

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

LUCAS RODRIGUES DELIBERADOR

**ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIOS SOB A ÓTICA DO *LEAN MANUFACTURING*
EM UMA PEQUENA INDÚSTRIA DO SETOR CARVOEIRO**

**DOURADOS - MS
2016**

LUCAS RODRIGUES DELIBERADOR

**ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIOS SOB A ÓTICA DO *LEAN MANUFACTURING*
EM UMA PEQUENA INDÚSTRIA DO SETOR CARVOEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia/FAEN para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Produção pela
Universidade Federal da Grande Dourados/UFGD.

Orientador: Prof. Me. Carlos Eduardo Soares
Camparotti.

DOURADOS - MS
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

D353e Deliberador, Lucas Rodrigues

Eliminacao de desperdicios sob a otica do Lean Manufacturing em uma
pequena industria do setor carvoeiro / Lucas Rodrigues Deliberador --
Dourados: UFGD, 2016.

52f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Carlos Eduardo Soares Camparotti

TCC (Graduação em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia,
Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Lean Manufacturing. 2. Produção enxuta. 3. Layout. 4. Produtividade. 5.
Eliminação de desperdícios. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

LUCAS RODRIGUES DELIBERADOR

**ELIMINAÇÃO DE DESPERDÍCIOS SOB A ÓTICA DO *LEAN MANUFACTURING*
EM UMA PEQUENA INDÚSTRIA DO SETOR CARVOEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção na Universidade Federal da Grande Dourados, pela comissão formada por:

Orientador: Prof. Me. Carlos Eduardo Soares Camparotti
FACULDADE DE ENGENHARIA - UFGD

Profa. Dra. Fabiana Raupp
FACULDADE DE ENGENHARIA – UFGD

Prof. Me. Gerson Schaffer
FACULDADE DE ENGENHARIA – UFGD

Dourados, 12 de Setembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelas bênçãos que ele me concedeu e por me dar força e sabedoria para realizar o sonho de se tornar engenheiro.

À minha querida mãe por ter acreditado no meu sonho e me dado suporte no decorrer da minha graduação. Este trabalho não teria êxito sem o seu apoio incondicional, sacrifício e orações.

Ao meu orientador neste trabalho, Prof. Me. Carlos Eduardo Soares Camparotti, por toda a responsabilidade, dedicação, paciência e sugestões dadas.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação, em especial aos Professores Dr. João Gilberto Mendes dos Reis e Dr. Alexandre Formigoni, por terem sido os primeiros a me darem uma oportunidade de realizar uma Iniciação Científica ainda no primeiro ano de faculdade, contribuindo intensamente para que eu me tornasse o profissional que sou hoje.

Aos proprietários da empresa estudada neste trabalho, pela disposição e contribuição no decorrer da coleta de dados.

Por fim, mas não menos importante, agradeço as amizades construídas no decorrer desses cinco anos, com a certeza de que estas se estenderão por toda a vida.

RESUMO

O *Lean Manufacturing* iniciou-se após a Segunda Guerra Mundial, quando a indústria japonesa foi obrigada a remodelar seus métodos de manufatura devido à escassez de recursos, surgindo assim o Sistema Toyota de Produção (STP), que tem como objetivo produzir com o menor custo possível e eliminar os desperdícios existentes. Seguindo este contexto, o presente trabalho aborda um estudo de caso sobre os desperdícios que influenciam no processo produtivo de uma indústria do setor carvoeiro localizada no Centro-Oeste do Estado de São Paulo. Para aplicação do estudo, foi realizado um estudo de caso na empresa, bem como a elaboração de Quadros e entrevistas informais para a coleta de dados, os quais visavam entender quais atividades poderiam reduzir/eliminar os desperdícios da produção. Verificou-se que os desperdícios de transporte e movimentação são os mais críticos. Desse modo, o *software CRAFT*, foi utilizado para realizar uma simulação de possíveis *layouts* que reduziriam esses desperdícios para a indústria, e resultou em um possível aumento de 20% da produtividade caso a empresa adote essa mudança, uma vez que a distância entre os departamentos podem ser reduzidas.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing; Layout; Produtividade.*

ABSTRACT

Lean Manufacturing began after the World War II, when the Japanese industry was forced to reshape their manufacturing methods due to lack of resources, resulting in the Toyota Production System (TPS), which aimed to produce at the lowest cost possible and removing existing waste. Following this context, this paper presents a case study of the wastes that influence the production process of the coal industry sector located in the Midwest of São Paulo State. For the purposes of the study, a case study in the company was conducted, and the preparation of tables and interviews to collect data, which aimed to understand what activities could reduce/eliminate the production waste. It was found that the transportation and handling wastes are the most critical. Thus, CRAFT software was used to perform a simulation of possible layouts to reduce such waste to the industry, and it resulted in a possible increase of 20% in productivity in case of the company adopts this change, since the distance between the departments can be reduced.

Keywords: Lean Manufacturing; Layout; Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Benefícios da metodologia <i>Lean Manufacturing</i>	17
Figura 2: Casa do <i>Lean Manufacturing</i>	19
Figura 3: Etapas para a implantação a filosofia <i>Lean Manufacturing</i>	23
Figura 4: 25 ferramentas da filosofia <i>Lean Manufacturing</i>	26
Figura 5: Etapas seguidas no trabalho	33
Figura 6: Mercadoria para ser entregue ao consumidor	34
Figura 7: Fluxograma da indústria.....	35
Figura 8: <i>Layout</i> da situação atual da indústria	37
Figura 9: Opção de <i>Layout</i> 1	42
Figura 10: Opção de <i>Layout</i> 2	42
Figura 11: Opção de <i>Layout</i> 3	44
Figura 12: <i>Layout</i> da situação futura da indústria	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Cinco princípios do Lean Manufacturing.....	20
Quadro 2: Tipos de <i>Layouts</i> e suas respectivas características	29
Quadro 3: Desperdícios encontrados na empresa.....	36
Quadro 4: Dados obtidos com a mensuração do trabalho	38
Quadro 5: Resumo dos resultados obtidos com a mensuração.....	40
Quadro 6: <i>Inputs</i> do <i>layout</i>	40
Quadro 7: Matriz de Distância.....	41
Quadro 8: Matriz de custo	41
Quadro 9: Matriz de Distância para a opção 1	42
Quadro 10: Matriz de Distância para a opção 2	43
Quadro 11: Matriz de Distância para a opção 3	43
Quadro 12: Simulação da mensuração do trabalho com o novo <i>Layout</i>	44
Quadro 13: Comparação dos resultados obtidos antes e após a simulação	46

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	27
Equação 2	28
Equação 3	28
Equação 4	28
Equação 5	28
Equação 6	30
Equação 7	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CRAFT: Computerized Relative Allocation of Facilities Technique

LM: Lean Manufacturing

STP: Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. PROBLEMÁTICA	14
1.2. OBJETIVO	15
1.2.1. <i>Objetivo Geral</i>	15
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	15
1.3. JUSTIFICATIVA	16
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. <i>Lean Manufacturing</i>	18
2.2. <i>Objetivos do Lean Manufacturing</i>	19
2.3. <i>Princípios do Lean Manufacturing</i>	20
2.4. <i>Sete desperdícios do Lean Manufacturing</i>	20
2.4.1. <i>Excesso de produção</i>	21
2.4.2. <i>Excesso de estoque</i>	21
2.4.3. <i>Super processamento</i>	21
2.4.4. <i>Movimentação</i>	21
2.4.5. <i>Espera</i>	22
2.4.6. <i>Defeitos</i>	22
2.4.7. <i>Transporte</i>	22
2.5. <i>Implantação da filosofia Lean</i>	23
2.6. <i>Produção tradicional e Lean Manufacturing</i>	25
2.7. <i>Ferramentas do Lean Manufacturing</i>	25
2.7.1. <i>Padronização do trabalho</i>	26
2.7.1.1. <i>Tempos padronizados pré-determinados</i>	26
2.7.1.2. <i>Amostragem do trabalho</i>	27
2.7.1.3. <i>Estudo de tempos</i>	27
2.7.2. <i>Layout</i>	28
2.7.2.1. <i>Layout enxuto</i>	29
2.7.2.2. <i>CRAFT - Computerized Relative Allocation of Facilities Technique</i>	30
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

Em meio à globalização e a situação econômica de diversos países no mundo, a busca por inovações e/ou melhoramento de sistemas de produção tem se apresentando como um assunto comum entre todas as empresas, sejam elas de pequeno, médio ou grande porte. A concorrência de mercado e a exigência dos consumidores por melhores produtos determinam que os produtores se destaquem no mercado e reduzam custos para que possam garantir um melhor desempenho, permanecerem competitivos e conseqüentemente aumentarem seus lucros.

Slack, Brandon Jones e Johnston (2015), inferem que existem cinco fatores que influenciam para que ocorra uma vantagem competitiva entre as organizações. Esses fatores se classificam em confiabilidade, que é a capacidade de um sistema atender aos pedidos dos consumidores conforme o cronograma; custo, que denota a competência da organização em oferecer produtos/serviços a custos menores que ao da concorrência; flexibilidade, que é a habilidade de estar propenso a mudanças tanto para satisfazer os requisitos da empresa, quanto para atender as demandas dos consumidores; qualidade, que significa atender as demandas em conformidade com as suas respectivas especificações; velocidade, que é o período decorrente desde a entrada de um pedido no sistema, até a saída desse pedido em forma de bens/serviços.

Uma estratégia para aumentar os lucros de uma organização, reduzir os custos de seus bens/serviços e se manter competitiva no mercado, é a utilização de métodos que permitam a eliminação/redução de fatores que não são necessários em um sistema de produção. Dentre essas alternativas surge o conceito de *Lean Manufacturing*, uma abordagem sistemática que tem como base assegurar uma produção maior/melhor com menos recursos, ou simplesmente possibilitar uma produção sem desperdícios (BHAMU; SINGH SANGWAN, 2014).

Conforme Ohno (1996), a filosofia *Lean* surgiu após o encerramento da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria Japonesa teve que remodelar seus métodos de manufatura devido à escassez de recursos, surgindo assim o Sistema Toyota de Produção (STP), objetivando produzir com o menor custo possível e eliminando os desperdícios existentes. Para Womack e Jones (2015), o pensamento enxuto é uma maneira de especificar valor, criando uma sequência/fluxo das atividades que melhor geram valor, para que não ocorram interrupções e aconteçam da maneira mais eficiente possível.

Sob esse cenário de constantes mudanças na indústria e aumento de competitividade, a Manufatura Enxuta vem se tornando uma importante filosofia para que seja aplicada nas organizações. Ahrens (2013) cita por exemplo o caso da Porsche, uma tradicional fabricante de automóveis desportivos localizada na Alemanha, que obteve uma melhoria em suas operações após implantação das ferramentas *Lean*, e aumentaram seus lucros de €122 milhões em 1994 para €933 milhões em 2004. Dessa maneira, esse trabalho de conclusão de curso utilizará a abordagem *Lean* para a melhoramento do processo produtivo de uma empresa, e em destaque, serão aplicadas as ferramentas de Estudo de Tempos e *Layout* Enxuto.

1.1. PROBLEMÁTICA

Um dos maiores obstáculos presentes atualmente nas organizações é a perda de tempo que é expendida para a solução de problemas presentes durante o processo de manufatura de um produto. As perdas ocorridas no processo produtivo das indústrias e o não melhoramento na eficiência de suas operações são limitações que estão constantemente encontrados e discutidos em pesquisas científicas, e sem a eliminação dessas perdas, torna-se difícil se manter competitivo no mercado.

Mesmo diante desse contexto, o pensamento enxuto pode ser aplicado em qualquer empresa que possui processos de manufatura e deve ser o objetivo de todas as organizações. Desse modo, pode-se inferir que é visível que a aplicação das ferramentas de *Lean Manufacturing* é essencial para o desenvolvimento da empresa na busca de aumento do fluxo de valor e competitividade no mercado, produzindo conforme os pedidos dos clientes e somente com os recursos e etapas que são essenciais no processo.

Ribeiro (2015), considera que a definição de desperdício é presente desde os tempos de Henry Ford, onde qualquer *input* ou *output* indesejado na produção é considerado um desperdício. Entretanto, a aplicação do *Lean* para a redução de desperdícios em uma indústria pode-se tornar um desafio, uma vez que é necessária que ocorra uma mudança na cultura da organização. Segundo Wahab, Mukhtar e Sulaiman (2013), aspectos como a idade da empresa e o seu respectivo tamanho também são fatores que podem ser barreiras na tentativa de uma mudança. Assim, faz-se necessário que ocorra um mapeamento do processo industrial, e o envolvimento de toda a organização para a seleção das ferramentas que melhor se identifiquem com a situação avaliada.

Diante dessas considerações, o propósito deste estudo é eliminar os desperdícios observados em uma indústria que manufatura carvão mineral/moinha. Por ser nova e de pequeno porte, a organização estudada ainda possui vários problemas relacionados ao movimento/transporte de materiais, tempos para realização das tarefas, e arranjo físico inadequado. Desse modo, espera-se que através de ferramentas, seja possível identificar os desperdícios na produção e fazer recomendações para melhoria. Através da aplicação do *Lean*, a empresa poderá aumentar a produtividade e melhorará a qualidade dos bens produzidos por ela, enquanto ao mesmo tempo reduzirá os custos, *lead-time*, esforço humano, e inventário.

1.2. OBJETIVO

1.2.1. *Objetivo Geral*

Este trabalho tem como objetivo identificar os principais desperdícios em uma indústria do setor carvoeiro localizada na cidade de Paraguaçu Paulista, São Paulo, através de um estudo de caso, e verificar os possíveis ganhos/benefícios obtidos na empresa com a eliminação desses desperdícios.

1.2.2. *Objetivos Específicos*

De maneira específica, são os objetivos desse trabalho:

- a. Realizar uma revisão teórica para a compreensão sobre a filosofia *Lean*;
- b. Identificar, caracterizar e conhecer o funcionamento da cadeia produtiva da indústria estudada nesse trabalho;
- c. Detectar os desperdícios comumente relacionados/encontrados nesse sistema de produção;
- d. Identificar quais os desperdícios mais críticos e propor soluções que consequentemente acarretem no aumento de produtividade;
- e. Apresentar os ganhos obtidos pela empresa caso seja realizada a aplicação das ferramentas do *LM*.

1.3. JUSTIFICATIVA

Zahraee et al. (2014) infere que o objetivo das indústrias de manufatura no cenário do atual mercado, é a redução do *lead-time* e a exclusão dos problemas comuns na linha de produção, como por exemplo os gargalos, que são as etapas mais lentas do processo de produção e que por consequência atrasam as demais atividades. Além disso, as organizações vêm buscando ganhar competitividade através da redução de custos, e o aumento da produtividade e da qualidade de seus produtos/serviços.

Em decorrência dessa busca pela vantagem competitiva no mercado, vem tornando-se necessária a implantação de um sistema de produção que auxilie as empresas na melhoria de seus processos produtivos de maneira eficiente e eficaz. Diante disso, uma alternativa que pode ser aplicada na indústria para auxiliar os gestores na melhoria contínua dos processos de produção, é o *Lean Manufacturing*. Segundo Tinoco (2004), essa filosofia é considerada muito mais que apenas uma redução de custos, mas sim, um melhoramento na eficiência dos processos de produção através da eliminação de desperdícios, ou seja, todas as etapas que não agregam valor à produção.

Modi e Thakkar (2014), inferem que *Lean Manufacturing* é a produção de bens de uma maneira mais econômica quando comparada com a tradicional produção em massa, reduzindo, por exemplo, o tempo de desenvolvimento de um produto, inventário, *lead-time*, espaço na fábrica, esforços humanos, e investimento em novos materiais. Nguyen (2014), afirma ainda que esses desperdícios podem estar associados às condições ambientais da organização, influenciando ou impedindo a eficiência e a produtividade do trabalhador.

A Figura 1, a seguir, apresenta seis benefícios citados por Melton (2005) que devem ser gerados a partir da aplicação do *Lean Manufacturing* em uma organização.



Figura 1: Benefícios do *Lean Manufacturing*
Fonte: Adaptado de Melton, 2005

Como pode ser observado na Figura 1, os seis benefícios citados por Melton (2005), são os objetivos a serem alcançados por qualquer organização. Entretanto, embora haja diversas ferramentas para o *Lean*, deve-se selecionar apenas as que se enquadram no ambiente da empresa para que se obtenha o resultado almejado, verificando por meio delas as atividades que não agregam valor na produção. Com a eliminação dessas atividades, poderá ser observado nos resultados desse trabalho as melhorias obtidas posteriormente a aplicação das ferramentas.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho é estruturado conforme os seguintes capítulos enumerados abaixo:

- a) Capítulo 1: O primeiro capítulo apresenta a introdução do tema proposto nesse trabalho, os objetivos gerais e específicos, a justificativa para a escolha do tema apresentado no trabalho, e a problemática.
- b) Capítulo 2: O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre o tema (*Lean Manufacturing*) proposto nesse trabalho.
- c) Capítulo 3: Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos aplicados no trabalho.
- d) Capítulo 4: No quarto capítulo são apresentadas as aplicações e os resultados obtidos após a aplicação da metodologia na organização estudada.
- e) Capítulo 5: O quinto capítulo apresenta as Considerações finais do trabalho e recomendações futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O Capítulo 2 deste trabalho é destinado ao referencial teórico e tem por objetivo apresentar uma revisão da literatura que proporcionará o entendimento dos conceitos relacionados à filosofia *Lean*, como por exemplo, os princípios e objetivos, os principais tipos de desperdícios em um sistema de produção, as características encontradas ao implantar a filosofia, uma comparação entre um sistema de produção tradicional e um sistema de produção *Lean*, e por fim, uma apresentação de suas ferramentas, evidenciando as que serão aplicadas neste trabalho como meio de estabelecer uma solução para os problemas encontrados na organização estudada.

2.1. *Lean Manufacturing*

Com a alta competitividade no mercado, muitas empresas de manufatura têm considerado a filosofia *Lean* para estar no centro de suas estratégias de fabricação. Dennis (2016), descreve o *Lean Manufacturing (LM)* como um sistema de produção que utiliza menos insumos para obter um desempenho maior de produção e que leva a satisfação do cliente, ganhando uma quota de mercado maior do que os dos seus concorrentes. Para Taj (2008), o *LM* é definido como um sistema de produção sem resíduos/desperdícios, enquanto desperdícios é conceituado como qualquer coisa que não seja a quantidade mínima de equipamentos, materiais, peças e tempo de trabalho, e que é essencial para a produção.

Sob outra perspectiva, Worley e Doolen (2006), definem *Lean Manufacturing* como sendo uma eliminação sistemática de desperdícios que é realizada por todos os membros da organização à partir de todas as áreas de sua cadeia de valor. Esse fluxo de valor é definido como sendo todas as atividades que contribuem para a transformação de um produto desde a matéria-prima ao seu estágio final. Da mesma forma, Papadopoulou e Ozbayrak (2005) o conceituam como uma abordagem para a fabricação que visa a eliminação de desperdícios, enfatizando a necessidade de melhoria contínua.

Segundo Bortolotti, Boscari e Danese (2015), o *Lean* é caracterizado como um quadro conceitual baseado em alguns princípios e técnicas estabelecidas, tais como equipes multifuncionais, eliminação de atividades que não agregam valor à produção, melhoria contínua e integração com fornecedores para alcançar a eficácia de produção e entrega *Just-in-Time*. Shah e Ward (2003), de maneira similar, definem que essa filosofia é uma abordagem multidimensional que inclui várias práticas de gerenciamento, como por exemplo,

o *Just-in-Time*, controle de qualidade, trabalhos em equipes, manufatura celular, e gestão de fornecedores em um sistema integrado.

2.2. Objetivos do *Lean Manufacturing*

A definição mais famosa da manufatura enxuta, que expressa a essência da ferramenta, é o Sistema Toyota de Produção - STP. A definição popular de *Lean Manufacturing* e do STP geralmente consiste em um conjunto abrangente de técnicas que, quando combinadas e amadurecidas, proporcionará a redução e, em seguida, a eliminação de desperdícios. Este sistema não só irá tornar a sua empresa mais simples, mas, posteriormente, mais flexível e mais ágil (RODRIGUEZ et al, 2012).

Liker (2003), ilustrou o objetivo das ferramentas do *LM* na forma de estrutura de uma casa, como mostrado na Figura 2 abaixo. A casa *Lean*, é a acumulação de uma base, três pilares e um telhado, e é destinada para assemelhar a dependência dos elementos uns sobre os outros. O objetivo da produção enxuta é definido no telhado e consiste em chegar para a melhor qualidade, custos mais baixos, e o menor *lead-time*.

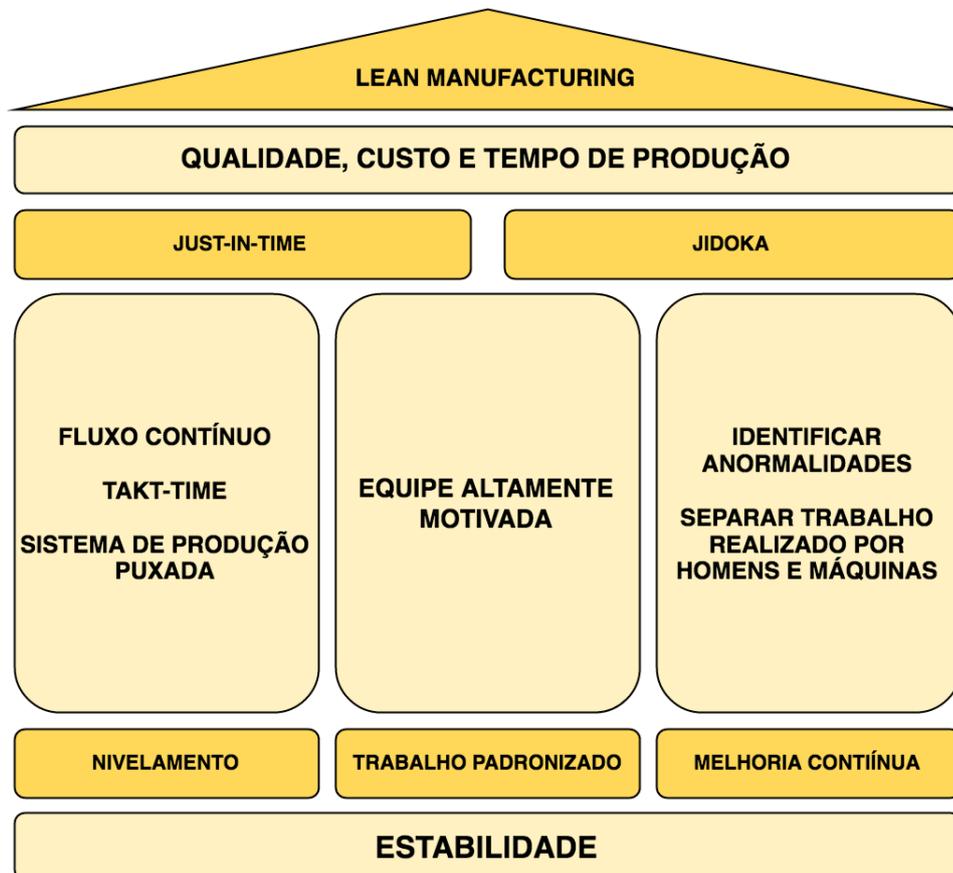


Figura 2: Casa do *Lean Manufacturing*
Fonte: Adaptado de Liker, 2003

Conforme o autor, a coluna da esquerda apresenta o princípio *Just-in-Time*, que consiste em ferramentas de planejamento e controle da produção e de nivelamento, como *takt-time*, fluxo contínuo e o sistema de produção puxado. O pilar da direita apresenta o princípio *Jidoka*, o que impede uma peça defeituosa de prosseguir para a próxima estação de trabalho, bem como insiste em separar as pessoas de máquinas. As pessoas estão no centro do conceito da casa *Lean*, objetivando estarem motivadas para visualizar os desperdícios e resolverem os problemas que levam a contínua melhoria dos processos. Por fim, a fundação da casa tem que ser estável para suportar de forma constante os pilares, e consiste em ferramentas como de melhoria contínua, trabalho padronizado e produção nivelada.

2.3. Princípios do *Lean Manufacturing*

Cinco princípios fundamentais e essenciais do *Lean Manufacturing* são encontrados na literatura e brevemente explicados na Quadro 1 à seguir.

Quadro 1: Cinco princípios do *Lean Manufacturing*

Princípio	Definição
Valor	Precisão em especificar o valor do ponto de vista do cliente para ambos os produtos e serviços.
Fluxo de valor	Identificar o fluxo de valor de produtos e serviços e remover o que não agrega valor à produção.
Fluxo	Fazer o fluxo de produtos e serviços em toda a cadeia de valor sem interrupção.
Desejo	Autorizar produção de produtos e serviços baseados no desejo do cliente.
Perfeição	Esforçar para a perfeição, constantemente removendo camadas de desperdícios.

Fonte: Adaptado de Burton T. e Border, 2003 e Rother e Shook, 2007

Čiarnienė e Vienažindienė (2012), inferem que ao seguir estes cinco princípios do *Lean*, a organização estará implementando uma filosofia que vai se tornar apenas a maneira correta de como as coisas são feitas. Dessa maneira, a empresa garante uma direção para uma estratégia global, onde acontece uma revisão de seus processos para garantir que eles entreguem constantemente valor para o seu cliente. Através da implementação de uma mudança sustentável, isso permite que a organização mantenha um alto nível de serviço e ao mesmo tempo seja capaz de crescer e ser flexível em um ambiente de mudanças.

2.4. Sete desperdícios do *Lean Manufacturing*

Sete principais tipos de desperdícios foram identificados como parte da filosofia *Lean Manufacturing*. Desperdício é definido por Womack e Jones (2015) e complementado por Meyers e Stewart (2002), como qualquer coisa que não adiciona valor ao produto final à partir

da perspectiva do consumidor. Desse modo, conforme Womack e Jones (2015) e Poppendieck (2002), os sete desperdícios que são direcionados por essa filosofia são: excesso de produção, excesso de estoque, super-processamento, movimentação, espera, defeitos e transporte.

2.4.1. *Excesso de produção*

É considerado desnecessário produzir mais do que a demanda do cliente, ou ter uma produção antecipada, antes que seja necessária. O excesso de produção aumenta o risco de caducidade e o risco de produzir um produto errado (CAPITAL, 2004). Para Hines, Holweg e Rich (2004), essa prática tende a levar prazos de entrega e armazenamento excessivos, além de excessivos trabalhos em processo (*Work in Process*), que resultam no deslocamento físico das operações com conseqüente falhas de comunicação.

2.4.2. *Excesso de estoque*

O excesso de estoque significa ter desnecessariamente elevados níveis de matérias-primas, trabalhos em processo e produtos acabados. Inventário extra leva a maiores custos de financiamento de estoques, custos de armazenamento e taxas de defeitos mais elevadas (CAPITAL, 2004). Além disso, Rawabdeh (2011) infere que esse excesso tende a aumentar o *lead-time*, e impedir a rápida identificação de problemas e requisitos de aumento de espaço. A fim de realizar o atendimento de pedidos de maneira eficaz, é demasiadamente necessário a eliminação de excesso de estoque para que não ocorra *lead-times* incorretos.

2.4.3. *Super-processamento*

É involuntariamente fazer mais trabalho de processamento do que o cliente exige em termos de qualidade do produto ou características que não serão visualizadas por ele (CAPITAL, 2004). O super-processamento ocorre em situações em que soluções excessivamente complexas são encontrados para procedimentos simples. O excesso de complexidade incentiva os colaboradores da organização à produzirem mais para recuperar o grande investimento em máquinas complexas (HINES, HOLWEG e RICH, 2004).

2.4.4. *Movimentação*

Esse desperdício inclui quaisquer movimentos físicos desnecessários ou caminhadas por trabalhadores que os desviam do real trabalho de processamento. Isso pode incluir

caminhar ao redor do chão de fábrica para procurar uma ferramenta, ou movimentos físicos, mesmo desnecessários ou difíceis, devido à ergonomia mal concebida (CAPITAL, 2004). Segundo Rawabdeh (2011), a movimentação desnecessária trata-se de uma pobre ergonomia na produção, onde os operadores têm de esticar, dobrar e pegar, quando tais ações poderiam ser evitadas.

2.4.5. *Espera*

A espera é o tempo de inatividade para os trabalhadores ou máquinas devido à gargalos ou fluxos de produção ineficientes no chão de fábrica, incluindo também os pequenos atrasos entre o processamento de unidades (CAPITAL, 2004). Quando o tempo não está sendo utilizado de forma eficaz, ocorre então o desperdício de espera. Este desperdício acontece sempre que as mercadorias não estão se movendo ou sendo trabalhadas, afetando tanto os bens e os trabalhadores. Para Hines, Holweg e Rich (2004), o tempo de espera para os trabalhadores pode ser utilizado para atividades de formação ou de manutenção e não deve resultar em excesso de produção.

2.4.6. *Defeitos*

Além de defeitos físicos que contribuem diretamente para os custos das mercadorias vendidas, esses defeitos podem incluir erros na papelada, atraso na entrega, produção de acordo com as especificações incorretas, uso de muitas matérias-primas ou geração de sucata desnecessária (CAPITAL, 2004). Quando o defeito ocorre, o retrabalho pode ser necessário; caso contrário, o produto será descartado. Os defeitos não só vão desperdiçar materiais e mão-de-obra, mas também irão provocar uma escassez de materiais, que impedem os horários de reuniões, criação de tempo ocioso em estações de trabalho subsequentes e extensão do tempo de *lead-time* (RAWABDEH, 2005).

2.4.7. *Transporte*

Capital (2004), infere que o desperdício de transporte inclui qualquer movimento de materiais que não adiciona valor para o produto, tais como materiais em movimento entre as estações de trabalho. Ainda segundo o autor, o transporte entre os estágios de processamento resulta em prolongar os tempos de ciclo de produção e o uso ineficiente de trabalho e espaço. Para Hines, Holweg e Rich (2004), qualquer movimento nas organizações poderia ser visto como desperdício. O duplo manuseio e movimentos excessivos são susceptíveis à causar

danos e deteriorações conforme aumenta a distância entre os processos e a comunicação se torna mais limitada.

2.5. Implantação da filosofia *Lean*

Segundo George, Rowlands e Kastle (2004), a melhoria de processos é a única forma de melhorar os resultados que uma organização deseja alcançar. Como a transformação ocorrida na filosofia *Lean* é uma profunda mudança na cultura empresarial, Womack e Jones (2015), inferem que os processos na sua implementação podem falhar devido à diversas razões.

Mudanças na organização são muitas vezes encaradas pela desconfiança e resistência por parte dos funcionários. As pessoas têm medo do desconhecido e cria-se a ideia de que não há necessidade de mudanças (MCNAMARA et al., 1999). A resistência à novas ideias é um fator crítico nas organizações, o que pode repelir tentativas de implementar as ferramentas *Lean*. Portanto, é vital a compreensão da cultura, a fim de criar um plano de implementação apropriada e de baixo custo (FRANKLIN, 2004). Dessa forma, objetivando determinar os fatores críticos para o sucesso da implementação do *LM*, a Figura 3 foi elaborada para classificar as etapas relevantes mencionados por Melton (2005).

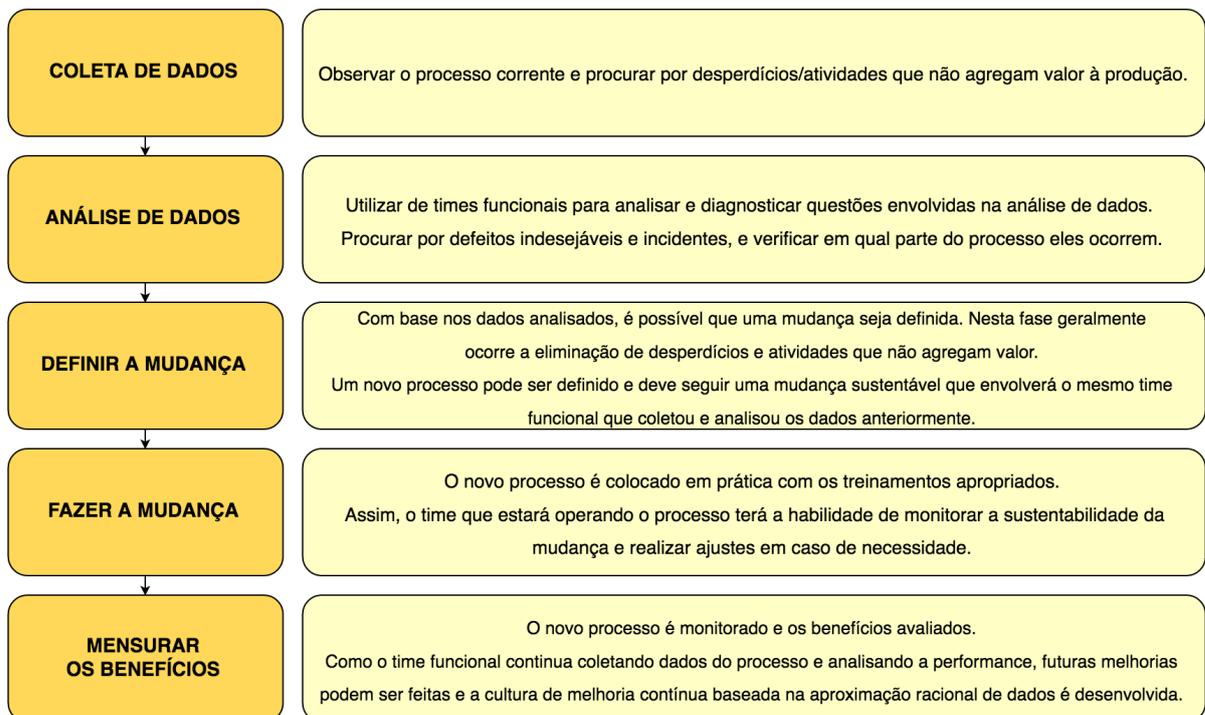


Figura 3: Etapas para a implantação a filosofia *Lean Manufacturing*
Fonte: Adaptado de Melton, 2005

Lean Manufacturing envolve princípios que podem não ser familiares para muitos dos colaboradores. A educação e formação adequada é, portanto, necessária em diferentes níveis da organização, antes e durante a implementação. A gestão de topo deve ter o ensinamento suficiente para convencer de que a produção enxuta vale a pena ser criada na organização. Os trabalhadores na área de implementação precisam tanto de formação teórica quanto de formação prática, uma vez que eles devem entender o por que usar o *Lean* e como usá-lo (HANCOCK e ZAYKO, 1998).

Hancock e Zayko (1998), inferem que o foco e o comprometimento da alta gerência são críticos. A equipe inteira de gerenciamento deve apoiar a implementação e isso se torna importante para alcançar à unidade antes do projeto ser comunicado à organização inteira. A gestão de topo deve definir a direção para o projeto e estabelecer a visão e a missão da empresa. De acordo com Miller, Pawloski e Standridge (2010), uma boa gestão durante a execução é caracterizada por credibilidade, consistência e apoio. É importante que a gestão de topo não se torne o "dono" do projeto, e que os funcionários não se sintam forçados a mudar sem entender por que ou como eles estão isentos de mudar.

Informações completas antes e durante a aplicação são importantes, a fim de evitar confusão e criar motivação. O foco deve ser sobre os resultados e benefícios, em vez do uso de ferramentas específicas (ATKINSON, 2004). Diferentes níveis de informação são necessários durante as diferentes fases na implementação. Informações gerais para grandes grupos deve ser realizada antes que as alterações operacionais ocorram e informações mais específicas para grupos menores devem ocorrer durante a mudança (FRANKLIN, 2004).

Segundo Magnusson (2003), a comunicação pode ser muito complexa nas organizações de hoje, e por isso, é importante que em qualquer processo de mudança aplique-se uma linguagem característica e se esforce para um entendimento comum. O significado das palavras e expressões utilizadas na produção enxuta deve ser entendido como previsto, e deve-se criar um modelo mental correto entre todos os funcionários envolvidos.

Marmgren e Ragnarsson (2001), afirmam que ao iniciar um projeto de implantação do *Lean*, não é apenas importante ter metas claras e um bom projeto, mas também ter metas parciais. Objetivos parciais do projeto são metas que diferentes departamentos ou pessoas querem alcançar durante o projeto. Essas metas irão ajudar o projeto no decorrer do caminho, especialmente se for um projeto grande e abrangente. Além dos objetivos do projeto, o plano

do projeto é importante. De acordo com Packendorff (1995), o plano é o núcleo de gestão de projetos e são classificados as peças-chave dos objetivos, metas e atividade. O importante é ter um plano com datas fixas, apontando quando as metas devem ser alcançadas (SLACK, BRANDON JONES e JOHNSTON, 2015).

Por fim, quando o plano de projeto é alcançado, é importante obter *feedback* de outros projetos semelhantes. Entretanto, as equipes de projeto tendem a avaliar os projetos que falharam e não os bem-sucedidos (PACKENDORFF, 1995).

2.6. Produção tradicional e *Lean Manufacturing*

Durante anos, os fabricantes manufaturavam seus produtos de forma antecipada para que pudessem atender o mercado consumidor. Nos dias de hoje, as operações têm sido tradicionalmente impulsionadas por previsões de vendas e as organizações tendem a acumular estoques para caso forem necessários. Conforme Rawabdeh (2011), uma diferença fundamental do *Lean Manufacturing*, é que ele é baseado no conceito de que a produção pode e deve ser impulsionada pela demanda real do consumidor, em vez de produzir o que é esperado para ser vendido. Ainda segundo o autor, a manufatura enxuta pode produzir o que seu cliente quer com prazos mais curtos, ao invés de realizar uma produção empurrada, o produto é puxado por meio de um sistema que está configurado para responder rapidamente à demanda dos clientes.

Bariya e Desai (2014), inferem que as organizações enxutas são capazes de produzir produtos de alta qualidade, economicamente em volumes menores, e alcançarem ao mercado mais rapidamente do que os produtores em massa. A organização enxuta consegue ainda produzir o dobro, com o dobro da qualidade, e com a redução do tempo e do espaço, custo, e com apenas uma fração do estoque que é gerado no decorrer do trabalho em processo. Assim, o gerenciamento *Lean* é relacionado com o funcionamento mais eficiente e eficaz possível das organizações, com menores custos e desperdício zero.

2.7. Ferramentas do *Lean Manufacturing*

Sob uma perspectiva mais aplicada, o *Lean Manufacturing* consiste na implementação de um conjunto de técnicas e ferramentas que objetivam a redução de desperdícios em um sistema de produção que envolve uma entrada de matéria-prima, processamento e saída do

produto/serviço finalizado. A Figura 4 a seguir apresenta um conjunto de 25 ferramentas da filosofia que podem ser aplicadas em uma organização.

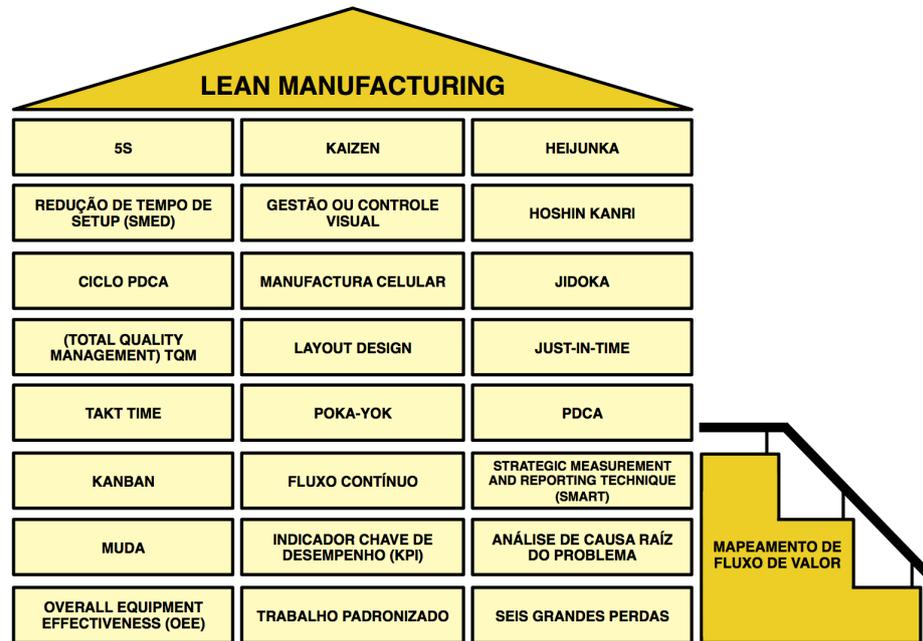


Figura 4: 25 ferramentas da filosofia *Lean Manufacturing*
Fonte: Adaptado de *Lean Production*, 2016

Monden (1993), afirma que uma vez que as empresas encontrarem as principais fontes de desperdícios, ferramentas como essas citadas na Figura 4 irão auxiliá-las a tomar ações corretivas para eliminar ou reduzir essas atividades que não agregam valor. Dessa maneira, neste trabalho serão aplicadas algumas dessas ferramentas e técnicas, como por exemplo o estudo de tempos e *layout* enxuto.

2.7.1. Padronização do trabalho

De acordo com Taylor (1990) e Meyers e Stewart (2002), um trabalho padronizado pode ser definido como aquele que utiliza de tempos necessários para produzir um produto em uma estação de trabalho com as seguintes três condições: a organização possui um operador bem treinado/qualificado, o colaborador deve trabalhar em um ritmo normal, e deve realizar uma tarefa específica.

2.7.1.1. Tempos padronizados pré-determinados

Segundo Taylor (1990) e enfatizado por Meyers e Stewart (2002), sistemas de tempo pré-determinados, de dados padronizados, amostragem de trabalho, e estudo de cronometragem são usados para mensurar o trabalho e esses métodos de estudo de tempo tem

sido amplamente utilizado para várias produções na indústria, sendo que cada um dos métodos possuem seus próprios critérios e conceitos que devem ser seguidos.

2.7.1.2. *Amostragem do trabalho*

Heizer, Render e Weiss (2004) e Taylor (1990), classificam a amostragem do trabalho como uma estimativa percentual do tempo que um trabalhador gasta em um trabalho específico, usando amostragem aleatória de vários trabalhadores. Isto pode ser realizado através dos seguintes procedimentos listados pelo autor:

- 1) Obtenha uma amostra preliminar para obter uma estimativa do valor do parâmetro, como por exemplo a porcentagem de tempo em que o trabalhador está ocupado;
- 2) Calcule o tamanho da amostra necessária;
- 3) Prepare um programa de observação do trabalhador em momentos apropriados. O conceito de números aleatórios é utilizado nesse caso para fornecer uma observação aleatória;
- 4) Observe e registre as atividades do trabalhador;
- 5) Determine como os trabalhadores gastam o seu tempo (geralmente em porcentagem).

Assim, o fator de desempenho é dado conforme a Equação abaixo:

$$\text{Fator de desempenho} = \left(\frac{\text{Tempo produtivo}}{\text{Tempo produtivo} + \text{Tempo sem produtividade}} \right) \quad (1)$$

2.7.1.3. *Estudo de tempos*

O estudo clássico de cronometragem, ou mais conhecido como estudo de tempos, foi originalmente proposto por Frederick W. Taylor em 1881, e ainda é o método de estudo de tempo mais utilizado. O procedimento do estudo de tempos envolve a temporização de uma amostra do desempenho dos trabalhadores e a usa para definir um padrão. Uma pessoa treinada e experiente pode estabelecer um padrão, seguindo as oito etapas descritas à seguir (HEIZER, RENDER e WEISS, 2004).

1. Defina a tarefa a ser estudada após que realização da análise de métodos foi efetuada;
2. Divida a tarefa em elementos precisos (partes de uma tarefa que muitas vezes não levam mais do que alguns segundos para serem realizadas);

3. Decida quantas vezes será realizada a medição de cada elemento (o número necessários de amostras de ciclos);
4. Registre e classifique desempenho;
5. Calcule o tempo de ciclo médio observado. O tempo de médio observado de ciclo é o somatório da média aritmética dos tempos de cada elemento, como mostra a Equação 2 abaixo;

$$T_M = \sum \text{média aritmética dos tempos de cada elemento} \quad (2)$$

6. Calcule o tempo normal para cada elemento, conforme apresenta a Equação 3 abaixo;

$$T_N = \sum \text{Tempos das atividades} * \text{Fator de desempenho} \quad (3)$$

7. Adicione os tempos normais para cada elemento a fim de desenvolver um tempo normal total para cada tarefa;
8. Calcule o tempo padrão. Este ajuste ao tempo normal (Fator de tolerância – FT) total fornece subsídios, tais como necessidades pessoais, atrasos inevitáveis no trabalho e fadiga do trabalhador, estando na faixa entre 5 a 15% do tempo normal total.

$$FT = \left(\frac{\text{Tempo do turno}}{\text{Tempo do turno} - \text{subsídios}} - 1 \right) \quad (4)$$

$$T_P = T_N * (1 + FT) \quad (5)$$

2.7.2. Layout

Layout é o arranjo físico de máquinas e equipamentos de produção, estações de trabalho, pessoas, localização de materiais e equipamentos de manuseamento de materiais. Embora novos *layouts* possam ser projetados, na maioria das vezes eles são modificados, e essa necessidade de modificação geralmente surge a partir das mudanças na demanda, produtos e processos, ou na maioria das vezes a partir de combinação desses três fatores (MEYERS e STEPHENS, 2010).

O melhoramento do fluxo de material com a implantação de novos *layouts* enxutos tem um impacto direto na redução de custos. Quanto mais curta a distância que o material percorre, maiores reduções de custos podem ser alcançadas (STEVENSON, 2009).

Existem diversos tipos de *layouts*, que são alternativos e apropriados para diferentes tipos de produtos e volumes de produção. A determinação do tipo de arranjo físico é uma decisão importante no projeto porque irá impactar outros aspectos do sistema de produção. Assim, a Quadro 2 a seguir adaptado de Corrêa e Corrêa (2009), apresenta os quatros tipos principais de *layouts* e suas respectivas características.

Quadro 2: Tipos de *Layout* e suas respectivas características

Tipos de Layout	Características
Arranjo Físico por Processo	<i>Layouts</i> de processo (também conhecidos como <i>layouts</i> funcionais) são arranjos físicos que grupos de atividades semelhantes estão juntos em departamentos de centros de trabalho, de acordo com o processo ou função que eles desempenham. A vantagem do <i>layout</i> de processo é a flexibilidade, considerando que a desvantagem é a ineficiência.
Arranjo Físico por Produto	O <i>layout</i> do produto também é chamado de <i>layout</i> de linha reta. Ele envolve a disposição dos equipamentos de acordo com as etapas progressivas, através da qual um produto é manufaturado. As matérias-primas são alimentadas continuamente na primeira máquina e passa através das operações subsequentes rapidamente, enquanto os produtos acabados estão saindo da máquina anterior.
Arranjo Físico Posicional	<i>Layout</i> em que o produto ou projeto permanece parado, e que trabalhadores, materiais e equipamentos são movidos, conforme necessário, por exemplo: navios, casas e aeronaves. Em um processo, os custos fixos seriam baixos e os custos variáveis seriam altos.
Arranjo Físico Celular	<i>Layouts</i> celulares tentam combinar a flexibilidade de um diagrama de processo com a eficiência de um <i>layout</i> do produto. Com base no conceito de tecnologia de grupo, máquinas diferentes são agrupados em trabalhos nos centros, chamados de células, para processar peças com formas ou requisitos de processamento semelhantes. O <i>layout</i> das máquinas dentro de cada célula se assemelha a uma pequena linha de montagem.

Fonte: Adaptado de Corrêa e Corrêa, 2009

2.7.2.1. *Layout enxuto*

O *layout* de uma fábrica envolve decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e o pessoal responsável pelas operações de manufatura, e determina a maneira em que os materiais e outros insumos devem fluir através da operação. Relativamente pequenas mudanças na posição de uma máquina em uma fábrica pode afetar consideravelmente o fluxo de materiais.

Para Kumar e Ramesh (2012), o arranjo físico celular auxilia atingir muitos dos objetivos da produção enxuta, devido à sua capacidade para ajudar a eliminar muitas das atividades do processo de produção que não agregam valor, tais como os tempos de espera, gargalos, transportes e trabalhos em processamento. Muitas empresas implementam o *layout*

celular para certas partes do processo de produção, e não em seu todo. Ainda segundo os autores, durante um estudo de caso na implementação de um *layout* de produção celular em uma fabricante de móveis estofados nos Estados Unidos, foi relatado um aumento de 36% na produtividade do trabalho.

A produtividade é a mensuração dos *outputs* de um processo de produção e reflete a eficiência da produção. Para Petersson et al. (2012), o *Lean* é uma abordagem para operações que visa especificamente o aumento da produtividade, a fim de atrair clientes, bem como investidores. No entanto, não é uma abordagem de curto prazo; é uma abordagem de longo prazo que, eventualmente, centra-se na utilização de recursos de maneira eficiente, eliminando o desperdício, juntamente com o compromisso da força de trabalho e mantendo uma observação sobre as expectativas dos clientes.

2.7.2.2. *CRAFT - Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*

Este trabalho deverá propor o *layout* ideal considerando diferentes alternativas que objetivam minimizar os tempos através da redução da distância total de viagem de materiais processados na indústria. Para isso, será utilizado o *software* de simulação *CRAFT* (*Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*) para projetar o melhor *layout* para a indústria conforme a sua capacidade.

O *CRAFT* (BUFFA et al., 1964), é um algoritmo heurístico informatizado que tem como dados de entrada o fluxo de materiais e o custo de movimentação dos mesmos, objetivando reduzir esses custos por meio da remodelação do *layout*. O *layout* de áreas mostrado no *CRAFT* pode ser tanto para um *layout* existente ou para uma nova instalação. O *software* realiza trocas das áreas dos departamentos até chegar ao melhor arranjo físico possível.

Para cada permuta, os várias custos de interação são calculados de novo e a matriz de carga e a alteração no custo (aumento ou redução) é anotado e armazenado na memória RAM. O algoritmo procede desta maneira por meio de todas as combinações possíveis de permutas acomodados pelo *software*. O procedimento básico é repetido um número de vezes, resultando em um esquema de blocos mais eficiente cada vez até ao momento em que mais nenhuma redução de custos é possível. O esquema de blocos final é depois impresso para servir como base para um modelo de esquema detalhado das instalações numa fase posterior.

Matematicamente, o programa tem a seguinte programação linear, como mostrado na Equação 6:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} c_{ij} d_{ij} \quad (6)$$

Onde,

f_{ij} = fluxo de materiais entre o departamento i e j.

c_{ij} = custo de movimentação de uma unidade do departamento i para o j.

d_{ij} = distância entre os departamentos i e j.

O *CRAFT* é usado para a realocação e ao ser usado, deve ser iniciado com um *layout* inicial e melhora a disposição intercambiando departamentos para que o custo de transporte seja minimizado. O algoritmo continua até que não haja mais intercâmbios possíveis para reduzir os requisitos. Dessa maneira, os requisitos do *CRAFT* segundo John et al. (2013), são:

- a. *Layout* inicial;
- b. Dados de fluxo;
- c. Custo de distância por unidade;
- d. Número total de departamentos;
- e. Departamentos fixos;
- f. Área dos departamentos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Gil (2002), define pesquisa como sendo um procedimento racional e sistemático que objetiva proporcionar respostas à problemas que são propostos, e desenvolve-se através de um processo de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados. Com relação a sua classificação, ela pode ser dividida quanto à sua natureza, à abordagem do problema, aos objetivos e aos procedimentos técnicos.

Do ponto de vista da sua natureza, a pesquisa pode ser básica, objetivando gerar conhecimentos novos e úteis para o avanço da ciência, porém sem previsão de aplicação; ou, ela pode ser aplicada, que infere em gerar conhecimentos para a aplicação prática para a geração de solução de problemas específicos (SILVEIRA e CÓRDOVA, 2009). Sob o ponto de vista da forma de abordagem do problema, a pesquisa pode ser considerada quantitativa ou qualitativa. A primeira considera que tudo pode ser mensurável/quantificável, o que significa traduzir em números informações e opiniões para classificá-las e analisá-las. Já a segunda, não se preocupa com representatividade numérica, mas sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. (GIL, 2002).

Considerando os seus objetivos, Gil (2002), infere que a pesquisa pode ser exploratória, onde visa proporcionar maior familiaridade com o problema, visando a torná-lo explícito ou construir hipóteses; descritiva, onde visa descrever as características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis; ou explicativa, visando identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

Em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser bibliográfica, quando elaborada a partir de material já publicado; documental, quando elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico; experimental, quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo; levantamento, quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer; estudo de caso, quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento; pesquisa ex-post facto, quando o “experimento” se realiza depois dos fatos; pesquisa-ação, quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes representativos da

situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (GIL, 2002).

O trabalho em questão no que se refere à natureza da pesquisa é considerado como uma pesquisa aplicada, pois apresenta uma finalidade específica. Quanto à sua abordagem, é considerado quantitativo. Já em relação a seus objetivos, esta pesquisa é caracterizada como exploratória.

Os procedimentos metodológicos adotados para a realização desse estudo são pesquisa bibliográfica, na qual é feito um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema (LAKATOS e MARCONI, 2011), e estudo de caso, que, além de compreender, busca sugerir mudanças em determinada situação (SEVERINO, 2008). Em paralelo, será realizado um diagnóstico e análise da situação atual da indústria estudada por meio do estudo tempos e rearranjo de *layout*, utilizando aparelhos de cronometragem e o *software CRAFT*, que irá propor simular mudanças de *layout* que levem a um aumento da capacidade de produção da empresa (*layout enxuto*).

Dessa maneira, as etapas que foram utilizadas nesse trabalho para chegar nos resultados e discussão são resumidas e exemplificadas na Figura 5 a seguir.

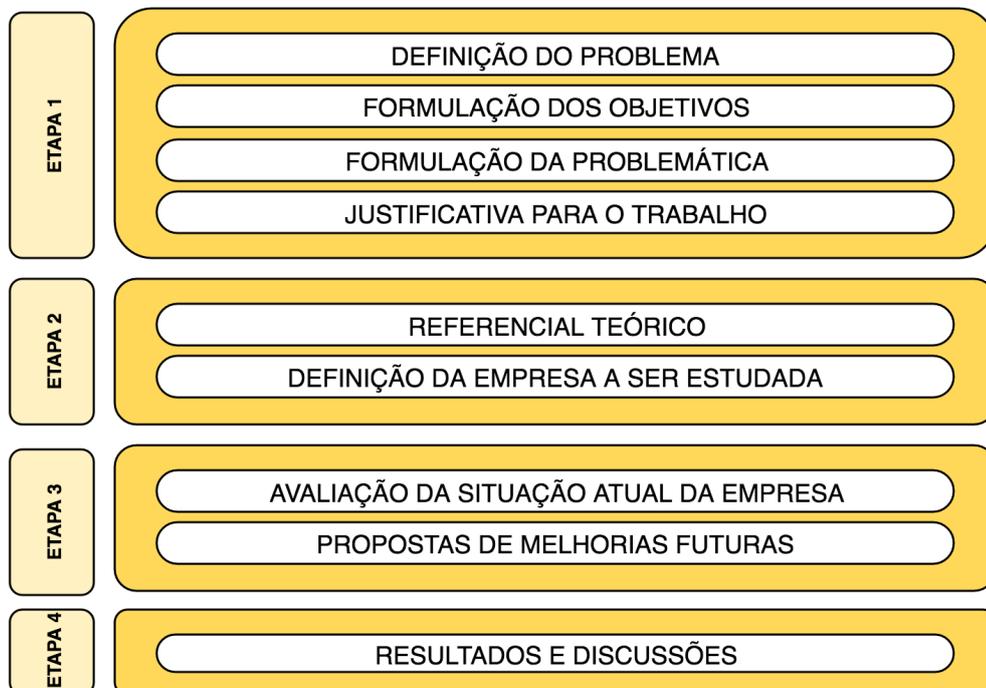


Figura 5: Etapas seguidas no trabalho
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Carvão da Estância Indústria e Comércio Limitada é uma empresa 100% brasileira, que utiliza do eucalipto como sua principal matéria-prima para a produção de carvão vegetal e moinha. Localizada na Fazenda Nossa Senhora Aparecida – Estrada Paraguaçu Paulista – SP/ Água da Barraca – Paraguaçu Paulista – SP, a indústria atua há dez anos no mercado e é considerada de pequeno porte, caracterizando-se, por tanto, como uma microempresa, que possui atualmente nove funcionários. A empresa atua principalmente na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, em cidades como Assis, Rancharia, Marília, Presidente Prudente, São João da Boa Vista, Taciba, Iepê, Tatuí, e Paraguaçu Paulista, onde é localizada a sede da indústria. Além disso, a Carvão da Estância também fornece seus produtos para o Estado de Minas Gerais, na cidade de Araxá. Entre os seus principais consumidores, encontram-se supermercados, açougues, padarias, postos de gasolinas, churrascarias, distribuidoras de carvão e indústrias do ramo de cobre.

O processo produtivo do carvão e da moinha se inicia com o recebimento da matéria-prima, que é o eucalipto. Em seguida, é realizado o corte do eucalipto em pedaços uniformes e colocado em um forno que foi previamente aquecido. Essa madeira permanece queimando por quatro dias e é retirada após o resfriamento do forno. Após a retirada, é feita a peneiração para que se separe o carvão da moinha. A moinha são pedaços menores do carvão vegetal comum, e é usada principalmente em mineradoras e indústrias siderúrgicas, não sendo considerada adequado para o uso doméstico. Depois de realizar a separação do carvão e da moinha é efetuado a ensacamento e a pesagem do saco de acordo com as especificações do produto, podendo estas serem de 2Kg, 2,8Kg, 4Kg, 7Kg e 12Kg. Estando em conformidade com as especificações de peso, a embalagem é costurada e levada ao estoque, pronta para ser entregue ao consumidor, como apresenta a Figura 6.



Figura 6: Mercadoria para ser entregue ao consumidor
Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

A Figura 7 a seguir apresenta um Fluxograma do processo produtivo de sacos de carvão/moinha elaborado com o auxílio do *software Visio*.

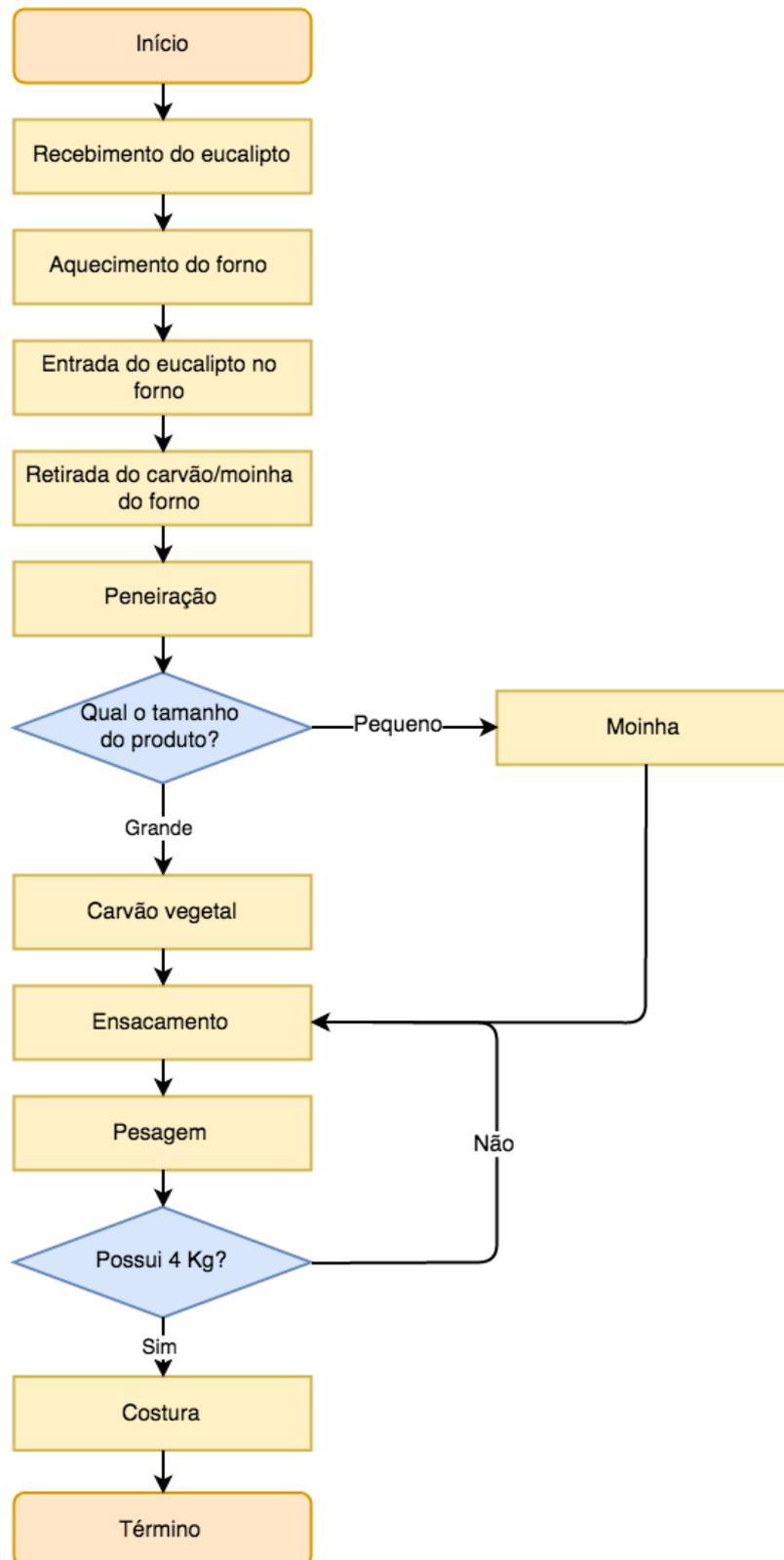


Figura 7: Fluxograma da indústria
Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Como foi mencionado nos capítulos anteriores, propôs-se para realização deste estudo, identificar os desperdícios encontrados no processo de produção da empresa, e a proposição de melhorias visando a redução desses desperdícios. Para este fim, primeiramente foi realizado uma entrevista informal com os colaboradores da empresa para verificar quais os desperdícios presentes e em seguida, foi determinado quais os mais críticos para serem discutidos neste trabalho. Desse modo, para melhor compreensão, o Quadro 3 a seguir apresenta os resultados obtidos sobre os desperdícios encontrados na empresa.

Quadro 3: Desperdícios encontrados na empresa

Desperdícios	Descrição
Espera	Não foram encontrados tempos de inatividade para os trabalhadores ou máquinas no fluxo de produção. O gargalo da produção de carvão/moinha é o forno, que deve queimar o eucalipto por 4 dias. Entretanto, há sempre eucalipto queimado disponível para os trabalhadores realizarem suas atividades no processo produtivo, não tendo que fazê-los esperar 4 dias para continuar a produção.
Defeito	Não há defeitos na produção do carvão/moinha, uma vez que tudo é reaproveitado. Exemplos de operações que apresentam esse tipo de desperdício são as de ensacamento e costura, que dependendo da habilidade do colaborador, os pacotes podem ser deteriorados na hora de ensacar, ou costurados da maneira incorreta. Entretanto, essas ocorrências são consideradas praticamente nulas na empresa.
Transporte	As elevadas distâncias percorridas pelos colaboradores para transportar materiais fazem desse desperdício um elemento crucial para a formação do tempo médio de produção de um saco de carvão vegetal/moinha. Com a redução dessas distâncias, tempos de operações seriam diminuídos e a produtividade da empresa seria aumentada.
Movimentação	O movimento físico e caminhadas realizadas pelos funcionários para mover a matéria-prima e no processo de produção faz com que esse desperdício seja um grande problema para a empresa, uma vez que a utilização de equipamentos específicos para movimentação de materiais (Ex.: esteiras), ainda não se faz presente na empresa.
Excesso de estoque	Há uma elevada quantidade de estoque de produtos acabados na empresa. Porém, este estoque é necessário para ter a disponibilidade correta de produtos acabados à serem entregues para outras cidades.
Excesso de produção	A empresa possui um sistema de produção puxada, planejando sua demanda de maneira sazonal, levando em consideração períodos de vendas realizados em anos anteriores.
Super-processamento	Não foram visualizados processos realizados em excesso. Porém, foram visualizados processos que poderiam ser realizados de forma mecânica.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Após análise do levantamento dos dados obtidos no Quadro 3 e entrevista informal com os colaboradores da empresa, verificou-se que os desperdícios de transporte e movimentação são os maiores problemas enfrentados pela empresa, uma vez que os trabalhadores percorrem distâncias que podem ser reduzidas, mas que na situação atual, essas distâncias inferem em um elevado tempo médio para a produção de um saco de carvão/moinha. Dessa maneira, o foco desse trabalho será reduzir os desperdícios de movimentação e transporte através do estudo de tempos das operações dos trabalhadores e

uma proposta de um novo *layout*, visando aumentar conseqüentemente a capacidade de produção da empresa.

A Carvão da Estância Indústria e Comércio Limitada possui suas instalações distribuídas em um barracão de 600 m², dividido em 4 (quatro) departamentos e mais duas áreas destinadas ao escritório e banheiro. A área externa ao barracão conta com um estacionamento, plantação de eucalipto, e disposição dos fornos.

Para visualizar dessa disposição, foi elaborado através do *software Autodesk HomeStyler* o *layout* da fábrica, como apresentado na Figura 8.

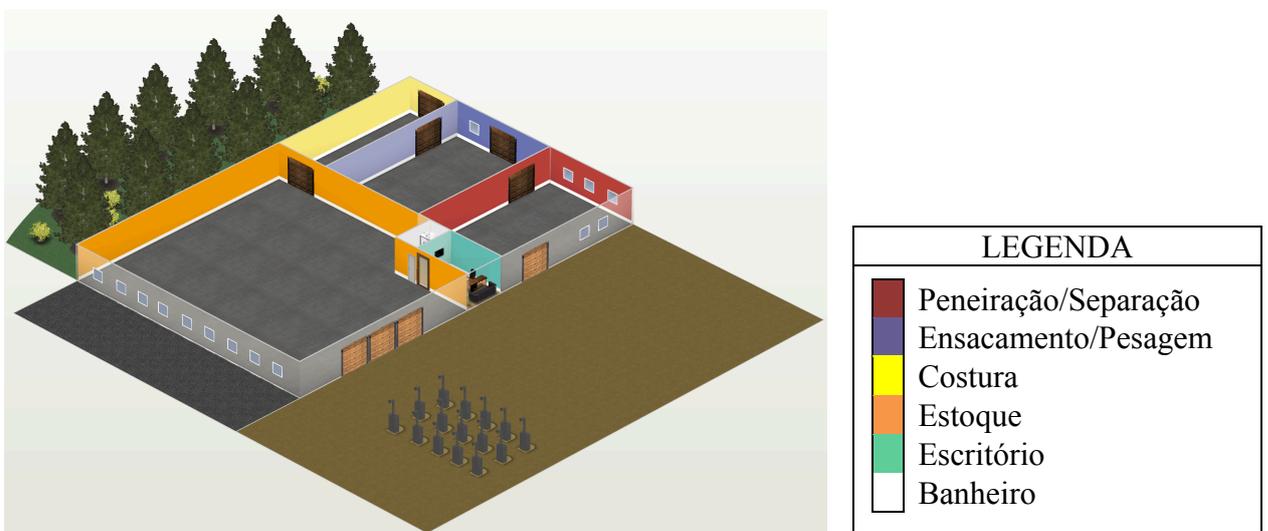


Figura 8: *Layout* da situação atual da indústria
Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Cada área do *layout* da fábrica foi separada por cores a fim de proporcionar uma melhor identificação no decorrer deste trabalho. Desse modo, a área vermelha (60m²) corresponde ao espaço de recebimento da lenha queimada, aonde será efetuada a peneiração e a separação do carvão da moinha. A área roxa (60m²), é responsável pelo ensacamento do carvão e da moinha, além da pesagem dos sacos. A área amarela (40m²), é o local aonde é efetuada a costura dos sacos já pesados. O ambiente laranja (423m²), é destinado a estocagem dos produtos acabados/ensacados. Por fim, as áreas branca (5m²) e verde (12m²) correspondem ao banheiro e ao escritório, respectivamente.

Neste estudo foi considerado o processo de fabricação de sacos de carvão/moinha com pesos de 4Kg em turno de 8horas/dia. Assim, para permitir que os processos do trabalho sejam compreendidos mais facilmente, foram divididos seus elementos constituintes para fins de análise, proporcionando uma estrutura na procura de melhoramentos, e podendo representar um novo processo de trabalho proposto ou método. O Quadro 4 a seguir foi

elaborado para apresentar as atividades mensuradas para a fabricação do carvão/moinha. Foram calculados seus respectivos tempos e também as distâncias percorridas nas atividades.

Quadro 4: Dados obtidos com a mensuração do trabalho

Data: 2016						MENSURAÇÃO DO TRABALHO					
Analista: LRD			Aprovado			Resumo das atividades					
Trabalho: Fabricação de carvão/moinha.			Versão.: 001			Atividade (Símbolo)		Tempo médio		Distância	
Material: Carvão/Moinha.						Operação (○)		8,87 min		0 m	
Descrição: Características originais do processo de fabricação de carvão vegetal e moinha.						Inspeção (□)		1,38 min		0 m	
						Transporte (→)		10,8 min		136,75 m	
						Espera (D)		4 dias		0 m	
						Estoque (∇)		0 min		0 m	
Seq.	Descrição da atividade					Símbolo	Tempo	Distância	Observação		
1	Cortar o eucalipto em pedaços					○	0,33 min	-	-		
2	Levar os pedaços de eucalipto até aos fornos					→	1,98 min	5 m	-		
3	Colocar os pedaços de eucalipto dentro dos fornos					○	2,01 min	-	-		
4	Esperar o eucalipto atingir o ponto de queima					D	5760 min	-	Mesmo com a espera, há sempre carvão/moinha disponível em outros fornos para sem retirados.		
5	Retirar o carvão do forno					○	5,02 min	-	-		
6	Levar o carvão até a peneira					→	4,97 min	100 m	-		
7	Peneirar/pesar (Separar o carvão da moinha)					○/□	1,03 min	-	-		
8	Levar o carvão e moinha até a área de ensaque					→	1,14 min	7,5 m	-		
9	Ensacar					○	1,07 min	-	-		
10	Pesagem					□	0,35 min	-	-		
11	Levar o saco de carvão/moinha até a área de costura					→	1,4 min	7,5 m	-		
12	Costurar					○	0,48 min	-	-		
13	Levar o saco de carvão/moinha empacotado até a área de estocagem					→	1,31 min	16,75 m	-		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

O método de cronometragem do tempo foi usado para obter os tempos médios em 10 (dez) observações e as avaliações de desempenho em tarefas repetitivas e manuais. Todos os elementos das sequências de atividades são controlados por um trabalhador bem treinado/qualificado, trabalhando em ritmo normal, e que realiza diariamente essas mesmas atividades. As atividades foram avaliadas com um fator de desempenho de 100% do

trabalhador. Uma consideração de 14% para o tempo pessoal, fadiga e atrasos foi aplicado ao ciclo, uma vez que é disponibilizado 60 minutos para esses fins.

Dessa forma, conforme a Equação 4, tem-se que o Tempo Médio é dado por:

$$T_M = (0,33 + 1,98 + 2,01 + 5,02 + 4,97 + 1,03 + 1,14 + 1,07 + 0,35 + 1,4 + 0,48 + 1,31) \quad (2)$$

$$T_M = 21,09 \text{ minutos} \quad (2)$$

Baseado no resultado do Tempo Médio, foi possível obter então o Tempo Normal, conforme mostrado na Equação 4 a seguir.

$$T_N = (0,33 + 1,8 + 2,01 + 5,2 + 4,7 + 1,03 + 1,14 + 1,07 + 0,35 + 1,4 + 0,48 + 1,31) * 1 \quad (4)$$

$$T_N = 21,09 \text{ minutos} \quad (4)$$

A partir do Tempo Normal e do Fator de Tolerância (14%), foi possível obter o Tempo Padrão (Equação 5), como é apresentado a seguir:

$$T_p = 21,09 * (1,14) = 24,04 \text{ minutos} \quad (5)$$

Dessa maneira, considerando que o turno de trabalho é de 8 horas/dia, é possível inferir que um trabalhador tem capacidade de produzir cerca de 20 sacos de 4Kg de carvão/moinha por dia, conforme mostra a Equação 7 a seguir.

$$Q = \frac{(8 \text{ horas}) * 60 \text{ minutos}}{T_p} = \frac{(8) * 60}{24,04} = 19,96 \text{ sacos/4Kg/dia} \quad (7)$$

Dividindo essa quantidade pela quantidade de horas trabalhada em um dia (8 horas), tem-se que é produzido aproximadamente 2,5sacos/4Kg/hora.

Para melhor visualização, o Quadro 5 a seguir resume os resultados obtidos no estudo de tempos após realização da mensuração do trabalho.

Quadro 5: Resumo dos resultados obtidos com a mensuração

Mensurações	Resultados
Tempo Médio	21,09 minutos
Tempo Normal	21,09 minutos
Tempo Padrão	24,04 minutos
Quantidade de sacos/4Kg/dia	19,97 sacos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Observando novamente o Quadro 4, nota-se que as atividades que mais são responsáveis pelo alto valor do tempo padrão do trabalhador são as correspondentes ao transporte/movimentação, caracterizando-as como um grande desperdício para empresa, mesmo elas sendo realizadas por trabalhadores treinados e trabalhando em ritmo normal, chegando a totalizar 51,2% do valor de 21,09 minutos. Dessa maneira, partindo-se do princípio que o *layout enxuto* de uma instalação deve proporcionar o movimento eficiente de materiais e pessoas, obtendo distâncias de fluxo de trabalho lógico e mínimas viagens entre as operações, utilizando o espaço de maneira eficiente, garantindo a segurança e satisfação dos trabalhadores e outras pessoas que usam da instalação, a flexibilidade para responder às novas e as necessidades futuras, e etc., foi utilizado o *software CRAFT* para a simulação de um novo *layout* para a indústria estudada objetivando eliminar os desperdícios de transporte e movimentação.

A primeira etapa na criação de um novo *layout* no *CRAFT* é prover as informações (*inputs*) sobre o local de sua instalação, como apresentado no Quadro 6 abaixo.

Quadro 6: *Inputs* do *layout*

Dados do <i>Layout</i>				
Nome: Carvão da Estância Indústria e Comércio Limitada – ME				
Número de Departamentos		4		
Departamentos Fixos		0		
Dimensão		Metros		
Informação da Instalação				
Escala-m/unidade	1		Células	
Comprimento (m)	20		20	
Largura (m)	30		30	
Área (m ²)	600		600	
Informação da Instalação				
	Nome	F/V	Área (m ²)	Célula
Departamento 1	Peneira	V	60	60
Departamento 2	Ensacamento/Pesagem	V	60	60
Departamento 3	Costura	V	40	40
Departamento 4	Estoque	V	423	423

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Na indústria estudada, 4 departamentos são identificados, não possui departamentos fixos, e a dimensão escolhida foi o metro. Além disso, as áreas dos diferentes departamentos são medidas e informadas, juntamente com o respectivo comprimento e largura do *layout* da planta. As opções F/V em Informação da Instalação significam Fixo ou Variável. A letra F (fixo) significa que o departamento está fixado em local ou sequência, e a letra V (variável), significa localização departamento ou sequência pode ser variada na busca do ideal.

Em seguida, é elaborada a matriz de Distância (D_{ij}) para representar a distâncias entre um Departamento i e um Departamento j , como apresentado no Quadro 6 abaixo. Essa distância é representada por centroides de cada departamento que são calculados a partir do *layout* inicial.

Quadro 7: Matriz de Distância

Matriz de Distância				
Distância (m)	Peneira	Ensacamento/Pesagem	Costura	Estoque
Peneira	0	7,5	13,75	15,8
Ensacamento/Pesagem	7,5	0	6,25	15
Costura	13,75	6,25	0	16,75
Estoque	15,8	15	16,75	0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Depois, a matriz de custo (C_{ij}) é preenchida para representar o custo de transporte por unidade nas distâncias de um Departamento i para um Departamento j , como apresentado no Quadro 8 a seguir. As entradas padrão são de 1 para indicar que todos os fluxos interdepartamentais têm o mesmo custo.

Quadro 8: Matriz de custo

Matriz de Custo				
Custo	Peneira	Ensacamento/Pesagem	Costura	Estoque
Peneira	1	1	1	1
Ensacamento/Pesagem	1	1	1	1
Costura	1	1	1	1
Estoque	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Por fim, após inserir os *inputs* descritos acima, o *software* determinou diversas disposições das instalações que melhor atendam às necessidades da indústria. A partir destes ensaios, foram escolhidos três modelos diferentes para apresentar neste trabalho e usados como diretrizes para desenvolver o desenho de *layout* real. As linhas pretas representam as distâncias entre departamentos a partir das suas respectivas centroides.

Assim, a Figura 9 a seguir representa a primeira opção de *layout* para a empresa, apresentando os departamentos com suas respectivas cores já descritas anteriormente.

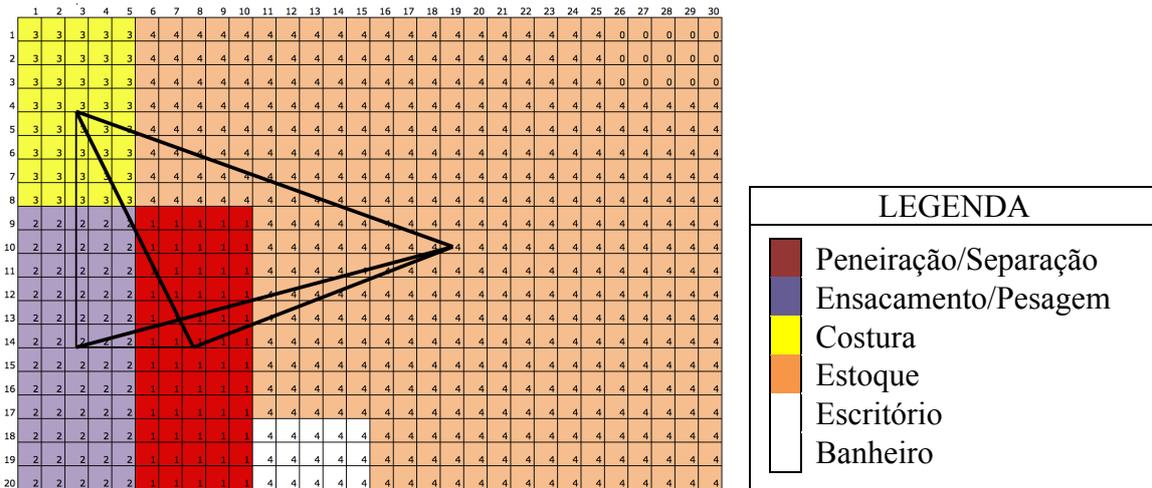


Figura 9: Opção de *Layout* 1

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados do *CRAFT*, 2016

O Quadro 9 apresenta as medidas das distâncias entre os departamentos por meio de suas centroides. Os valores destacados em verde correspondem as distâncias que serão reduzidas com o rearranjo.

Quadro 9: Matriz de Distância para a opção 1

Matriz de Distância				
Distância (m)	Peneira	Ensacamento/Pesagem	Costura	Estoque
Peneira	0	5	11,20	9,35
Ensacamento/Pesagem	5	0	10	11,75
Costura	11,20	10	0	7,5
Estoque	9,35	11,75	7,5	0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

A Figura 10 representa a segunda opção de *layout* para a empresa, novamente apresentando os departamentos com suas respectivas cores.

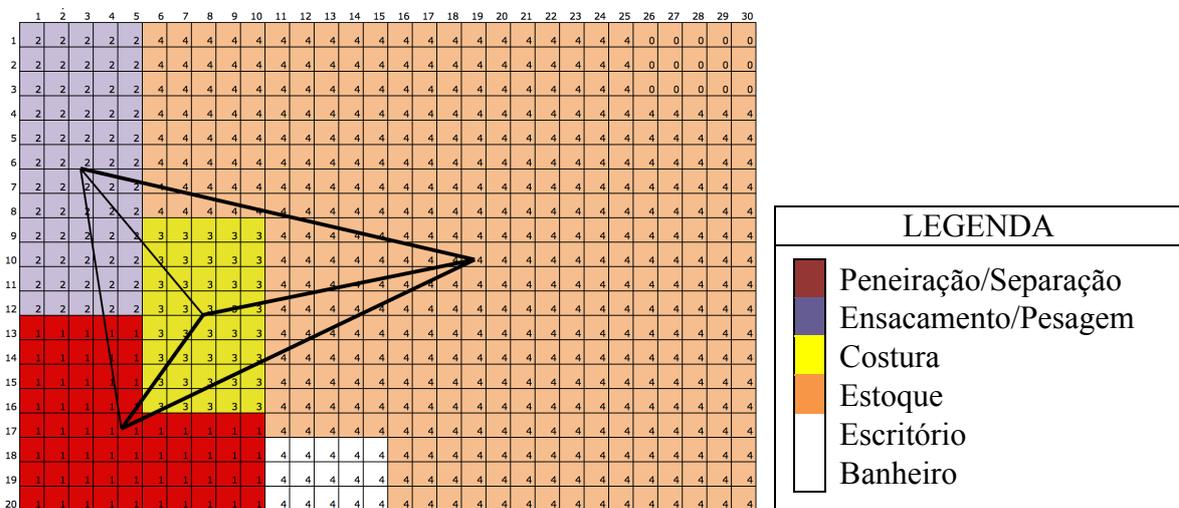


Figura 10: Opção de *Layout* 2

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados do *CRAFT*, 2016

O Quadro 10 apresenta as medidas das distâncias entre os departamentos por meio de suas centroides. Os valores destacados em verde correspondem as distâncias que serão reduzidas com o rearranjo.

Quadro 10: Matriz de Distância para a opção 2

Matriz de Distância				
Distância (m)	Peneira	Ensacamento/Pesagem	Costura	Estoque
Peneira	0	10,3	4,72	11,66
Ensacamento/Pesagem	10,3	0	7,81	13,12
Costura	4,72	7,81	0	7,76
Estoque	11,66	13,12	7,76	0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Por fim, a Figura 10 representa a terceira e última opção de *layout* para a empresa.

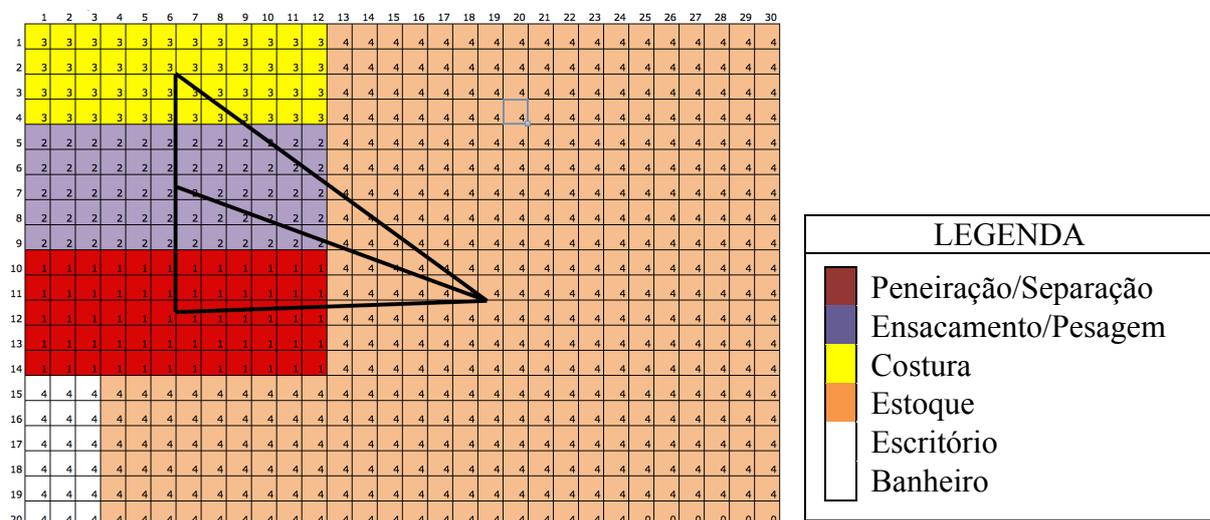


Figura 11: Opção de *Layout* 3

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados do *CRAFT*, 2016

O Quadro 11 apresenta as medidas das distâncias entre os departamentos por meio de suas centroides. Os valores destacados em verde correspondem as distâncias que serão reduzidas com o rearranjo.

Quadro 11: Matriz de Distância para a opção 3

Matriz de Distância				
Distância (m)	Peneira	Ensacamento/Pesagem	Costura	Estoque
Peneira	0	5	10	9,15
Ensacamento/Pesagem	5	0	5	9,65
Costura	10	5	0	12
Estoque	9,15	9,65	12	0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Após análise dos resultados obtidos pelo *CRAFT*, nota-se que o formato de cada departamento não necessariamente coincidiu com os formatos dos departamentos originais. Ao comparar as matrizes de distâncias obtidas pelo *software* com a matriz de distância

original, percebe-se que a opção de *Layout 3* foi a única a reduzir todas as possíveis distâncias entre departamentos, sendo esta a opção escolhida como proposta à empresa. Desse modo, para melhor visualização dessa nova distribuição, novamente foi usado o *software Autodesk HomeStyler* a elaboração do novo *Layout*, como apresenta a Figura 12.

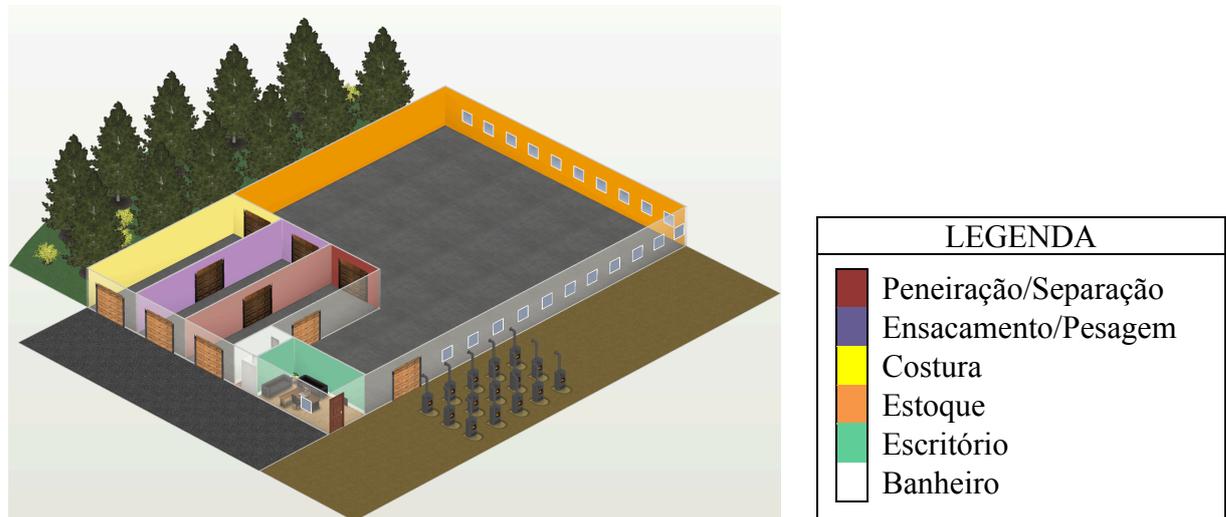


Figura 12: *Layout* da situação futura da indústria
Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Considerando que a empresa atualmente possui trabalhadores bem treinados/qualificados, trabalhando em ritmo normal e realizando sempre as mesmas tarefas, e que os fornos (área externa) poderão ser deslocados à 50m de distância da área da peneiração sem prejudicar a produção e o ambiente de trabalho, pode-se inferir que com a redução da distância entre os departamentos e fornos, o tempo médio para o transporte de materiais será reduzido proporcionalmente, como apresenta o Quadro 12 a seguir.

Quadro 12: Simulação da mensuração do trabalho o novo *Layout*

Data: 2016						MENSURAÇÃO DO TRABALHO					
Analista: LRD			Aprovado			Resumo das atividades					
Trabalho: Fabricação de carvão/moinha.			Versão.: 002			Atividade (Símbolo)		Tempo médio		Distância	
Material: Carvão/Moinha.						Operação (○)		9,94 min		0 m	
Descrição: Características originais do processo de fabricação de carvão vegetal e moinha.						Inspeção (□)		1,38 min		0 m	
						Transporte (→)		7,1 min		77 m	
						Espera (D)		4 dias		0 m	
						Estoque (∇)		0 min		0 m	
Seq.	Descrição da atividade					Símbolo	Tempo	Distância	Observação		
1	Cortar o eucalipto em pedaços					○	0,33 min	-	-		
2	Levar os pedaços de eucalipto até aos fornos					→	1,98 min	5 m	-		
3	Colocar os pedaços de eucalipto dentro					○	2,01 min	-	-		

	dos fornos				
4	Esperar o eucalipto atingir o ponto de queima	D	5760 min	-	Mesmo com a espera, há sempre carvão/moinha disponível em outros fornos para sem retirados.
5	Retirar o carvão do forno	○	5,02 min	-	-
6	Levar o carvão até a peneira	→	2,49 min	50 m	-
7	Peneirar/pesar (Separar o carvão da moinha)	○/□	1,03 min	-	-
8	Levar o carvão e moinha até a área de ensaque	→	0,76 min	5 m	-
9	Ensacar	○	1,07 min	-	-
10	Pesagem	□	0,35 min	-	-
11	Levar o saco de carvão/moinha até a área de costura	→	0,93 min	5 m	-
12	Costurar	○	0,48 min	-	-
13	Levar o saco de carvão/moinha empacotado até a área de estocagem	→	0,94 min	12 m	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Dessa maneira, observa-se que houve uma diminuição de 34,25% do tempo de transporte com a mudança de *layout*. Ainda considerando um fator de desempenho de 100% do trabalhador, e 14% de subsídios, tem-se conforme a Equação 4, o seguinte Tempo Médio:

$$T_M = (0,33 + 1,98 + 2,01 + 5,02 + 2,49 + 1,03 + 0,76 + 1,07 + 0,35 + 0,93 + 0,48 + 0,94) \quad (2)$$

$$T_M = 17,39 \text{ minutos} \quad (2)$$

Baseado no resultado do Tempo Médio, foi possível obter então o Tempo Normal, conforme mostrado na Equação 4 seguir.

$$T_N = (0,33 + 1,98 + 2,01 + 5,02 + 2,49 + 1,03 + 0,76 + 1,07 + 0,35 + 0,93 + 0,48 + 0,94) * 1 \quad (4)$$

$$T_N = 17,39 \text{ minutos} \quad (4)$$

A partir do Tempo Normal e do Fator de Tolerância (14%), foi possível obter o Tempo Padrão (Equação 5), como é apresentado a seguir:

$$T_P = 17,39 * (1,14) = 19,82 \text{ minutos} \quad (5)$$

Dessa maneira, ainda considerando que o turno de trabalho é de 8 horas/dia, é possível inferir que um trabalhador tem capacidade de produzir cerca de 24 sacos de 4Kg de carvão/moinha por dia, conforme mostra a Equação 7 a seguir.

$$Q = \frac{(8 \text{ horas}) * 60 \text{ minutos}}{T_p} = \frac{(8) * 60}{19,82} = 24,21 \text{ sacos/4Kg/dia} \quad (7)$$

Dividindo essa quantidade pela quantidade de hora trabalhada em um dia (8 horas), tem-se que poderá ser produzido aproximadamente 3 sacos/4Kg/hora por trabalhador, representando um aumento de 20% na capacidade de produção.

Para melhor visualização, o Quadro 13 a seguir compara os resultados obtidos no estudo de tempos antes e após a simulação de implantação de um novo *layout*.

Quadro 13: Comparação dos resultados obtidos antes e após a simulação

Mensurações	Presente	Futuro	Diferença percentual
Tempo Médio	21,09 minutos	17,39 minutos	17,54%
Tempo Normal	21,09 minutos	17,39 minutos	17,54%
Tempo Padrão	24,04 minutos	19,82 minutos	17,55%
Quantidade de sacos/4Kg/dia	19,97 sacos	24,21 sacos	21,23%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho abordou os desperdícios que interferem no bom desempenho das empresas, analisando o caso de uma indústria do setor carvoeiro localizada no Centro-Oeste do Estado de São Paulo. Assim, buscou-se apresentar os principais desperdícios a partir de um referencial teórico sobre *Lean Manufacturing*.

Na tentativa de cumprir com os objetivos, foi realizado um estudo de caso na empresa, bem como a elaboração de quadros e entrevistas informais para a coleta de dados. Dessa forma, foi verificado que os principais desperdícios enfrentados pela empresa, que é existência de elevadas movimentações e distâncias para o transporte de materiais entre departamentos no decorrer do processo de produção, acarretando assim, em um alto *lead-time* para a fabricação dos sacos de carvão/moinha contendo 4Kg. Com a utilização do *software CRAFT*, foi possível realizar uma simulação que apresentou 3 diferentes alternativas diferentes de um novo *layout*, sendo a alternativa 3 a escolhida para o estudo, pois apresentou redução das distância entre todos os departamentos.

A partir disto, foram sugeridas melhorias, como por exemplo, a realocação dos fornos para uma distância de no máximo 50 m da área de peneiração/pesagem, uma vez que eles estavam dispostos há 100 m de distância desse departamento. Com isso, considerando que a empresa atua com profissionais qualificados/treinados e que trabalham em um ritmo normal, foram realizados cálculos que resultaram em uma diminuição considerável de 20% do tempo médio de fabricação, o que conseqüentemente também aumentaria a capacidade de produção da empresa.

Portanto, o objetivo do trabalho foi alcançado, visto que mostrou que é possível otimizar a produção, reduzindo os desperdícios. Sugere-se ainda como desenvolvimento de trabalhos futuros, a utilização de esteiras ou outros equipamentos que pudessem realizar o transporte de materiais entre os departamentos de forma mecânica, ou até mesmo outras operações, reduzindo ainda mais o número de atividades realizadas pelos operários e o tempo médio de produção, o que traria grandes ganhos de produtividade para a empresa.

REFERÊNCIAS

- AHRENS, Thorsten. **Successful implementation of organizational change in operations instead of short term cost reduction efforts.** Lean Alliance. Disponível em: <http://www.lean-alliance.com/de/images/pdf/la_lean_survey.Pdf>. Acesso em: 10 fev. 2016.
- ATKINSON, Philip. **Creating and implementing lean strategies.** Management Services, v. 48, n. 2, p. 18, 2004.
- BARIYA, Manish B.; DESAI, Darshak A. **The Perception & Methodology of Lean Manufacturing - A review Paper.** In: International Journal of Engineering Development and Research. IJEDR, 2014.
- BHAMU, Jaiprakash; SINGH SANGWAN, Kuldip. **Lean manufacturing: literature review and research issues.** International Journal of Operations & Production Management, v. 34, n. 7, p. 876-940, 2014.
- BORTOLOTTI, Thomas; BOSCARI, Stefania; DANESE, Pamela. **Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices.** International Journal of Production Economics, v. 160, p. 182-201, 2015.
- BUFFA, Elwood Spencer; ARMOUR, Gordon C.; VOLLMANN, Thomas E. **Allocating facilities with CRAFT.** Boston, MA: Harvard University, 1964.
- BURTON, Terence T.; BOEDER, Steven M. **The lean extended enterprise: Moving beyond the four walls to value stream excellence.** J. Ross publishing, 2003.
- CAPITAL, Mekong. **Introduction to Lean Manufacturing for Vietnam.** Vietnam, June, 2004.
- ČIARNIENĖ, Ramunė; VIENAŽINDIENĖ, Milita. **Lean manufacturing: theory and practice.** Economics and management, v. 17, n. 2, p. 726-732, 2012.
- CORRÊA, Henrique L.; CORREA, Carlos A. **Administração de Produção E Operações: Manufatura E Serviços: Uma Abordagem Estratégica .** Editora Atlas SA, 2000.
- DENNIS, Pascal. **Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System.** CRC Press, 2016.
- FRANKLIN, Tim. **Changing the climate [organisational culture for lean manufacturing].** Manufacturing Engineer, v. 83, n. 2, p. 45-47, 2004.
- GEORGE, M., ROWLANDS, D. e KASTLE, B. **What is Lean Six Sigma?,** McGraw-Hill Companies, New York, NY., 2003.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo, v. 5, p. 61, 2002.
- HANCOCK, Walton M.; ZAYKO, Matthew J. **Lean production: Implementation problems.** IIE solutions, v. 30, n. 6, p. 38-43, 1998.

HEIZER, Jay H.; RENDER, Barry; WEISS, Howard J. **Operations management**. Pearson Prentice Hall, 2004.

HINES, Peter; HOLWEG, Matthias; RICH, Nick. **Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking**. International journal of operations & production management, v. 24, n. 10, p. 994-1011, 2004.

JOHN, Bobby; JAMES, Jubin; RENGARAJ, R. **Analysis and optimization of plant layout using relative allocation of facilities technique**. International journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, v. 3, n. 8, 2013.

KUMAR, D. Arun; RAMESH, V. **Cellular Manufacturing Layout Design in Inner Tube Manufacturing Industry: A Case Study**. Published in International Journal of Scientific Engineering and Technology Volume, n. 1, p. 306-313.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica e relatório, publicações e trabalhos científicos**. -6. reimpr. São Paulo: Atlas, 2011.

LEAN MANUFACTURING. **25 Lean Tools**. 2016. Disponível em: <<http://www.leanproduction.com/top-25-lean-tools.html>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

LIKER, J. K., e LAMB, T., (2003). **Lean Manufacturing Principles Guide**. Version 0.5, University of Michigan.

MAGNUSSON, Kjell. **Six Sigma. The Pragmatic Approach**. 2003. Student literature, 2003.

MARMGREN, Lars; RAGNARSSON, Mats. **Organizing projects: from a mechanical to an organic perspective**. Fakta info direkt, 2001.

McNamara, P. E., Ranney, C. K., Kantor, L. S., & Krebs-Smith, S. M. **The gap between food intakes and the Pyramid recommendations: measurement and food system ramifications**. Food Policy, v. 24, n. 2, p. 117-133, 1999.

MELTON, Trish. **The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries**. Chemical Engineering Research and Design, v. 83, n. 6, p. 662-673, 2005.

MEYERS, Fred E.; STEWART, James Robert. **Motion and time study for lean manufacturing**. Pearson College Division, 2002.

MEYERS, Fred E.; STEPHENS, Matthew P. **Manufacturing facilities design and material handling**. Prentice Hall, 2010.

MILLER, Geoff; PAWLOSKI, Janice; STANDRIDGE, Charles R. **A case study of lean, sustainable manufacturing**. Journal of industrial engineering and management, v. 3, n. 1, p. 11-32, 2010.

MODI, Denish B.; THAKKAR, H. Lean thinking: **Reduction of waste, lead time, cost through lean manufacturing tools and technique**. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, v. 4, 2014

MONDEN, Y. **Toyota Production System**. Institute of Industrial Engineers, 1993.

NGUYEN, Phuoc Van. **Lean Manufacturing–Implementation and Benefit in Production Activities**. Disponível em: SSRN 2555428, 2014.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção além da Produção**. Bookman, 1996.

PACKENDORFF, Johann. **Inquiring into the temporary organization: new directions for project management research**. Scandinavian journal of management, v. 11, n. 4, p. 319-333, 1995.

PAPADOPOULOU, T.; OZBAYRAK, M. **Lean enterprise: Evolution and critical review**. Working Paper. London: School of Engineering & Design, Brunel University, 2005.

PETERSSON, P., JOHANSSON, O., BROMAN, M., BLÜCHER, D., & ALSTERMAN, H. **Lean-Turn deviations into success!**. Part Media, 2012.

POPPENDIECK, M. **Lean thinking: The theory behind agile software development**. Poppendieck, LLC, 2002.

RAWABDEH, Ibrahim A. **A model for the assessment of waste in job shop environments**. International Journal of Operations & Production Management, v. 25, n. 8, p. 800-822, 2011.

RIBEIRO, Natalia Silva. **Decisão por múltiplos critérios na análise do lean manufacturing em diferentes processos**. Revista de Gestão & Tecnologia, v. 3, n. 2, 2015.

RODRIGUEZ, Carlos Manuel Taboada; SOUZA, Daniel Araújo Bezerra; SANTOS, Guilherme Pedrosa Soares; CASARIN, N. **Lean na logística: uma reflexão da agregação de valor e desperdícios**. Mundo Logística, n. 26, Ano V, p. 18-23, 2012.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício: manual de trabalho de uma ferramenta enxuta**. Lean Institute Brasil, 2007.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. rev. e atualizada. São Paulo: Cortez, 2008.

SHAH, Rachna; WARD, Peter T. **Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance**. Journal of operations management, v. 21, n. 2, p. 129-149, 2003.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. **A pesquisa científica**. SILVEIRA, DT (Org.). Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2015.

STEVENSON, William J.; SUM, Chee Chuong. **Operations management**. Boston, MA: McGraw-Hill/Irwin, 2009.

TAJ, Shahram. **Lean manufacturing performance in China: assessment of 65 manufacturing plants**. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 19, n. 2, p. 217-234, 2008.

TAYLOR, Frederick Winslow. **Princípios de administração científica**. São Paulo: Atlas, 1990.

TINOCO, Juan C. **Implementation of lean manufacturing**. 2004. Tese de Doutorado. University of Wisconsin-Stout.

WAHAB, Amelia Natasya Abdul; MUKHTAR, Muriati; SULAIMAN, Riza. **A conceptual model of lean manufacturing dimensions**. Procedia Technology, v. 11, p. 1292-1298, 2013.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean solutions: how companies and customers can create value and wealth together**. Simon and Schuster, 2015.

WORLEY, J. M.; DOOLEN, T. L. **The role of communication and management support in a lean manufacturing implementation**. Management Decision, v. 44, n. 2, p. 228-245, 2006.

ZAHRAEE, S. M., HASHEMI, A., ABDI, A. A., SHAHPANAH, A., & ROHANI, J. M. **Lean Manufacturing Implementation Through Value Stream Mapping: A Case Study**. Jurnal Teknologi, v. 68, n. 3, 2014.