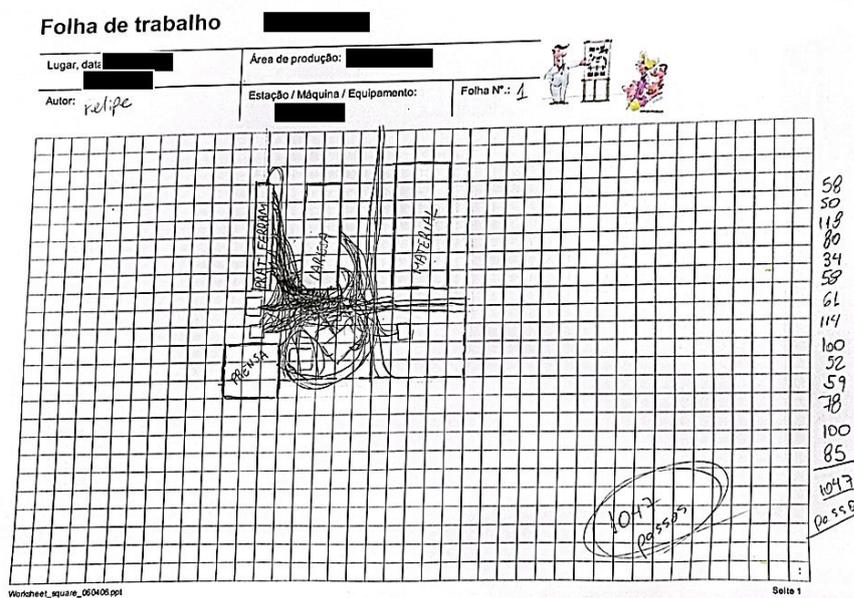


Figura 4.6. Diagrama de espaguete para análise de setup.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

De maneira geral, foram analisados 6 *setups* considerando diferentes produtos. Dentre os produtos participantes do estudo, haviam desde itens que utilizavam somente a curvadora até itens que envolviam também bordeadeiras, prensas, serras, furadeiras e rebarbadoras. Foram observados, durante as atividades de *setup*:

- a) Realização de atividades de transporte, limpeza e documentação durante o *setup* interno: estas etapas do processo de *setup*, por estarem sendo realizadas com a máquina parada, acarretaram em uma redução na disponibilidade do equipamento, visto que resultam na redução do tempo total disponível para produção;
- b) Excesso de movimentação para solicitação de transporte de dispositivos, materiais e embalagens: frequentemente, os colaboradores foram vistos abandonando o posto de trabalho em busca do responsável pelo abastecimento;
- c) Baixa organização e identificação de ferramentas: ao longo do processo de *setup*, os colaboradores dedicavam parte de seu tempo à procura de ferramentas adequadas para os processos de montagem e desmontagem;

- d) Presença de ferramentas compartilhadas entre equipamentos: devido ao compartilhamento de ferramentas, foram observados casos em que os colaboradores abandonavam o posto de trabalho para não apenas requisitar as ferramentas adequadas para a operação, mas também procurar por elas;
- e) Excessos de alinhamentos com líderes de produção: regularmente, os colaboradores solicitavam apoio dos líderes de produção, apresentando dúvidas quanto aos métodos para a realização do *setup*;
- f) Utilização de fixações de rosca: nas fixações de rosca dos equipamentos, tais como parafusos, foi possível observar a necessidade de aplicar voltas aos componentes com o intuito de garantir a fixação, o que aumentava o tempo de *setup*;
- g) Recorrente necessidade de retrabalhos: ao longo do processo, foram observadas montagens inadequadas dos equipamentos, que levavam os colaboradores a realizar o desmonte ou a adaptação das ferramentas para o estado ideal;
- h) Presença elevada de ajustes: foi observada a utilização de calços para adequar as ferramentas às necessidades da montagem, acarretando aumento no tempo de *setup*.

Com base nos *setups* analisados, foi realizada uma análise buscando avaliar as operações envolvidas no processo que poderiam ser eliminadas, convertidas (realizadas em outro momento do *setup*), combinadas (realizadas em dois operadores) ou simplificadas. O resultado desta análise pode ser observado na Figura 4.6.

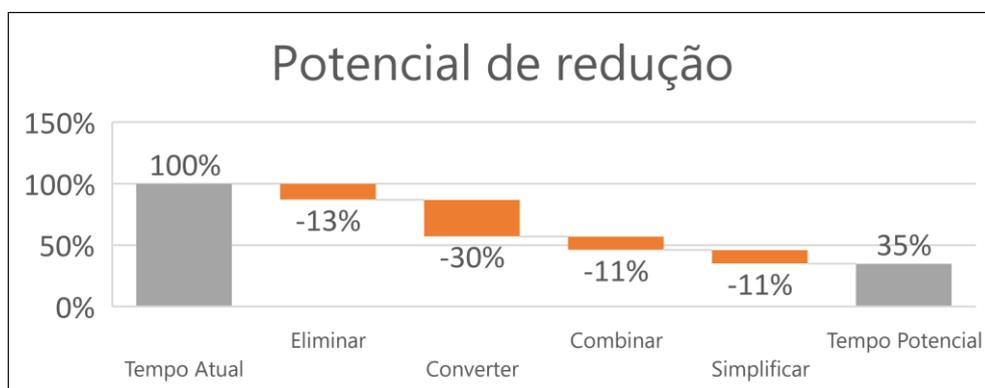


Figura 4.7. Potencial de redução para *setups*.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Analisando os resultados, pode-se inferir que grande parte do potencial de redução no tempo de máquina parada está exatamente na conversão de operações, representando 30% do total. Tal ganho se evidenciou principalmente na transferência de operações do *setup* interno para o *setup* externo, como será desenvolvido no capítulo 4.4.

Complementarmente, observa-se uma capacidade de ganho de 13% por meio da eliminação de distúrbios, 11% por meio da simplificação do processo, e mais 11% pela combinação entre colaboradores das operações de troca de ferramentas.

703

4.5 Oportunidades identificadas no processo produtivo

Nas seções anteriores deste capítulo, foi levantado um conjunto de observações referentes ao processo produtivo. A partir de tais observações, foi possível compreender os principais desvios presentes e, de acordo com a bibliografia estudada, indicar ferramentas e métodos para o aumento da produtividade da Empresa X.

- 1) Implementação da tabela de combinação do trabalho padronizado como formulário padrão nas células de produção: analisando os ciclos de produção, foram notadas diversas situações em que os colaboradores permaneciam ociosos enquanto os equipamentos realizavam o ciclo automático de trabalho. A partir das tabelas de combinação de trabalho padronizado, é possível estabelecer a relação entre os operadores e máquinas buscando eliminar ou reduzir o tempo de ociosidade e, conseqüentemente, garantir o melhor aproveitamento dos tempos (DENNIS, 2008). Por meio da tabela de combinação de trabalho padronizado, são definidos os elementos de trabalho e sua seqüência, evitando que ocorram ao longo do processo produtivo alterações na dinâmica de trabalho, o que ocasionaria impacto na produtividade associada;
- 2) Implementação do diagrama de trabalho padronizado como formulário padrão nas células de produção: considerando a alta variedade de itens produzidos pela Empresa X, pode-se observar uma considerável complexidade no que diz respeito às singularidades de cada produto, e suas necessidades considerando o fluxo dentro da célula de produção. Tendo isso em vista, a elaboração de diagramas de trabalho

padronizado se mostra de suma importância, uma vez que estes possibilitarão a definição de *layouts* específicos para cada item em questão, combinando ainda uma visão das etapas do processo e seus respectivos tempos, e apoiando dessa forma o entendimento dos colaboradores (DENNIS, 2008);

A elaboração de instruções de trabalho possibilita a padronização da operação, e consequentemente a estabilidade e fácil identificação de anomalias (GUARNIERI *et al.*, 2015). Dessa forma, é possível portanto mitigar, por exemplo, situações em que o posicionamento de materiais e máquinas levam o operador a se movimentar excessivamente, visto que por meio da redução dos tempos de ciclo e consequente aumento da velocidade de produção, garante-se um aumento na produtividade associada;

- 3) Implementação de controle visual para as células de produção: a utilização de orientações visuais para o abastecimento permitiria aos operadores das células de produção um aumento na parcela de agregação de valor dentro da sua distribuição de trabalho. Pelo aumento do tempo em que o equipamento permanece em operação em comparação com o tempo total disponível, garante-se o aumento da disponibilidade e, consequentemente, da produtividade das células de produção (CHIARADIA, 2004);
- 4) Organização das células de produção seguindo o sistema 5S: a partir do método 5S, é possível estabelecer no sistema produtivo um padrão de operação que mitigue desperdícios, como é o caso da movimentação. Na operação da Empresa X, o desperdício da movimentação se evidenciou com as diversas situações em que os colaboradores dispndiam tempo na procura por ferramentas.

Analisando as gavetas e prateleiras onde estas ferramentas se localizavam, não era possível identificar nenhum padrão de identificação ou organização destes equipamentos. Consequentemente, a busca prolongada dos operadores elevava o tempo de parada, refletindo na disponibilidade da célula e, portanto, da fábrica. Complementarmente, eram observadas dentre as ferramentas presentes nas gavetas e estantes, ferramentas que não eram mais utilizadas na produção de itens ativos no processo. Tendo tais pontos em vista, sugere-se uma realização inicial dos 3 S's –

separação (e eliminação do que não é necessário), organização, e limpeza da célula (incluindo equipamentos, ferramentas e adjacências). Em seguida, a padronização e sustentação (os dois últimos passos da metodologia 5S) do trabalho realizado deve ser imprescindível para garantir a eliminação da procura do operador. Seguindo estes passos, é possível alcançar a redução da desordem, tornando o trabalho mais rápido e fácil (SLACK, BRANDON-JAMES e JOHNSTON, 2018).

Para a padronização, uma aplicação prática recomendada é a utilização de quadros sombra, visto que permitem uma rápida identificação de irregularidades dentro do padrão estabelecido. Um exemplo de quadro sombra é exibido na Figura 4.8.



Figura 4.8. Exemplo de quadro sombra.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Além disso, a realização de auditorias para avaliar a conformidade com o padrão 5S é recomendada. Para isso, o uso de um formulário padrão, que caracterize detalhadamente as conformidades, permite que a identificação de irregularidades no ambiente produtivo seja rápida e eficiente. Um exemplo de formulário de auditoria 5S pode ser analisado na Figura 4.9;

FORMULÁRIO DE AUDITORIA 5S										
Dados	Rota Nº:		Setor :							
	Representante do setor:			Total de Conformes		Pontuação				
	Auditor:			Total de Não-Conformes						
	Data:		Auditoria n°		Total de Ocorrências		28		Conforme	Não-Conforme
UTILIZAÇÃO	1	As prateleiras, estantes, armários e bancadas estão organizados ?								
	2	Existem objetos pessoais sobre as mesas? (celulares, cremes, batom, bolsas etc...)								
	3	Existem equipamentos ou materiais pertencentes a área, porém em local inadequado?								
	4	Existem objetos, materiais e equipamentos localizados na área, porém, que não são utilizados pela mesma?								
	5	As placas de aviso estão fixadas e posicionadas adequadamente? (ex: instruções, indicações e saída de emergência)								
	6	A área externa está livre de materiais desnecessários?								
ORGANIZAÇÃO	7	Os corredores estão desobstruídos e demarcados?								
	8	Os lixos estão devidamente separados e identificados ?								
	9	Os Extintores encontram-se com livre acesso e limpos ?								
	10	As tomadas estão identificadas com a voltagem (110 , 220 , 380) ?								
	11	Há roupas, calçados, mochilas, bolsas e EPI espalhados pelo setor? (em cima de mesas, balcões ou máquinas)								
	12	A área externa encontra-se organizada ?								
LIMPEZA	13	Os ambientes de uso comum estão organizados e limpos ? (ex: banheiros, vestiários e salas de reunião)								
	14	Os móveis, utensílios e ferramentas estão limpos ?								
	15	Há excesso de lixo no local, não sendo retirado ?								
	16	As identificações estão limpas e de fácil visualização? (não deve haver identificações escritas a mão presas com fitas adesivas amarelas)								
	17	Os telefones, computadores e pisos estão limpos? (Teclado e CPU)								
	18	A área externa encontra-se limpa ?								
SAÚDE	19	Existem alimentos expostos ou fora da embalagem sobre as mesas ou balcões no ambiente de trabalho?								
	20	Os bebedouros estão limpos e funcionando?								
	21	A fiação e instalações elétricas estão instaladas adequadamente nas máquinas ou paredes?								
	22	Existem móveis ou vidros quebrados no setor que possam gerar algum risco?								
	23	O ambiente físico é bem iluminado, sem lâmpadas queimadas ou faltando ?								
	24	A área externa expõem as pessoas a algum tipo de risco para a saúde ?								
AUTODISCIPLINA	25	As torneiras e bebedouros estão bem fechadas sem risco de vazamento?								
	26	O plano de ação referente auditoria anterior foi executado?								
	27	O ambiente de trabalho apresenta de forma geral a impressão de ser organizado e limpo?								
	28	Os colaboradores estão usando EPI's corretamente? (Ex.: conforme área e tarefa executada)								

Figura 4.9. Exemplo de formulário de auditoria 5S.

Fonte: Guarnieri et al (2015, p.11).

- 5) Implementação da folha de elementos de trabalho para o processo de *setup*: por meio da observação de trocas de ferramentas nas células de produção, notou-se um elevado número de retrabalhos de remontagem de componentes. Adicionalmente, foram verificadas situações em que os operadores recorriam aos seus líderes de produção

para solicitar orientações no que diz respeito ao processo de montagem dos equipamentos. Para mitigar tais desperdícios, a utilização de um formulário como a folha de elementos de trabalho poderia auxiliar o colaborador no sentido de apresentar as ações necessárias para o *setup*, utilizando as ilustrações para orientar este processo e evidenciar pontos importantes (DENNIS, 2008);

- 6) Separação das atividades de *setup* externo e interno: analisando as operações de *setup*, foram verificadas diversas atividades que poderiam ser realizadas com os equipamentos em funcionamento, sendo as principais: separação e preenchimento de documentos; separação, limpeza e armazenamento de ferramentas; solicitação do abastecimento e armazenamento de materiais e dispositivos. Essas atividades, como colocado por Shingo (1989), foram erroneamente definidas como internas, sendo benéfico portanto buscar maneiras de levá-las para o *setup* externo. A partir da conversão destas atividades, é possível maximizar o tempo de agregação de valor do equipamento, melhorando assim a disponibilidade;
- 7) Combinação das operações de *setup*: para minimizar o tempo de *setup*, a atuação de colaboradores paralelamente em operações de montagem e desmontagem de ferramentas se mostra como uma estratégia valiosa. Por meio desta estratégia, o desperdício da movimentação é minimizado, e o tempo de *setup* é reduzido drasticamente, visto que o trabalho necessário é dividido entre colaboradores (SHINGO, 1989);
- 8) Adoção de mecanismos de fixação rápida: com o intuito de reduzir o tempo associado aos movimentos de rotação dos componentes como parafusos e anéis, a utilização dos conhecidos “métodos de um único toque” auxiliaria no processo de reduzir o tempo de *setup*. São exemplos de alternativas as cunhas, ressalto, prendedores e molas (SHINGO, 1989);
- 9) Uso de dispositivos intermediários: pela observação da troca de ferramentas nas curvadoras, verificou-se o uso de placas nas quais são realizadas a fixação das canaletas e mordentes. Tais placas, com estas ferramentas já fixadas, são montadas na curvadora. A compra de placas sobressalentes possibilitaria a pré-montagem do mordente e da canaleta durante o funcionamento da máquina, trazendo a atividade

para o *setup* externo. Como colocado por Shingo (1989), o uso de dispositivos intermediários garante assim a eliminação de ajustes ou montagens durante o *setup* interno, permitindo o início do processamento em um menor tempo;

- 10) Eliminação de ajustes: analisando o processo de troca de ferramentas da curvadora, foi possível identificar a necessidade de ajustes para a fixação da roldana. Durante esse processo, são colocados calços sobre a roldana com o intuito de atingir a posição necessária para a fixação do anel, garantindo a fixação da roldana, como é exibido na Figura 4.8, na parte direita. A partir do uso de calços de tamanho padrão, de acordo com a roldana necessária, como exibido à esquerda da Figura 4.10, a necessidade de ajuste de altura seria eliminada, tornando o processo de montagem mais rápido, de acordo com a técnica TRF número 7 elencada por Shigeo Shingo (1989);



Figura 4.10. Calços utilizados para fixação da roldana.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

- 11) Mecanização: em alternativa à utilização de fixações rápidas, a adoção do uso de parafusadeiras no processo de troca de ferramentas permitiria aos operadores maior eficiência durante a montagem e desmontagem, quando comparado ao processo manual. A mecanização, como pontuado por Shingo (1989), deve ser analisada com cuidado devido aos investimentos associados. Todavia, a aquisição de um equipamento como a parafusadeira se mostra viável por se tratar de um equipamento de baixo valor agregado.

Além das oportunidades identificadas previamente, observa-se que a realização de eventos *Kaizen* de processo para promover a identificação e eliminação de desperdícios pelos colaboradores da Empresa X é altamente recomendável, visto que o evento permitiria a definição e implementação de ações rápidas e de baixo investimento para a melhoria dos processos, aproveitando o conhecimento e a experiência das diferentes áreas da Empresa X.

Adicionalmente, é indicado que a promoção de eventos *Kaizen* sejam orientadas por uma visão de longo prazo, com o desenho da situação futura ideal de acordo com o planejado pelos gestores da Empresa X. Com a elaboração e acompanhamento de um plano de ações que garanta a visão estratégica a longo prazo, almeja-se que as iniciativas de melhoria não acabem banalizadas na forma de ações dispersas e desconexas (ARAUJO e RENTES, 2006).

No papel da adoção de melhorias por meio do acompanhamento do plano de ação, reforça-se a importância da conscientização de todos os colaboradores ligados ao processo produtivo. Sem a garantia do envolvimento e da mudança de cultura, os problemas não são solucionados, e as melhorias já implementadas se perdem (FERRONATO, 2019).

4.6 Breve Resumo do Capítulo

Neste capítulo, foi apresentado o processo decisório para a seleção das células de produção a serem estudadas. Posteriormente, foram apresentados os dados levantados por meio das análises pelo método multi-momento, diagrama espaguete e pelas observações de produção e *setup*. A partir dos dados, e com base na literatura estudada, foram levantados os principais desperdícios observados no processo produtivo.

Após o levantamento dos principais desperdícios, houve então a apresentação das oportunidades identificadas no processo produtivo, momento no qual foram evidenciados meios de eliminar ou mitigar as perdas associadas. Ainda, foi sugerida a adoção de um método para a sustentação do processo de melhoria contínua no processo produtivo.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões do trabalho, considerações finais, limitações da pesquisa e as propostas de trabalhos futuros, com o intuito de orientar pessoas que busquem realizar novas pesquisas focadas em temas semelhantes.

710

5.1 Conclusões

Com base na apresentação e análise do estudo de caso, foram determinadas as conclusões com relação ao trabalho desenvolvido.

No início do trabalho, foi proposto o seguinte problema de pesquisa: “Como reduzir os desperdícios presentes em células de produção para elevar a eficiência em uma indústria metalúrgica?”

A partir do problema levantado, foi proposto o objetivo geral de desenvolver um estudo com foco na otimização das células de produção desta indústria, baseando-se na identificação e eliminação de desperdícios observados no processo produtivo, e almejando assim elevar a produtividade do sistema.

Dessa forma, pode-se afirmar que o objetivo geral foi atingido, visto que os métodos e ferramentas da Manufatura Enxuta foram estudados e empregados na identificação dos desperdícios e na proposição de melhorias para as células produtivas selecionadas.

Quanto aos objetivos específicos, observa-se que eles foram atendidos, visto que:

- a) Os fundamentos da Manufatura Enxuta, assim como seus métodos e ferramentas levantados na fundamentação teórica, trouxeram base e sustentação para as análises realizadas no estudo de caso, fornecendo meios para a identificação de desperdícios e oportunidades de melhoria dentro do processo produtivo analisado;
- b) O fluxo das células de produção foi analisado e mapeado com base nos fundamentos estudados, permitindo a obtenção de dados para a investigação dos desperdícios presentes no processo;

- c) Os desperdícios e gargalos das células produtivas investigadas foram identificadas, com base nos métodos estudados e ferramentas aplicadas;
- d) A implementação de melhorias para as células de produção foi proposta, tendo como fundamentos os desperdícios identificados e as soluções estruturadas levantadas pelo estudo.

Conclui-se, dessa forma, que a proposta deste trabalho de estudar a eficiência das células de produção de uma indústria do segmento metalúrgico foi atingida.

5.2 Considerações Finais

A Manufatura Enxuta é um sistema de produção que almeja a eliminação de atividades que não agregam valor ao produto, os desperdícios. Desta forma, este trabalho buscou a identificação de tais desperdícios nas células de produção de uma indústria do segmento metalúrgico, por meio de análises multi-momento, estudos de movimentação e observações diretas no *gemba*. Com base nos desperdícios identificados, o trabalho indicou oportunidades de eliminação dos mesmos a partir de métodos e ferramentas da Manufatura Enxuta, almejando um aumento na produtividade dos processos estudados.

As oportunidades identificadas no processo produtivo foram relacionadas principalmente ao trabalho padronizado, ao controle visual, à implementação de técnicas TRF, e ao *layout* e organização das células de produção. Com a implementação destas propostas de melhoria, são esperados ganhos relacionados principalmente à disponibilidade, visto que são reduzidos os tempos de paradas devido à desvios e ao *setup*, e à performance das células, dado que as ações de padronização do trabalho e organização das células produtivas permitem um maior aproveitamento do tempo de produção.

É importante observar que ações de padronização do trabalho e reorganização do *layout* se mostram como desafios para a indústria foco do estudo, visto que esta conta com mais de 800 modelos de produtos acabados ativos em seu processo produtivo. Todavia, a

implementação das ferramentas de trabalho padronizado aliada à priorização dos itens de maior demanda dentro da empresa aceleram o ganho de produtividade.

Quanto às ações relacionadas ao *setup*, são observadas oportunidades de rápida implementação e baixo investimento envolvido, como por exemplo o uso de controles visuais para o abastecimento, a divisão das atividades em externas e internas, e a combinação das operações. Outras ações de *setup*, por outro lado, se mostram mais complexas e exigem maior empenho na implementação, como é o caso do uso de dispositivos intermediários e a adoção de fixações rápidas, as quais exigem adaptações no equipamento e investimento em componentes.

5.3 Limitações da Pesquisa

As limitações identificadas no desenvolvimento do trabalho são:

- a) Devido ao fato de a Empresa X apresentar um sistema de apontamento de produção manual em algumas das máquinas analisadas, os valores relacionados ao OEE considerados para o estudo de caso podem carregar em sua composição variações decorrentes de erros no lançamento da informação no sistema;
- b) A disponibilidade de operadores para a realização do *setup* externo e para a combinação de atividades durante o *setup* interno não foi mapeada;
- c) O valor de serviços e componentes e a viabilidade de investimentos por parte da empresa não foi avaliada.

5.4 Propostas de Trabalhos Futuros

Com base no que foi desenvolvido neste estudo de caso, são propostos os seguintes trabalhos futuros:

- a) Avaliação dos investimentos associados às melhorias propostas neste estudo de caso, com o intuito de verificar a viabilidade financeira das mesmas. Para isso, a

classificação de tais melhorias seguindo uma relação entre investimento e ganho de eficiência poderia auxiliar a empresa em possíveis tomadas de decisão;

- b) Estudo do tempo dedicado ao preenchimento de documentos, como visto na Figura 4.2, e análise de oportunidades relacionadas à minimização deste tempo, com o intuito de aumentar a agregação de valor das células de produção. Para tal oportunidade, a substituição dos documentos físicos por digitais se apresenta como uma hipótese a ser analisada;
- c) Para além do estudo de *layout* das células de produção associadas ao curvamento, o estudo do *layout* para a fábrica como um todo, analisando o fluxo dos principais produtos da Empresa X. A partir deste estudo, avaliar possíveis alterações de arranjo físico com o intuito de reduzir o transporte e a movimentação;
- d) Avaliação dos indicadores de manutenção, procedimentos de manutenção básica existentes e identificação de oportunidades associadas à Manutenção Produtiva Total para a Empresa X, visando aumentar a disponibilidade dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. A. C.; RENTES, A. F. A Metodologia Kaizen na Condução de Processos de Mudança em Sistemas de Produção Enxuta. **Revista Gestão Industrial**, São Carlos, v.2, n.2, p.126-135, 1 nov. 2006.

BONATO, V. B.; BASTOS, A. Aplicação de ferramentas *lean*: um estudo de caso na indústria metalúrgica. In: XXVI Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), Bauru – SP, Brasil, 2019. 14p. **Anais...** Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 06 a 08 nov. 2019.

CHIARADIA, A. J. P. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos**: um estudo de caso na indústria automobilística. 2004. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

COOPER, D.; SCHINDLER, P. **Métodos de pesquisa em administração**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada**: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

DIAS, G. L. et al. **Lean Manufacturing no setor de usinagem de uma empresa metalúrgica**: estudo de caso e proposta de implementação. In: Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP, 11., 2020, Presidente Epitácio. Anais[...]. Presidente Epitácio, 2020.

FERRONATO, A. Proposta utilizando ferramentas e conceitos Lean Manufacturing como melhoria em uma indústria metalúrgica. 2019. 88p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração). Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves – RS.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002.

GUARNIERI, A. B.; SCHEIN, S.; SOUZA, J.; LUDWIG, J. P.; MACIEL, D. C. Aplicação de ferramentas Lean Manufacturing em gestão industrial: um estudo de caso. In: III Simpósio de Engenharia de Produção (SIMEP), João Pessoa - PB, Brasil, 2015. 21p. **Anais...** Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 27 a 29 mai. 2015.

715

MARCHWINSKI, C.; SHOOK J. **Léxico Lean**. 2 ed. São Paulo: *Lean Enterprise Institute*, 2007.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2003.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MAYNARD, H. B. **Maynard's Industrial Engineering Handbook**. 5. ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2001.

MILNITZ, D. **Tempos e Métodos Aplicados à Produção**. Indaial: Uniasselvi, 2018.

NAKAJIMA, S. **Total Productive Maintenance**. Portland: Productivity Press, 1988.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre; Bookman, 1997.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2012.

SANTOS, L. C. **Aplicação do indicador de eficiência global de equipamento no setor de chaparia de uma indústria metalúrgica.** 2022. 55p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava – PR.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção:** do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R., **Administração da Produção.** Edição compacta. São Paulo: Atlas, 2007.

SOUZA, M. C. M.; CARTAXO, G. A. A. Aplicação do indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) em uma indústria fornecedora de cabos umbilicais. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), João Pessoa – PB, Brasil, 2016. 18p. **Anais...** Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 03 a 06 out. 2016.

VIANA, H. R. G. **Planejamento e controle da manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WOMACK, J.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 12. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, Robert K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

Os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.