

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**

**GLAUCO MANOEL JUNIOR**

**APLICAÇÃO DE LEAN MANUFACTURING NO SETOR DE**  
**CORTE EM UMA INDÚSTRIA DE ARAMADOS**

**PONTA GROSSA**

**2018**

**GLAUCO MANOEL JUNIOR**

**APLICAÇÃO DE LEAN MANUFACTURING NO SETOR DE  
CORTE EM UMA INDÚSTRIA DE ARAMADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, em engenharia mecânica, do departamento de engenharia mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Castro Alves

**PONTA GROSSA**

**2018**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **APLICAÇÃO DE LEAN MANUFACTURING NO SETOR DE CORTE DE UMA INDÚSTRIA DE ARAMADOS**

por

**GLAUCO MANOEL JUNIOR**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 4 de dezembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Alexandre de Castro Alves  
Orientador

Prof. Dr. Oscar Regis Junior  
Membro Titular

Prof. Me. Péricles Cancian  
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares  
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de  
Carvalho  
Coordenador do Curso

## RESUMO

Manoel, Glauco Junior. Estudo de Linha de Produção em uma Indústria de Aramados. 2018 Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica do Paraná. Ponta Grossa – 2018.

No presente trabalho foram aplicadas várias ferramentas do *Lean Manufacturing* no setor de corte de arames da indústria em estudo, detectando-se e combatendo-se os desperdícios que ocorriam no setor. Os desperdícios foram detectados através de observações do setor e em entrevistas com os colaboradores e tais desperdícios foram mensurados através de um estudo de tempos. As principais ferramentas do *Lean Manufacturing* utilizadas para se eliminar tais perdas no setor foram a metodologia 5'S, SMED e alguns princípios da filosofia *Kaizen*.

## **ABSTRACT**

Manoel, Glauco Junior. Production Line Study in a Wire Industry. 2018 Course Completion Work - Technological University of Paraná. Ponta Grossa - 2018.

On the present work many Lean Manufacturing tools were applied in the wire cutting sector of the industry in study, detecting and combating the loses through watching the sector, interviews with the workers and the loses was measured through a study of times. The main tools of Lean Manufactruing utilized to eliminate such loses in the sector was the 5's methodology, SMED and some principles from Kaizen philosophy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sete tipos de perdas e suas relações.....	5
Figura 2 – Exemplo de Kanban.....	9
Figura 3 – Fluxograma e organização dos setores.....	14
Figura 4 – Primeira questão.....	19
Figura 5 – Segunda questão.....	19
Figura 6 – Terceira questão.....	20
Figura 7 – Endireitadeira durante funcionamento.....	22
Figura 8 – Sistema de endireitamento.....	22
Figura 9 – Canaletas.....	23
Figura 10 – Arames em espera.....	26
Figura 11 – Bobinas acumuladas no setor.....	27
Figura 12 – Layout Inicial do setor.....	28
Figura 13 – Diminuição da quantidade de bobinas.....	30
Figura 14 – Desbobinador vazio.....	31
Figura 15 – Novo layout do setor de corte.....	33

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Tempos médios de troca de arames.....	24
Tabela 2 – Capacidade de produção.....	26
Tabela 3 – Novos tempos de troca de arames.....	34
Tabela 4 – Nova capacidade de produção.....	35

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 ASPECTOS GERAIS.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA.....	2
1.3 OBJETIVO GERAL.....	2
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
2.1 LEAN MANUFACTURING.....	3
2.2 OS 7 DESPERDÍCIOS.....	4
2.3 METODOLOGIA 5'S.....	7
2.4 KAIZEN.....	8
2.5 KANBAN.....	9
2.6 SMED ( SINGLE MINUTE EXCHANGE DIE).....	10
2.7 LAYOUT OU ARRANJO FÍSICO.....	11
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>13</b>
3.1 ESTADO INICIAL DA INDÚSTRIA EM ESTUDO.....	13
3.2 MÉTODO DE COLETA DE DADOS.....	15
3.3 INSTRUMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS.....	17
<b>4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
4.2 CRONOANÁLISE NO SETOR DE CORTE.....	21
4.2.1 Maquinário do setor abordado.....	21
4.2.2 Definição dos procedimentos de troca de arames e tomada de tempos....	23
4.2.3 Definição da Capacidade produtiva do Setor.....	24
4.3 ANÁLISE DO LAYOUT DO SETOR.....	26
4.4 MODIFICAÇÃO DO LAYOUT DO SETOR.....	29
4.4.1 Aplicação da Metodologia 5'S.....	29
4.4.2 Aplicação de SMED.....	30
4.4.3 Planejamento e Aplicação do Novo Layout.....	32
4.5 RESULTADOS OBTIDOS.....	34
4.5.1 Diminuição dos tempos de Setup.....	34
4.5.2 Aumento da Capacidade Produtiva.....	35
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>41</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>47</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 ASPECTOS GERAIS

A indústria estudada é do ramo de aramados e situa-se no interior do estado de São Paulo, uma das principais no ramo de fornecimento de grades para empresas de refrigeração. Nesse estudo será mensuradora a capacidade produtiva e se analisará os processos produtivos no setor de corte dessa indústria. Para isso é preciso entender o layout do setor e suas implicações no processo produtivo, desenvolver um estudo de cronoanálise do processo e *setups* de máquinas e entender as demandas de arames para os outros setores. Faz-se necessário dissecar o atual funcionamento do setor desde o recebimento do pedido de peça até a sua finalização e expedição para o próximo processo de produção, com isso desenvolver um estudo dos padrões dos procedimentos para uma melhor compreensão do setor e otimizar o mesmo na busca de uma maior produção.

O presente estudo está organizado de maneira que no primeiro capítulo apresenta a Introdução descrevendo os problemas enfrentados, as ferramentas a serem utilizadas e as necessidades do estudo.

No segundo capítulo será apresentada a base bibliográfica para o desenvolvimento desses estudos, os conhecimentos que envolvem processos de produção e as ferramentas do *Lean Manufacturing* a serem utilizadas.

Já o capítulo 3 abordará a Metodologia utilizada para analisar os processos, mensurar a capacidade produtiva e ter um melhor entendimento sobre a aplicação das ferramentas do *Lean Manufacturing*.

Prosseguindo ao capítulo 4, Resultados e Discussão, será abordado o que pode-se concluir com os dados colhidos e desenvolver sugestões de melhorias e no capítulo 5 apresentaremos as conclusões.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Com a aplicação do conhecimento e ferramentas da *Lean Manufacturing*, procuramos melhorar os procedimentos de produção desenvolvidos no setor de corte, diminuir os desperdícios e otimizar a qualidade do processo.

## 1.3 OBJETIVO

### Objetivo Geral

Analisar o *layout* e o processo produtivo do setor de corte dos pontos de vista cronológicos, organizacional combatendo desperdícios e propondo melhorias.

### Objetivos Específicos

- Compreender e o processo produtivo no setor de corte da empresa e melhorar sua capacidade de produção.
- Realizar um estudo de tempos dos *setups* de máquinas do setor.
- Desenvolver sugestões de melhoria de *layout*.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 2.1 LEAN MANUFACTURING

*Lean Manufacturing* ou como é traduzido em português Manufatura Enxuta, surgiu no Japão pós Segunda Guerra Mundial, uma resposta encontrada pela Toyota Motor Company ao modelo de manufatura em massa que era hegemônico na época. O modelo de manufatura em massa exigia de uma grande quantidade de recursos, não existentes em um país devastado pela guerra, portanto impraticável. Assim um novo método de gestão de recursos, máquinas e colaboradores deveria ser desenvolvido para se adaptar à realidade japonesa. Outros fatores também podem ser apontados para o surgimento do *Lean Manufacturing* como o mercado interno limitado e que demandava uma grande variedade de produtos, o grande interesse de montadoras internacionais de se estabelecerem no Japão e a mão de obra organizada e disciplinada.

O *Lean Manufacturing* é um conceito que visa reduzir e eliminar os 7 desperdícios provenientes dos processos produtivos da empresa, produzir mais utilizando menos recursos.

Segundo Villiers (2008) *Lean Manufacturing* é essencialmente fazer as coisas chegarem no local certo, no momento certo, na quantidade certa, enquanto se minimiza os desperdícios e se é flexível e aberto as mudanças.

Para Womack e Jones (1998) o pensamento Lean pode ser definido em cinco princípios:

- Definir o valor: Um produto deve atender os requisitos do cliente logo o valor do produto final é especificado pelo cliente, jamais pela empresa. Logo qualquer atividade ou característica do produto final que não estejam nas especificações recebidas são oportunidades de se mitigar custos.

- Mapear a cadeia de valor: A cadeia de valor é o conjunto de atividades que envolvem a produção de um produto desde sua concepção até o recebimento pelo cliente. Através do mapeamento dessas atividades poderemos dividi-las em três categorias: as que agregam valor ao produto, as que não agregam, mas são essências

para se manter o funcionamento das atividades que agregam valor e as que não agregam valor e devem ser eliminadas.

- Fluxo de Valor: Quando se é identificado o valor do produto e mapeada sua cadeia de valor é necessário que se estabeleça um fluxo para que o processo de fabricação possa ocorrer sem imprevistos e de maneira contínua.

- Produção puxada: Produzir na quantidade especificada pelos clientes, somente e quando houver compras dos clientes jamais produzindo estoques assim valorizando o produto.

- Busca pela Perfeição: A busca pela perfeição é a aplicação cíclica dos 4 princípios anteriores visando sempre aumentar a eficácia e a eficiência das atividades produtivas, eliminando desperdícios.

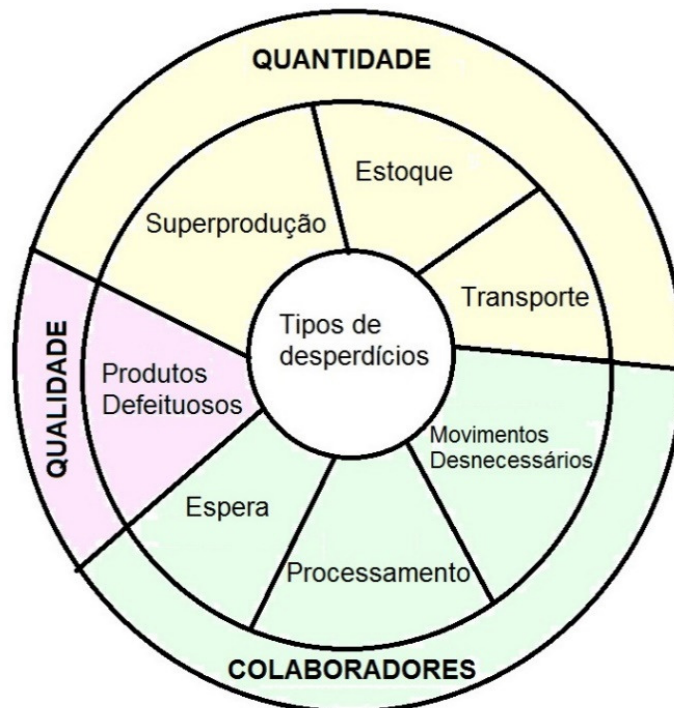
Para se realizar esses 5 princípios a *Lean Manufacturing* conta com inúmeras ferramentas entre as quais podemos citar: 5'S, Mapas de Fluxo de Valor, *Kaizen*, SMED( Single Minute Exchange Die), Fluxo contínuo, *Kanban*.

## 2.2 Os 7 Desperdícios

Segundo Ohno (1997) a Manufatura Enxuta é o resultado da eliminação dos sete tipos clássicos de desperdícios dentro de uma empresa. Tais desperdícios resultam na elevação do preço final do produto já que consomem maior tempo ou mais recursos. Esses desperdícios podem ser divididos em três fatores: pessoas, quantidade e qualidade.

Na figura 1 a seguir pode-se ver as relações:

Figura 1 – Sete tipos de perdas e suas relações.



Fonte: Adaptado de OHNO (1997)

A quantidade de produtos produzida, a qualidade dos mesmos e os colaboradores são diretamente ligados aos 7 tipos de desperdícios. As perdas por superprodução, transporte e estocagem se relacionam a quantidade de produção. Enquanto as perdas por processamento, por trabalho desnecessário e tempo de espera se relacionam a pessoas. E finalmente a perda por produtos defeituosos ou o retrabalho desses mesmos produtos relacionam-se a qualidade.

➤ Perda por Superprodução

Produzir mais que o necessário, que resultam em vários tipos de desperdício, como:

- a. Maiores Estoques;
- b. Consumo de matérias primas, mão-de-obra e energia desnecessários;
- c. Degradação dos produtos já fabricados estocados na fábrica.

➤ Perda por Transporte

O desperdício que se apresenta por deslocamentos desnecessários no processo produtivo, ou até mesmo o espaço ocupado e o gasto por sistemas de transporte. Eliminar o desperdício por transporte por completo em um processo produtivo é praticamente impossível, porém é importante reduzi-lo com melhorias de *layout* ou retirada de estoques, por exemplo.

➤ Perda por Espera

Ocorre quando há uma perda de tempo em que nenhum processo que acrescente valor ao produto ou faça parte de seu processo produtivo esteja sendo executado, assim parando a linha de produção. Pode ter uma variedade enorme de causas como:

- a. Atraso de fornecedores
- b. Lotes grandes de produção
- c. Problemas de *layout*
- d. Espera por processos
- e. Defeitos nas máquinas ou acidentes

➤ Perda por Processamento

Acontece quando máquinas ou equipamentos são utilizados de forma errada ou abaixo de sua capacidade. Também pode se apresentar na forma de sobreprocessamento, ou seja, realização de operações não necessárias no produto, devido à falta de clareza das instruções do cliente ou mal planejamento do processo produtivo.

➤ Perda por Estocagem

É a perda que ocorre quando materiais, produtos semiacabados ou finalizados ficam parados por um tempo indeterminado e em quantidade considerável. A

eliminação das perdas por estoque pode se tornar difícil quando é visto como uma vantagem, já que pode ser utilizado para aliviar problemas de sincronia no processo produtivo ou visto erroneamente como uma maneira de se produzir mais rapidamente.

➤ Perda por Movimentos Desnecessários

É considerado movimento desnecessário qualquer atividade ou deslocamento que não acrescentem valor ao produto ou não façam parte do processo produtivo. Suas causas geralmente são relacionadas a problemas de *layout* e formação e treinamento dos colaboradores. Pode ser combatida com estudo de tempos e métodos, racionalizando as operações executadas pelos colaboradores ou até mesmo através da automação.

➤ Perda por Produtos Defeituosos

O desperdício devido a problemas de qualidade se relaciona com os custos da inspeção e do retrabalho. A produção de produtos defeituosos implica num gasto maior de mão-de-obra, materiais, tempo de estoque, inspeção e o retrabalho. Quando ocorre em excesso, novos estoques devem ser feitos para compensar os produtos defeituosos derrubando a produção e aumentando os custos diretamente.

## 2.3 METODOLOGIA 5'S

O “5’S” é uma das ferramentas mais importantes da Manufatura Enxuta. Desenvolvida no Japão é um método que visa organizar e melhorar o ambiente de trabalho e também criar um envolvimento do trabalhador com o mesmo, lhe incentivando a responsabilidade e a procura pela melhoria das atividades produtivas.

A sigla “5’S” tem origem na combinação das letras iniciais de cinco palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seisou*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Palavras essas que representam:

a. *Seiri* – Senso de Utilização: Organizar os materiais, máquinas e equipamentos utilizados no ambiente de trabalho, removendo os desnecessários.

b. *Seiton* – Senso de Organização: Definir o local das máquinas, ferramentas e materiais com padrões e critérios adequados, visando a segurança e o acesso fácil e rápido. Manter sempre a ordem é importante, os locais devem ser demarcados visualmente e tudo deve ser posto no local de origem após a utilização.

c. *Seisou* – Senso de Limpeza: Eliminar o lixo e a sujeira do ambiente do trabalho, o processo de limpeza ajuda na inspeção do mesmo.

d. *Seiketsu* – Senso de Conservação: Buscar manter a integridade física e promover um ambiente de trabalho saudável, eliminando causas de desordem e seguindo as regras de segurança.

e. *Shitsuke* – Senso de Autodisciplina: Cumprir os procedimentos dos S's anteriores disciplinarmente, as transformando em hábito.

## 2.4 KAIZEN

Uma ferramenta essencial para a *Lean Manufacturing* é a filosofia *Kaizen*. A palavra *Kaizen* tem origem na língua japonesa vem da aglutinação das palavras - Kai que significa mudança e Zen que significa bom, transmitindo o fundamento dessa filosofia de que mudar é bom.

Para Ohno (1997) o *Kaizen* é um conceito que envolve uma política e uma cultura, onde a política são o conjunto de valores que serão a orientação do comportamento de determinado grupo de pessoas, já a cultura são os valores naturalmente já incorporados pelo grupo.

A base da ferramenta *Kaizen* é a busca constante pela melhoria continua, onde não se pode passar sequer um dia na empresa em que uma melhoria não tenha sido realizada, sempre as buscando seja em redução dos custos, diminuição dos



prazos, eliminação de desperdícios ou melhoria da qualidade. Não é uma filosofia de aplicação rápida, nem fácil, deve ser construída no dia-a-dia com os colaboradores.

Segundo Shingo (2005) para a aplicação do *Kaizen* ser efetiva a alta administração deve se envolver e assumir tais valores como parte de sua Política de Qualidade. A administração deve promover atividades que melhorem e acrescentem ao conhecimento de seus colaboradores como programas de treinamento em ferramentas de qualidade, técnicas estatísticas, metrologia, aplicação de programas 5'S, círculos de qualidade, programas de sugestão de melhorias que premiem os colaboradores assim facilitando a absorção dos valores pelos colaboradores.

## 2.5 KANBAN

Uma forma de gestão visual, *Kanban* que em japonês significa “sinal” é uma ferramenta utilizada na forma de um sistema de sinalização com cores e cartões que facilita a comunicação dentro de um processo produtivo, seja indicando em qual estágio da produção um produto está, quando precisa se repor o estoque ou material ou a urgência de se executar uma ação.

Figura 2 – Exemplo de Kanban

SOLDA - Produto acabado				Célula 1
DESCRIÇÃO DO PRODUTO:	cesto MULTI USO L300 X P90 X A90 MM			21
INSTRUÇÃO DO FLUXO DA CARTA KANBAN DE PRODUÇÃO:	Materia prima		Cor	
	1 - Operador Logístico envia a carta Kanban para a Fila Kanban da Linha (Banda)	40	Travessa 3.0 x 300mm	
2 - Carta Kanban na Fila para ser enviada	240	Malha Uzinho 2.0 x 255mm	20	VIOLA 3.0 x 325mm
3 - Operador da Linha produz conforme sequência da Fila Kanban	40	Arame 3.0 x 329mm		
4 - Operador da Linha remove a carta Kanban na Embalagem da peça que produz				20

Fonte: Autoria Própria

Seu objetivo é funcionar como um acionador, “puxador” da produção, a coordenando e indicando todos os estágios pelas quais o produto deve passar, as

suas demandas de materiais, e as quantidades exatas, evitando qualquer tipo de desperdício.

Para Guedes (2010) O processo inicial de implantação do sistema *Kanban* exige muita disciplina e conscientização dos colaboradores envolvidos no processo produtivo e quando isso ocorre há um conseqüente aumento nos índices de lucro já que o sistema promove uma redução dos erros e desperdícios e confere os níveis adequados de produção, assim eliminando os estoques desnecessários.

## 2.6 SMED (SINGLE MINUTE EXCHANGE DIE – TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA)

É considerado tempo de *Setup* o tempo decorrido na troca de ferramenta compreendendo o intervalo entre a produção da última peça de um lote, até a produção da primeira peça sem defeitos do lote seguinte.

A redução do tempo de *Setup*, é extremamente necessário para o bom funcionamento do sistema *Lean Manufacturing*. Um tempo de troca de ferramentas reduzido garante uma variabilidade grande ao processo produtivo possibilitando uma diversificação na produção e também o reinício rápido do mesmo após paradas eventuais. Máquinas paradas em *setup* não produzem nada, portanto esses tempos devem ser reduzidos ao máximo.

Segundo Shingo (1983) o SMED visa organizar tudo que é necessário para que uma troca de ferramenta seja rápida e tenha eficácia e isso envolve a análise e padronização dos procedimentos, treinamento dos colaboradores procurando pinçar sugestões de melhorias que eles possam fornecer, ajustes e verificações dos materiais e ferramentas, garantindo que estejam posicionados nos locais corretos, nos menores tempos possíveis e em condições de uso.

## 2.7 LAYOUT OU ARRANJO FÍSICO

Para Rocha (1995) *Layout* ou arranjo físico é a maneira em que são dispostas as máquinas, ferramentas, materiais, postos de trabalho entre outros fatores que ocupam espaço dentro da fábrica os distribuindo dentro de uma maneira a maximizar

a fluidez dos processos de produção e otimizar o ambiente de trabalho fábrica e a maneira como a mesma é feita pode impactar positivamente ou negativamente no processo produtivo. Um bom layout permite uma movimentação rápida, fácil e segura de pessoas, materiais e peças garantindo uma eficiência maior do sistema produtivo, reduzindo os desperdícios por transporte e movimentação desnecessária.

➤ Layouts por processo

Em *layouts* por processo os processos similares são agrupados formando setores dedicados a alguma atividade específica, fazendo com que os produtos percorram os setores conforme as suas necessidades de produção. Esse *layout* permite uma grande variabilidade de produtos, já que permite a formação de linhas de produção flexíveis, mas isso implica numa grande quantidade de fluxos de produtos e uma baixa produção.

➤ Layout por produto

Nos *layouts* por produto os processos são organizados de maneira sequencial, e o fluxo de produção anda em linha de um processo ao outro, em sequência, geralmente nessa organização os colaboradores permanecem parados e o produto percorre a linha de produção. É uma organização muito utilizada para produção de grandes quantidades de produtos com pouca ou quase nenhuma customização, de maneira contínua.

➤ Layout com posição fixa.

Já para *layouts* com posição fixa o produto permanece estacionado enquanto as máquinas, materiais e colaboradores vem até ele de acordo com as necessidades do processo produtivo. Pode ser organizado também na forma de que os

componentes menores do produto sejam produzidos em outras partes da fábrica e depois levados ao local onde ocorre a montagem do produto final. Caracteriza-se por ter uma baixa produção, porém com um grau alto de customização, é muito utilizada também na fabricação de produtos de difícil locomoção ou alto grau de complexidade. (JONES & GEORGE, 2008)

➤ Layout Celular

Um outro modelo de organização de *layout* que pode ser destacado é o *layout* em células, que também pode ser conhecido como arranjo híbrido já que combina características dos *layouts* de processo e de produto. Nesse modelo de organização os produtos movimentam-se até a uma célula onde eles passam por uma sequência de processos de diferentes tipos onde lá já estará os materiais, máquinas e ferramentas necessários para finalizar a produção do produto ou terminar uma etapa do mesmo. O objetivo desse modelo de *layout* é maximizar a eficiência encontrada na organização por produtos e aumentar sua flexibilidade, como a organização por processos.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos a seguir descrevem o status quo da empresa e os procedimentos operacionais que devem ser identificados e tabulados conforme descrito em partes na sequência.

#### 3.1 ESTADO INICIAL DA INDÚSTRIA EM ESTUDO

A indústria abordada no estudo se localiza no interior do estado de São Paulo, a empresa atua no ramo de arames, tem como foco a produção de uma grande variedade de grades, principalmente de refrigeração e proteção. Ela também atua na produção de produtos para cozinha, arranjos em metal para o setor moveleiro e possui sua linha própria de produtos confeccionados em arame para utilidade doméstica.

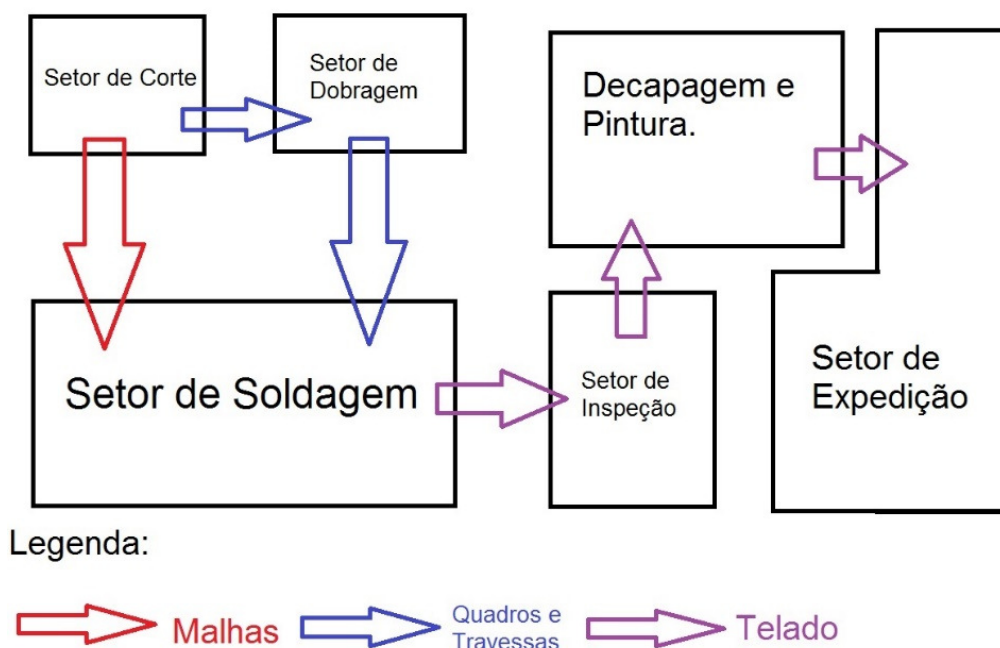
Fundada em 1991, possui uma área fabril de 41.000 m<sup>2</sup>, sendo desse 11.000 m<sup>2</sup> de área construída, conta com aproximadamente 250 colaboradores, sendo uma referência no estado na produção de grades da linha branca, contanto com acabamentos em pintura eletroestática e cromação.

Nos últimos anos, com o aumento da demanda de grades para refrigeradores, a diretoria da empresa procurou estabelecer um foco maior nesse segmento e, para isso realizou investimentos, como a compra de soldadoras e dobradeiras automatizadas para aumentar a produção. Porém apenas isso não se comprovou o suficiente já que a demanda continuou a crescer e as horas extras começaram a se tornar uma rotina na empresa. Tendo isso em vista e com um espaço reduzido para a produção já que a construção de um segundo galpão de fabricação ainda não está finalizada decidiu-se pela implementação do *Lean Manufacturing*, não como um plano de emergência, mas sim como uma mudança de cultura e comportamento no processo produtivo já que a empresa possui a ambição de dar passos maiores no mercado.

Para se começar a implantação do *Lean Manufacturing* sem causar um grande choque entre os colaboradores, com uma mudança drástica e repentina, o *Lean Manufacturing* será aplicado setor a setor, inicialmente no setor de corte de arames, onde começa toda a cadeia produtiva da fábrica.

O processo de fabricação de todos os produtos dessa indústria inicia-se no setor de corte, conforme a figura 3, onde nele os arames que estão dispostos em bobinas são endireitados e cortados nas medidas indicadas nos desenhos fornecidos pelos clientes.

**Figura 3 – Fluxograma e organização dos setores**



**Fonte: adaptado de fluxogramas do processo produtivo**

Na figura 3 acima temos o fluxograma de todo o processo produtivo descrevendo a organização dos setores que após seu início no corte segue para o setor de dobragem. Sendo que para a fabricação dos quadros das grades os arames de diâmetro maior são enviados para o setor de dobra onde com prensas pneumáticas são conformados no formato de quadros. Algumas grades necessitam do uso de travessas como reforços, que também serão anexadas no setor de soldagem. Esse é o primeiro processo de soldagem que as peças sofrem. Devido aos efeitos térmicos que o quadro sofre após esta primeira soldagem, é necessário que ele passe por um alinhamento, desenvolvido no setor de solta também.

Os arames de diâmetros menores são chamados de malhas que serão soldados aos quadros para compor o telado das grades. Feito os alinhamentos dos quadros eles estão prontos para receberem as malhas, ambos são soldados no setor

de solda novamente, através de soldagem por eletrodos. Se houver a necessidade de se adicionar algum apêndice aos telados como ganchos, suportes ou frisos elas passam por mais um processo de solda no mesmo setor. Finalizados os processos no setor de solda, essas grades possuem suas pontas aparadas em aparadeiras. Em seguida são enviados para o setor de inspeção onde são conferidas as soldas e se as quantidades estão de acordo com o pedido do cliente.

Finalmente as grades estão prontas para receberem um banho de decapagem para retirar o óleo, óxidos ou qualquer impureza que possa haver nelas e enviadas a pintura eletrostática ou cromação. Terminados esses processos as peças são gravadas com a data e hora de fabricação, embaladas e dispostas no setor de expedição.

### 3.2 MÉTODO DE COLETA DE DADOS

Neste trabalho o tipo de pesquisa adotado foi exploratório, qualitativo e quantitativo objetivando uma maior interação com o campo de trabalho e os problemas enfrentados pelo setor.

Foi feito um levantamento bibliográfico sobre *Lean Manufacturing*, e as ferramentas que seriam utilizadas, aumentando a familiaridade com o assunto e provendo uma base técnica para aplicação das ferramentas.

Houve a realização de entrevistas com os colaboradores, principalmente líderes de processo para se levantar quais os problemas e o impacto dos mesmos no processo produtivo, uma análise quantitativa foi realizada sobre essas entrevistas.

Feita as entrevistas o próximo passo foi a abordagem dos processos através de um estudo de tempos, nos quais podemos analisar os impactos dos problemas do setor de maneira qualitativa, saber quais problemas implicam em atrasos ou perdas maiores no processo de fabricação.

Realizados estes estudos partiu-se para a fase final que foi a implementação das mudanças no setor e análise dos resultados obtidos, as mudanças foram implementadas em fases, algumas ainda se encontram em fase de implementação.

A primeira abordagem exploratória do ambiente de trabalho ocorreu na forma de observação das tarefas realizadas pelos colaboradores e compreensão do processo produtivo. Com uma familiaridade com os processos entrevistas foram

elaboradas e foram entrevistados os colaboradores do setor de corte e também os líderes dos processos que recebem os arames do setor de corte.

Segundo Gerhardt (2005) é necessário inicialmente identificar todas as atividades realizadas pelo setor e essa informação pode ser obtida através de entrevistas com os colaboradores e líderes de processo.

As entrevistas eram estruturadas, com as perguntas relacionadas aos problemas que eram mais aparentes no setor: superprodução, atrasos e tempos elevados de *setup*. Ao mesmo tempo as entrevistas também foram utilizadas para receber sugestões de melhorias para o setor.

Com as respostas foi-se possível traçar uma imagem de como o setor observava e lidava com esses problemas, e quais eram considerados por eles os mais graves. O questionário das entrevistas pode ser encontrado no Apêndice A.

Após as entrevistas fez-se necessário confrontar as informações adquiridas dos funcionários com um estudo de caráter mais qualitativo, para assim se ter uma real clareza dos problemas e quais impactavam mais na produção do setor. Sendo assim foi aplicada uma cronoanálise dos procedimentos desenvolvidos no setor.

Cronoanálise ou estudo de tempos é a racionalização dos tempos envolvidos em um processo de produção, sendo um método de estudo científico amplamente utilizado para se determinar a capacidade produtiva de uma linha de produção. O método também pode ser utilizado para se identificar atividades fora de ajuste.

Para Felliipe (2012) a cronoanálise é uma ferramenta necessária para os setores produtivos na atualidade, pois com ela pode-se definir o tempo padrão dos procedimentos, ajudar na compreensão e organização dos mesmos e permitindo também mensurar o impacto de mudanças nos processos produtivos.



### 3.3 INSTRUMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais utilizados para se realizar as coletas de tempo foram:

- Planilha: Folha na qual foram registrados os tempos coletados com informações sobre os procedimentos.

- Cronômetro: Para se medir os tempos um cronômetro sexagesimal digital foi utilizado.

- Filmadora: Outra maneira de se medir os tempos é a utilização de uma câmera filmadora, ela permite ainda um estudo mais aprofundado dos movimentos realizados pelo colaborador permitindo uma reavaliação de uma mesma tomada de tempo várias vezes.

A leitura dos tempos cronometrados pode ser realizada de duas maneiras:

- Leitura contínua: O processo é cronometrado do início até o fim sem se zerar o cronometro, anotando-se o tempo de cada processo realizado pelo colaborador.

- Leitura repetitiva: O cronômetro é zerado ao final de cada procedimento realizado pelo colaborador.

No estudo dos tempos de *setups* de máquinas a leitura contínua foi utilizada e para se perceber mais facilmente o impacto de cada operação no processo como um todo.

Foi definido que a coleta seria de 10 tempos para se definir os tempos padrão dos procedimentos. Onde neles são descritas as atividades e anotadas observações. Para Gerhardt (2005) a coleta do tempo deve ser realizada em segundos para assim facilitar os cálculos e análises dos procedimentos medidos.

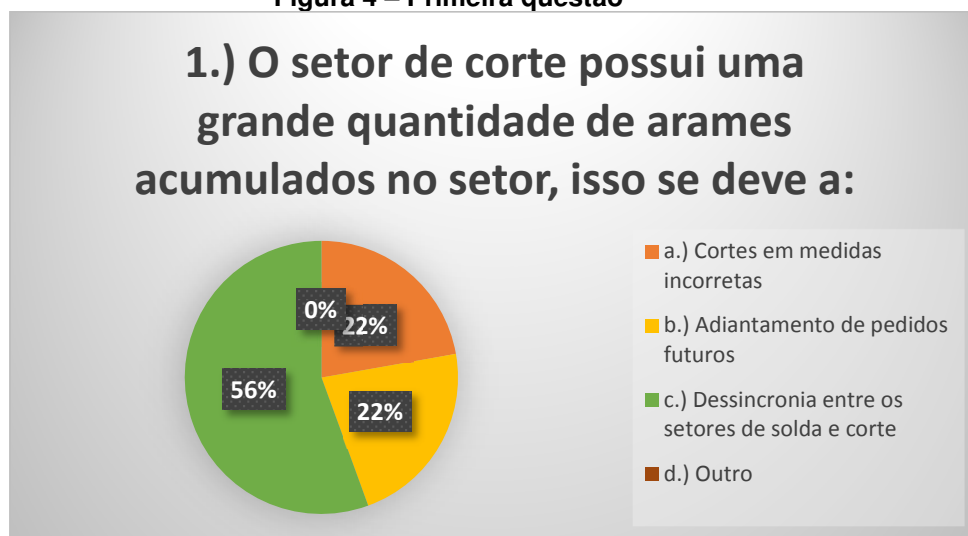
#### 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A primeira abordagem ao ambiente de trabalho e pesquisa foi através de observações exploratórias durante as atividades de estágio e aplicação das entrevistas (Apêndice A) com os colaboradores planejadas no método de coleta de dados. Foram entrevistados os nove colaboradores que trabalham no setor de corte, incluindo o líder que além de coordenar substituiu temporariamente alguns operadores.

O questionário da entrevista (Apêndice A) era formado de perguntas fechadas, as duas primeiras questões abordavam os problemas observados durante o período de estágio no setor e possuíam como respostas as supostas causas para os problemas na opinião do colaborador. O objetivo principal dessas perguntas era entender a maneira que os colaboradores enxergavam os problemas e o que eles consideravam suas origens. A terceira questão trazia à tona o problema dos tempos de troca de arames e propunha três soluções. Com essa abordagem foi possível um prognóstico sobre quais das soluções inicialmente planejadas teriam maior aceitação pelo setor. A questão final da entrevista era pergunta aberta para identificação de mais possíveis melhorias não listadas nas respostas anteriores que os colaboradores pudessem fornecer.

Com os dados das entrevistas (Figuras 4,5,6) dos colaboradores e líderes da definimos procedimentos teriam boa aceitação pelo setor, e quais ferramentas de *Lean Manufacturing* poderiam ser utilizadas.

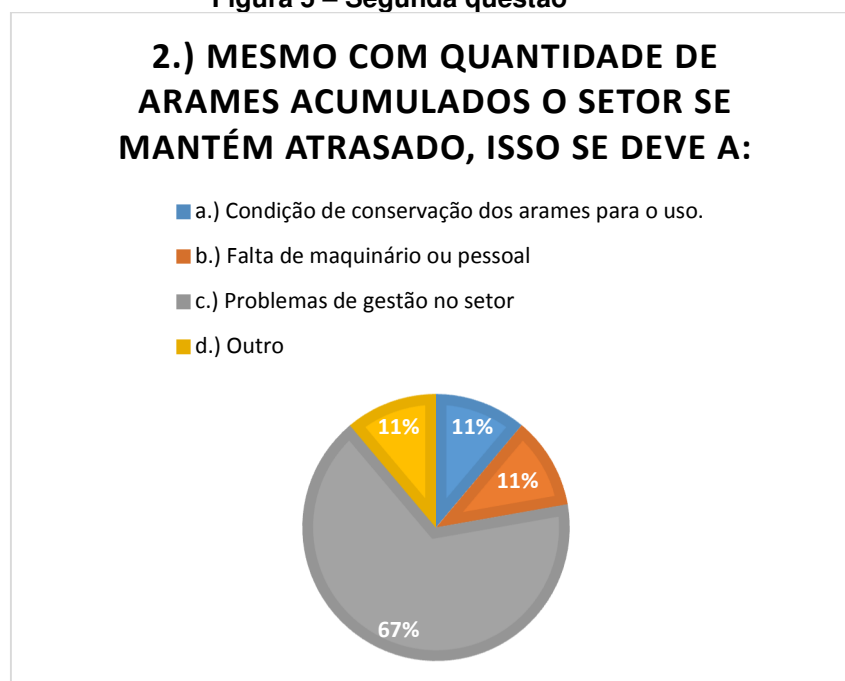
Figura 4 – Primeira questão



Fonte: Autoria Própria

Mais da metade do setor creditava os atrasos do corte a uma dessincronia (Figura 4) entre os setores de solda e corte, devido a falta de um planejamento mais integrado entre os líderes da produção, haviam desencontros. O descrédito na organização das lideranças, agora mais precisamente do próprio setor reapareceu nas respostas da segunda questão (Figura 5).

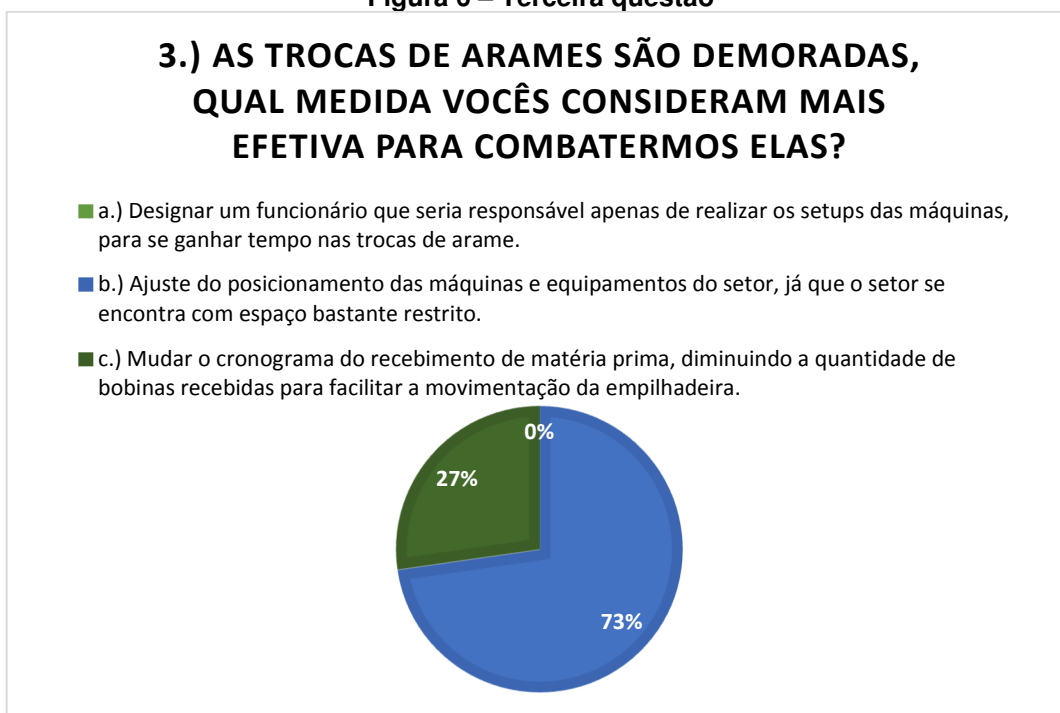
Figura 5 – Segunda questão



**Fonte: Autoria Própria**

Na questão 3(Figura 6) foi notável a rejeição por uma das alternativas propostas para a diminuição dos tempos de troca de arames. A proposição de deixar um colaborador exclusivamente dedicado a preparação de máquinas não obteve nenhum voto.

**Figura 6 – Terceira questão**



**Fonte: Autoria Própria**

Na quarta e última questão colhemos algumas sugestões de melhorias dos colaboradores, mas a maioria delas não se adequavam ao novo modelo de gestão de produção *Lean Manufacturing*, ou não possuíam nenhuma efetividade prática. Dentre elas podemos citar:

- Utilização de radiocomunicadores pelo líder do corte e o empilhadeirista: Por mais que tal solução tornasse mais rápida e prática o chamado ao empilhadeirista, tal ideia não seria viável devido a estática presente dentro da fábrica tornando impossível uma comunicação clara entre os radiocomunicadores.

- Tornar o empilhadeiraista parte do setor de corte: Impossível já que o mesmo também atua e é de grande uso ao setor de expedição.

Uma sugestão que foi considerada e posteriormente implantada foi a realocação da prensa que se localizava no setor que ocasionalmente era usada para o reaproveitamento de arames.

#### 4.1 CRONOANÁLISE NO SETOR DE CORTE

Para se iniciar a intervenção no setor primeiro é necessário mensurar os tempos envolvidos nas trocas de ferramenta, de produção e principalmente a atual capacidade de produção das máquinas presentes no setor.

##### 4.2.1 Maquinário do setor abordado

A etapa seguinte foi a aplicação de cronoanálise no setor, na forma de um estudo dos tempos de *setup* das endireitadeiras durante as trocas de arames. Máquinas em processo de *setup* não produzem nada então a duração de tais processos deve ser reduzida ao máximo. Com a aplicação da cronoanálise vamos mensurar esses tempos e propor soluções para diminuí-los.

O setor era inicialmente composto por 14 endireitadeiras, máquinas que são utilizadas para endireitar e cortar arames e uma prensa utilizada para reaproveitamento de arames sejam eles do próprio setor ou de outros setores da fábrica.

Endireitadeiras são máquinas automáticas que foram as pioneiras no estiramento e corte de metais. Funcionam puxando o metal das bobinas o passando pelo seu sistema de endireitamento, o atravessando até a medida definida pelo fim de curso da régua realizando o corte e depositando o material cortado em uma canaleta. Na figura 7 podemos ver a máquina durante seu funcionamento com o colaborador realizando a checagem do alinhamento dos arames cortados:

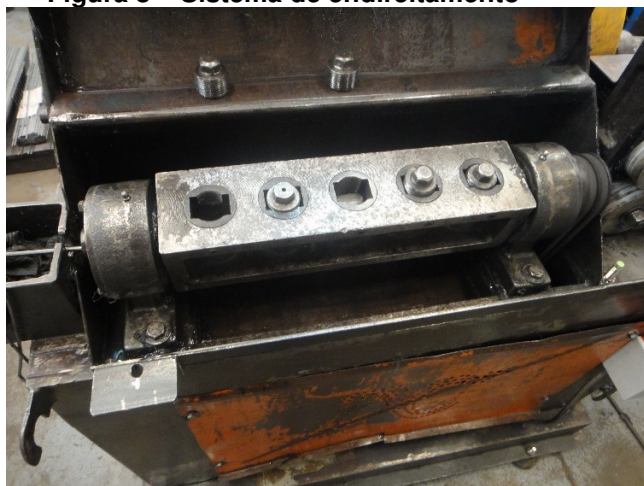
**Figura 7 – Endireitadeira durante funcionamento**



**Fonte: Autorial Própria**

O sistema de endireitamento é composto por roletes que com suas castanhas internas metálicas ou de nylon, puxam e conformam o metal e os passa por roldanas. Na figura 8 a seguir observamos o chassis da máquina aberto durante sua manutenção:

**Figura 8 – Sistema de endireitamento**



**Fonte: Autorial Própria**

As canaletas são utilizadas para armazenar os arames até serem colocados em tambores para serem expedidos para o setor de solda. Existem contadores instalados

na parte superior das régua que realizam a contagem dos arames cortados. Na figura 9 podemos ver essas canaletas armazenando o arame durante o corte.

**Figura 9 – Canaletas**



**Fonte: Autoria Própria**

#### 4.2.2 Definição dos procedimentos de troca de arames e tomada de tempos.

Antes de se iniciar a coleta de tempos definiu-se quais são os procedimentos realizados durante uma troca de arames, o *setup*, das endireitadeiras. Através da observação do setor e da gravação de vídeos das trocas pode-se organizar essas atividades e desenvolver uma tabela básica para preenchimento com os tempos.

O início da troca de arames se dá no corte da última peça possível de uma bobina, a máquina é parada e o operador retira a bobina finalizada, e o empilhadeirista é chamado para trazer uma nova bobina que será acoplada ao desbobinador. Feita a acoplagem o operador realiza o encaixe do novo arame na endireitadeira e ajusta a régua se necessário e religa a máquina cortando apenas 1 peça por vez, para ser aferida e confirmar se a medida está correta e o arame alinhado. Quando se retira a primeira peça boa se encerra o procedimento de *setup*.

A medida dos arames cortados é feita por trenas para aqueles que possuem um comprimento maior que 500mm os menores que este são medidos com paquímetros, uma norma da empresa.

A tabela(1) apresenta os tempos médios encontrados, após o tratamento dos tempos coletados descritos no Apêndice A.

**Tabela 1 – Tempos médios de troca de arames**

<b>Endireitadeira: -</b>		<b>Diâmetro de arame: -</b>
<b>Etapa:</b>	<b>Tempo Decorrido:</b>	<b>Observações:</b>
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:30	
Acoplamento da nova bobina:	13:30	
Encaixe do arame na máquina:	16:00	
Ajuste na régua e aferição do arame:	18:00	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	21:00	
<b>Tempo total:</b>	<b>21:00</b>	

**Fonte: Autoria Própria**

As tabelas preenchidas com as tomadas de tempo podem ser encontradas no Apêndice A. Com a cronometragem dos tempos encontramos um tempo padrão total de troca de em média 21 minutos. Os valores dos números foram arredondados por motivos didáticos para a apresentação dos dados ao setor.

#### 4.2.3 Definição da Capacidade Produtiva do Setor

Como já foi mencionado neste capítulo o setor é composto por 14 endireitadeiras, porém jamais as 14 operavam simultaneamente. Observamos no setor que em média apenas 8 das máquinas trabalhavam no setor. Isso se devia ao fato que as máquinas que executavam os cortes dos arames de maiores diâmetros recebiam pouca demanda e eram ligadas apenas quando necessário.

A capacidade produtiva foi levantada através do estudo de tempos, realizando a cronometragem em intervalos de 10 arames cortados e levando-se em conta o comprimento de cada arame para assim obtermos a velocidade de corte de cada máquina conforme a equação 1.

$$V = \frac{t}{10C} \quad (1)$$



Onde:

V= velocidade de corte [m/h]

t= Tempo de corte [h]

C= comprimento dos arames [m]

Dividimos também as máquinas em grupos definidos pelos diâmetros dos arames cortados. Assim traçamos a capacidade produtiva por diâmetro de arame.

As frequências de trabalho das máquinas foram definidas empiricamente, já que é muito comum algumas máquinas pararem para manutenção e outras serem ligadas para suprir a demanda. Máquinas que trabalham com arames mais finos, principalmente os de diâmetros de 2,4mm operavam quase que ininterruptamente durante os turnos do setor parando somente por avarias ou manutenção programada. Para facilitar a compreensão definimos os números de turnos que cada máquina opera semanalmente para realizar os cálculos, tendo cada turno a duração de 7 horas já que das 8 horas uma é de pausa para o almoço, durante uma semana. Máquinas com mais de 5 turnos semanais são as máquinas ligadas durante os turnos noturnos da fábrica (Apêndice A).

$$Cap = (V \times T) \quad (2)$$

Onde:

Cap= Capacidade de produção

V= Velocidade [m/h]

T= Número de turnos

Feitos os cálculos (Equação 2) Foram tabeladas as capacidades específicas de cada máquina do setor, as tabelas se localizam no Apêndice A deste trabalho. Aqui na tabela 2 apresentaremos a capacidade de produção do setor por diâmetro de arames:

**Tabela 2 – Capacidade de produção**

<b>Diâmetro de arame</b>	<b>Nº de máquinas</b>	<b>Capacidade de produção(m/h)</b>
Ø2,4mm	6	64504
Ø3,0mm	1	8866
Ø3,9mm	2	13677
Ø4,8mm	2	15525
Ø5,5mm	1	9100
Ø6,0mm	1	7000
Ø9,5mm	1	3857

**Fonte: Autoria Própria**

### 4.3 ANÁLISE DO LAYOUT DO SETOR

Uma das maneiras de se aumentar a produtividade de um setor é modificar o seu *layout* seja realocando a posições das máquinas para diminuir o deslocamento dos colaboradores ou facilitar a execução de algumas atividades. Para isso deve-se estudar a disposição das máquinas e os processos desenvolvidos no setor. Empiricamente notou-se que o setor possuía um espaço restrito atrapalhando a movimentação dos colaboradores e da empilhadeira que realiza as trocas de arame.

A causa dessas restrições de espaço se devem ao acúmulo de arames no setor, em espera, dispostos em pallets e a grande quantidade de bobinas de metal depositadas no setor também em espera para os procedimentos de troca. Podemos observar isso nas figuras 10 e 11:

**Figura 10 – Arames em espera**

Fonte: Autoria Própria.

**Figura 11 – Bobinas acumuladas no setor**

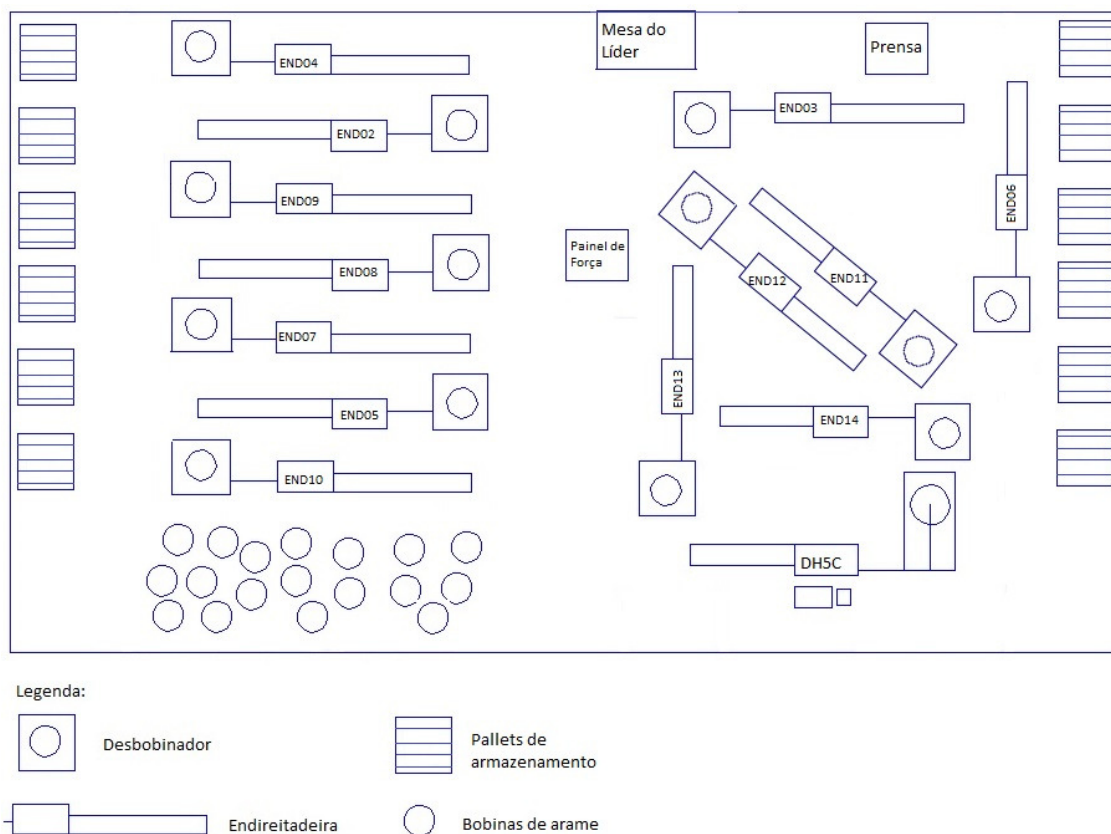
Fonte: Autoria Própria.

Essas grandes quantidades de bobinas eram alocadas no setor para em tese diminuir os tempos de troca de arame, mas acabavam tendo o efeito inverso já que o acúmulo era tão grande que o empilhadeiraista perdia tempo movimentando as bobinas até encontrar a qual estava sendo solicitada pelos operadores das endireitadeiras.

Uma outra característica desse layout era a disposição das endireitadeiras que cortam arames de 2,4 mm de diâmetro, sua disposição era em células, 3 máquinas arranjadas na forma de um triângulo para que com apenas 1 operador pudesse

controlar e inspecionar os arames delas simultaneamente (figura 12), algo que não ocorria pois notava-se sempre pelo menos uma das máquinas parada.

**Figura 12 – Layout inicial do setor de corte**



**Fonte: Autoria Própria.**

Outra máquina que se encontrava no setor, em seu canto superior direito, era uma prensa (figura 12), utilizada para o reaproveitamento de arames. Os arames que pudessem ser reaproveitados oriundos de qualquer setor da fábrica eram alocados em um pequeno tambor ao lado da máquina e ocasionalmente reutilizados. A sua localização nesse setor causava problemas pois em alguns dias acumulava-se uma grande quantidade de arames ao lado da máquina e que demorariam para ser reaproveitados por não terem pedidos no setor compatíveis com os diâmetros ou comprimentos a serem reaproveitados.

## 4.4 MODIFICAÇÃO DO LAYOUT DO SETOR

Definidos os problemas e quais seriam as soluções aplicáveis se tornou extremamente necessário a alteração do *layout* do setor de corte. E a modificação foi feita seguindo as seguintes etapas.

### 4.4.1 Aplicação da metodologia 5'S

A primeira etapa para a implementação de mudanças no setor foi a aplicação da metodologia 5'S objetivando a melhoria da organização do mesmo. Para isso foram feitas reuniões com os colaboradores antes do início de cada turno e através da discussão dos problemas organizacionais e a realização de mini-aulas e treinamentos sobre a metodologia. Dessa forma os colaboradores obtiveram uma maior compreensão de quais soluções seriam aplicadas ao setor e da importância dos mesmos na implementação delas.

Iniciou-se uma análise sobre o que era realmente necessário ao setor, o que deveria ser realocado para outras áreas afim de otimizarmos o espaço e organização do mesmo.

A prensa presente no setor que ocasionalmente causava transtornos devido ao acúmulo de arames para reaproveitamento foi realocada para o galpão da serralheria onde ela iria compor com uma outra prensa um pequeno setor de reaproveitamento de arames. Um procedimento foi desenvolvido no qual arames com medidas abaixo de 300 milímetros deveriam ser cortados por esse novo setor.

Os arames que se encontravam acumulados no setor foram catalogados conforme seus diâmetros e medidas e para os que se encontravam lá sem pedidos de clientes ou sem pedidos similares foram enviados aos poucos para esse setor para reaproveitamento, diminuindo progressivamente a quantidade de arames acumulados nos pallets.

Para se adquirir mais espaço para o setor foi estabelecido um novo procedimento em relação ao reabastecimento de bobinas dos setores, antes o reabastecimento era realizado 2 vezes por semana sem nenhum tipo de análise sobre o que deveria ser produzido gerando um grande desperdício de espaço no setor. Definiu-se que os abastecimentos ocorreriam ao final dos turnos e levando em consideração o que seria produzido no turno seguinte, ficando sob a tutela do líder do setor de corte quais arames deveriam ser trazidos ao setor. Foi aplicada

progressivamente, primeiro retornando as bobinas de arames de diâmetro maior para o estoque de bobinas e não reabastecendo os de diâmetros menores até o consumo total destes pelo setor. Na figura 13 podemos notar a diminuição gradativa da quantidade de bobinas no setor.

**Figura 13 – Diminuição da quantidade de bobinas.**



**Fonte: Autoria Própria**

Com a ampliação do espaço no setor, houve uma considerável melhora no tráfego de materiais e colaboradores e principalmente da empilhadeira, aumentando o dinamismo das trocas de arames e possibilitando vislumbrar novas melhorias.

#### 4.4.2 Aplicação de SMED

Os tempos altos de troca de arames ainda representavam um problema ao setor e a diminuição dos mesmos se faz necessária para uma implementação plena do modelo de produção *Lean Manufacturing*.

Com a abertura de mais espaço novas possibilidades de mudanças visando mitigar os tempos de troca passaram a ser analisadas. Através de discussões com os colaboradores uma solução prática e de baixo custo foi concebida.

Durante as trocas de ferramenta sempre havia a necessidade da participação da empilhadeira para se levantar as bobinas de arame e acopla-las nos desbobinadores e essa era uma das causas na demora da troca de arames, assim percebeu-se que a dependência da empilhadeira deveria ser reduzida já que a utilização da empilhadeira era compartilhada pelos setores de corte e o de expedição, que a empregava no abastecimento dos caminhões com os produtos finalizados para serem entregues aos clientes.

Para a solução deste problema ordenou-se a fabricação de mais desbobinadores para o setor, que antes possuía apenas um por máquina. Com desbobinadores sobressalentes o reabastecimento do setor seria feito nas endireitadeiras e nesses novos desbobinadores ao final dos turnos para que no próximo assim que alguma máquina consumisse todo seu arame, apenas o operador com o auxílio de uma paleteira poderia realizar a troca de arames, deixando o desbobinador vazio (Figura 14) no local determinado para que fosse reabastecido quando a empilhadeira estivesse disponível ou ao final do turno.

**Figura 14 – Desbobinador vazio.**



**Fonte: Autoria Própria**

Realizado o pedido para a fabricação de seis novos desbobinadores para o setor de serralheria, o setor de corte deveria ser modificado para alocar esses novos desbobinadores.

#### 4.4.3 Planejamento e Aplicação do Novo Layout

O setor de corte agora apresentava-se mais espaçoso e logo fértil para modificações de seu arranjo físico, o setor começou a se alinhar mais ao modelo de produção *Lean Manufacturing*, e suas ferramentas. Para um melhor funcionamento de tais ferramentas o *layout* do setor deveria ser alterado e é claro visando a implementação de mais melhorias futuramente.

Para estabelecer as modificações que deveriam ser feitas no setor algumas considerações foram feitas:

- Deveria se organizar um espaço para se alocar os novos desbobinadores.
- O novo layout apresentaria corredores maiores para facilitar o deslocamento de colaboradores, paleteiras e empilhadeira.
- O espaço ocupado pelos pallets onde os arames ficam em aguardo seria limitado.
- Ajustar o espaçamento das máquinas para que um colaborador possa operar 2 máquinas ao mesmo tempo, já que o arranjo celular para endireitadeiras que operam com arames de 2,4mm havia se mostrado não funcional.
- Agrupar as endireitadeiras em função dos diâmetros de corte para facilitar uma futura aplicação de sistema *kanban*.
- Reposicionar a mesa do líder do setor, pois a localização dela ao fundo dificultava a comunicação com os outros líderes e a utilização de um computador no setor.
- Adicionar mais 2 endireitadeiras que cortem arames de diâmetro 2,4mm ao setor, devido sua grande demanda.

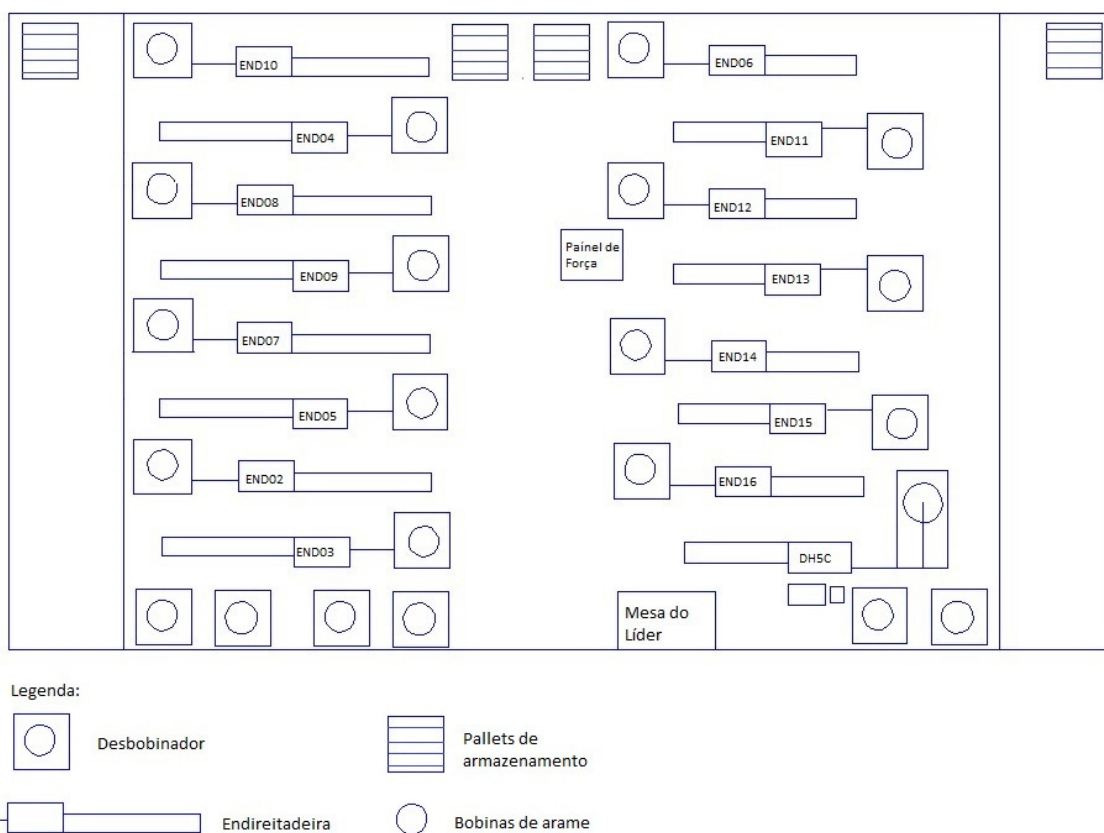
Feitas tais considerações iniciou-se o desenho do novo *layout* que aprovado foi imediatamente posto em prática no setor. Para tal implementação os colaboradores



foram convidados a comparecer a fábrica em um fim de semana, para que pudéssemos mover as máquinas e realizar uma grande limpeza no setor. Houve uma adesão total dos colaboradores mostrando que os senso semeados pela metodologia 5'S haviam dado frutos.

Dessa forma o novo layout do setor de corte passou a ser o indicado na figura 15:

**Figura 15 – Novo Layout do setor de corte**



**Fonte: Autoria Própria.**

Do lado direito agrupamos as endireitadeiras que trabalham com arames de 2,4mm e na esquerda agrupou-se as que trabalham com diâmetros de arames maior. Utilizamos também a combinação de duas máquinas de posicionadas frontalmente para facilitar o uso simultâneo delas por apenas um colaborador.

## 4.5 RESULTADOS OBTIDOS

Após as modificações realizadas no setor de corte foi feito mais um estudo de tempos no setor, agora para mensurar os impactos das ferramentas do *Lean Manufacturing* e das melhorias implementadas.

### 4.5.1 Diminuição dos Tempos de Setup

Devido a mudança de *layout* e a aquisição de mais desbobinadores os tempos de troca de arames caíram consideravelmente, já que com o espaçamento dado pelos corredores permitia uma melhor locomoção dos colaboradores e não havia mais uma dependência tão grande da empilhadeira.

Com um novo estudo de tempos sobre o *setup*, foram mensurados os novos tempos de troca de arames sendo que nesse novo processo de troca não se havia mais um tempo de espera tão grande em relação ao acoplamento de novas bobinas de arames aos desbobinadores e sim uma troca de desbobinadores. As medidas de tempo realizadas estão no Apêndice B.

A tabela de tempos utilizada para esse estudo foi a seguinte:

**Tabela 3 – Novos tempos de troca de arames**

Endireitadeira:		Diâmetro de arame:
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:30	
Acoplamento da nova bobina:	03:30	
Encaixe do arame na máquina:	06:00	
Ajuste na régua e aferição do arame:	08:00	
Retirada da 1ª peça da nova bobina:	10:00	
<b>Tempo total:</b>	<b>10:00</b>	

**Fonte: Autoria Própria**

Os tempos obtidos nesse novo processo de troca de arames se localiza no Apêndice B. O novo tempo padrão encontrado nas trocas de arame é próximo a 10 minutos. Em resumo ocorreu uma queda de 11 minutos nos tempos troca.

#### 4.5.2 Aumento da Capacidade produtiva.

O novo layout permitiu que mais 2 máquinas que operassem com arames de diâmetro 2,4mm fossem integradas ao setor e isso era extremamente necessário já que com o aumento da demanda de produtos o número de máquinas antigo não suportaria, tendo como única solução aumentar o número de funcionários nos turnos noturnos, algo que vai contra os princípios da empresa que quer acabar com os gastos com as horas extras dos colaboradores e diminuir as contratações emergenciais que ocorrem ocasionalmente quando a pedidos muito grandes dos clientes.

Essas 2 novas máquinas já se encontravam na fábrica estando guardadas no galpão da serralheria e haviam sido movidas para lá devido a falta de espaço que havia no *layout* antigo do setor. Com essas máquinas houve uma notável melhora na capacidade produtiva do setor, e com a nova organização do setor elas foram integradas sem a necessidade de realocar mais um funcionário ao setor. A melhoria na capacidade de produção pode ser conferida na tabela abaixo:

**Tabela 4 – Nova capacidade de produção**

Diâmetro de arame	Nº de máquinas	Antiga capacidade de produção(m/h)	Nova capacidade de produção(m/h)
Ø2,4mm	8	64504	83267
Ø3,0mm	1	8866	8866
Ø3,9mm	2	13677	13677
Ø4,8mm	2	15525	15525
Ø5,5mm	1	9100	9100
Ø6,0mm	1	7000	7000
Ø9,5mm	1	3857	3857

**Fonte: Autoria Própria**

Houve um aumento de 26% na capacidade de produção semanal dos arames de diâmetros 2,4mm o suficiente para atender as novas demandas da fábrica. Também era necessário um estoque de 50 bobinas de 800 kg para alimentação contínua de troca do processo e que foi reduzido para 6 bobinas, com uma redução de 88%. O tempo de troca de arames foi reduzido em 52% ao retirar a empilhadeira dos processos de troca e dando mais autonomia aos operadores.

Um fator importante percebido durante as implementações e modificações realizadas na fábrica foi a necessidade de aceitação e principalmente convencimento da efetividade das ferramentas de *Lean Manufacturing* pelos colaboradores, já que quem será diretamente impactado pelas mudanças nos processos produtivos são

aqueles que colocam a “mão na massa”. E a melhor forma de convencê-los é o diálogo. Com um diálogo saudável estabelecido com os colaboradores, ouvindo também as suas sugestões e críticas, as implementações ocorrem de maneira saudável sem haver conflitos ou resistência.

Para esse aumento de produtividade demorou-se 2 meses, sendo as primeiras etapas de observação do setor, coleta de dados, entrevistas durando aproximadamente 1 mês. A implementação das mudanças e aplicação das ferramentas da *Lean Manufacturing* ocorreram em 3 semanas e a última semana restante sendo destinada a coleta dos resultados.

## 5. CONCLUSÃO

Empresas em processo de crescimento muitas vezes podem ser implicadas em mudar a maneira como gerenciam a sua produção tanto para aumentá-la quanto para melhorar as suas margens de lucro e o modelo de gestão *Lean Manufacturing* é excelente para se atingir tais objetivos sem a necessidade de grandes investimentos de capital.

Neste trabalho foram utilizadas várias ferramentas do *Lean Manufacturing* no setor de corte de uma indústria de arames, promovendo-se um estudo sobre os desperdícios que haviam no setor, os mesmos foram detectados através de observações do setor, entrevistas com os colaboradores e estudo de tempos. As principais ferramentas do *Lean Manufacturing* utilizadas para se combater tais perdas no setor foram a metodologia 5'S, SMED e alguns princípios de *Kaizen*.

Com a utilização destas ferramentas realizou-se as seguintes modificações no setor:

- A modificação do *layout* do setor;
- Mudança no procedimento de troca de arames
- Alteração da frequência de abastecimento de bobinas no setor.

Tais modificações implicaram na melhora da organização do setor, diminuição dos tempos de *setup* das endireitadeiras, aumento na capacidade de produção de arames de diâmetro 2,4 mm e melhora das condições de trabalho dos colaboradores. Em números específicos:

- Houve um aumento de 26% na capacidade de produção semanal dos arames de diâmetros 2,4mm o suficiente para atender as novas demandas da fábrica;
- Diminuição dos tempos de *setup* das endireitadeiras de 52%;
- uma redução de 88% das bobinas de arames dispostas no setor

Concluindo, o modelo de gestão Lean Manufacturing permite um aumento na produtividade e lucratividade da empresa e também uma melhoria na qualidade de vida de seus funcionários e sua expansão para os outros setores da empresa só trará benesses a todos.

Sugestões de trabalhos futuros:

- O arranjo físico do setor ficou preparado para uma futura implementação de um sistema *Kanban*, que seria uma ferramenta muito efetiva para se combater os desperdícios que ocorrem por erros de produção em relação ao o que fabricar e a quantidade correta de se fabricar.
- Estudo sobre a padronização das máquinas do setor de corte: Com a padronização das máquinas a manutenção se tornaria muito mais prática e rápida e auxiliaria no abaixamento dos tempos de *setup*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FELLIPE, A.D. Análise descritiva do estudo de tempos e métodos: uma aplicação no setor de embaladeira de uma indústria têxtil. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, IX., 2012, Resende, Anais eletrônicos. Rio de Janeiro, SEGET, 2012. Disponível em < <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/22316596.pdf> >. Acesso em: 18 de nov. 2018.

GERHARDT, M. P. Sistemática para aplicação de procedimentos de balanceamento em linhas de montagem multi-modelos. 2005. 129 f. (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005

GUEDES, Débora B. A Aplicabilidade do Kanban e suas vantagens enquanto ferramenta de produção numa indústria calçadista da Paraíba. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos SP – Brasil, Outubro de 2010. Disponível em: < [www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010\\_TN\\_STP\\_113\\_745\\_15156.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STP_113_745_15156.pdf) >. Acesso em: 18 de nov. 2018

JONES, Gareth R.; GEORGE, Jennifer M. **Administração Contemporânea** - 4 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008

OHNO, T. **O Sistema Toyota de produção** – além da produção de larga escala, 4 ed, Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

ROCHA, D. **Fundamentos técnicos da produção** - São Paulo: Makron Books, 1995.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System**, Productivity Press, Portland.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**, 3 ed, Porto Alegre: Artes Médicas, 2005.

VILLIERS, François. **The Illustrated Lean Cookbook**, 2008. Acesso livre em <  
<https://pt.scribd.com/doc/5396036/The-Illustrated-Lean-Agile-and-World-Class-Manufacturing-Cookbook-2008-08-20> >. Acesso em: 05 de nov. 2018

WOMACK, J.P; JONES, D.T **A Mentalidade Enxuta nas empresas**, 4 ed Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda, 1998.



## APÊNDICE A – ENTREVISTA COM OS COLABORADORES

Instruções gerais: Cada colaborador do setor de corte foi entrevistado com perguntas referentes aos problemas e causas observados durante o estágio no setor.

- 1.) O setor de corte possui uma grande quantidade de arames acumulados no setor, isso se deve a:
  - a.) Cortes em medidas incorretas
  - b.) Adiantamento de pedidos futuros
  - c.) Dessincronia entre os setores de solda e corte
  - d.) Outro
  
- 2.) Mesmo com quantidade de arames acumulados o setor se mantém atrasado, isso se deve a:
  - a.) Condição de conservação dos arames para o uso.
  - b.) Falta de maquinário ou pessoal
  - c.) Problemas de gestão no setor
  - d.) Outro
  
- 3.) As trocas de arames são demoradas, qual medida vocês consideram mais efetiva para combatermos elas?
  - a.) Designar um funcionário que seria responsável apenas de realizar os *setups* das máquinas, para se ganhar tempo nas trocas de arame.
  - b.) Ajuste do posicionamento das máquinas e equipamentos do setor, já que o setor se encontra com espaço bastante restrito.
  - c.) Mudar o cronograma do recebimento de matéria prima, diminuindo a quantidade de bobinas recebidas para facilitar a movimentação da empilhadeira.
  
- 4.) Você possui alguma sugestão de melhoria para o setor? (Aberta)

## APÊNDICE A – Tabelas de trocas de arame

Tabelas de trocas de arame com tempos marcados em leitura contínua em um cronômetro sexagesimal:

---

<b>Endireitadeira: END04</b>	<b>Diâmetro de arame: 5,5mm</b>
------------------------------	---------------------------------

---

Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:29	
Acoplamento da nova bobina:	20:59	Empilhadeira em uso no setor de expedição
Encaixe do arame na máquina:	22:15	
Ajuste na régua e aferição do arame:	24:42	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	25:59	
<b>Tempo total:</b>	<b>25:59</b>	

---



---

<b>Endireitadeira: END09</b>	<b>Diâmetro de arame: 4,8mm</b>
------------------------------	---------------------------------

---

Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:39	
Acoplamento da nova bobina:	15:23	
Encaixe do arame na máquina:	17:33	
Ajuste na régua e aferição do arame:	19:58	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	23:01	
<b>Tempo total:</b>	<b>23:01</b>	

---



---

<b>Endireitadeira: END11</b>	<b>Diâmetro de arame: 2,4mm</b>
------------------------------	---------------------------------

---

Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:10	
Acoplamento da nova bobina:	09:40	
Encaixe do arame na máquina:	19:23	Problema nas castanhas da endireitadeira
Ajuste na régua e aferição do arame:	21:36	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	23:25	
<b>Tempo total:</b>	<b>23:25</b>	

---

## APÊNDICE A – Tabelas de trocas de arame

Tabelas de trocas de arame com tempos marcados em leitura contínua em um cronômetro sexagesimal:

<b>Endireitadeira: END02</b>		<b>Diâmetro de arame: 3,0mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:35	
Acoplamento da nova bobina:	13:12	
Encaixe do arame na máquina:	16:22	
Ajuste na régua e aferição do arame:	18:26	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	23:12	
<b>Tempo total:</b>	<b>23:12</b>	

<b>Endireitadeira: END10</b>		<b>Diâmetro de arame: 2,4mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	02:38	
Acoplamento da nova bobina:	18:30	Empilhadeira em uso na expedição
Encaixe do arame na máquina:	21:11	
Ajuste na régua e aferição do arame:	23:45	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	25:50	
<b>Tempo total:</b>	<b>25:50</b>	

<b>Endireitadeira: END14</b>		<b>Diâmetro de arame: 2,4mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:15	
Acoplamento da nova bobina:	08:12	
Encaixe do arame na máquina:	12:15	
Ajuste na régua e aferição do arame:	17:19	Problema na bitola da máquina.
Retirada da 1° peça da nova bobina:	19:15	
<b>Tempo total:</b>	<b>19:15</b>	

## APÊNDICE A – Tabelas de trocas de arame

Tabelas de trocas de arame com tempos marcados em leitura contínua em um cronômetro sexagesimal:

<b>Endireitadeira: END06</b>		<b>Diâmetro de arame: 2,4mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:20	
Acoplamento da nova bobina:	04:30	Empilhadeira se localizava no setor.
Encaixe do arame na máquina:	06:23	
Ajuste na régua e aferição do arame:	08:56	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	11:20	
<b>Tempo total:</b>	<b>11:20</b>	

<b>Endireitadeira: END08</b>		<b>Diâmetro de arame: 4,8mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:42	
Acoplamento da nova bobina:	10:15	
Encaixe do arame na máquina:	12:32	
Ajuste na régua e aferição do arame:	14:51	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	17:30	
<b>Tempo total:</b>	<b>17:30</b>	

<b>Endireitadeira: END14</b>		<b>Diâmetro de arame: 2,4mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:30	
Acoplamento da nova bobina:	15:21	
Encaixe do arame na máquina:	17:00	
Ajuste na régua e aferição do arame:	18:55	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	22:00	
<b>Tempo total:</b>	<b>22:00</b>	

**APÊNDICE A – Tabelas de trocas de arame**

Tabelas de trocas de arame com tempos marcados em leitura contínua em um cronômetro sexagesimal:

---

<b>Endreitadeira: END13</b>		<b>Diâmetro de arame: 2,4mm</b>
-----------------------------	--	---------------------------------

---

Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:12	
Acoplamento da nova bobina:	13:11	
Encaixe do arame na máquina:	15:36	
Ajuste na régua e aferição do arame:	18:22	
Retirada da 1ª peça da nova bobina:	21:31	
<b>Tempo total:</b>	<b>21:31</b>	

---

## APÊNDICE A – Tabelas de capacidade de endireitadeiras

Na tabela a seguir são mostradas as endireitadeiras, seus diâmetros de corte e suas capacidades de produção.

Endireitadeira(Ø)	Diâmetro(mm)	Velocidade de corte(mm/s)	Frequência de operação semanal (turnos)	Capacidade produtiva semanal (m/h)
DH5C	Ø2,4	760	10	14777
END02	Ø3,0	456	10	8866
END03	Ø5,5	312	15	9100
END04	Ø6,0	360	10	7000
END05	Ø3,9	282	12	6580
END06	Ø2,4	404	15	11783
END07	Ø3,9	365	10	7097
END08	Ø4,8	315	15	9187
END09	Ø4,8	326	10	6338
END10	Ø9,5	496	4	3857
END11	Ø2,4	565	15	16479
END12	Ø2,4	274	10	5327
END13	Ø2,4	437	10	8497
END14	Ø2,4	393	10	7641
END15	Ø2,4	487	10	9469
END16	Ø2,4	478	10	9294

## APÊNDICE B - Tabelas de trocas de arame após mudanças no setor

Novas tabelas de trocas de arame com tempos marcados em leitura contínua em um cronômetro sexagesimal:

<b>Endireitadeira: END10</b>		<b>Diâmetro de arame: 9,5mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:18	
Acoplamento da nova bobina:	03:15	
Encaixe do arame na máquina:	05:52	
Ajuste na régua e aferição do arame:	07:15	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	09:49	
<b>Tempo total:</b>	<b>09:49</b>	

<b>Endireitadeira: END06</b>		<b>Diâmetro de arame: 2,4mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:51	
Acoplamento da nova bobina:	04:03	
Encaixe do arame na máquina:	06:28	
Ajuste na régua e aferição do arame:	08:30	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	09:37	
<b>Tempo total:</b>	<b>09:37</b>	

<b>Endireitadeira: END08</b>		<b>Diâmetro de arame: 4,8mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:33	
Acoplamento da nova bobina:	03:57	
Encaixe do arame na máquina:	05:58	
Ajuste na régua e aferição do arame:	08:02	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	10:32	
<b>Tempo total:</b>	<b>10:32</b>	

## APÊNDICE B - Tabelas de trocas de arame após mudanças no setor

Novas tabelas de trocas de arame com tempos marcados em leitura contínua em um cronômetro sexagesimal:

<b>Endireitadeira: END04</b>		<b>Diâmetro de arame: 3,9mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:21	
Acoplamento da nova bobina:	03:35	
Encaixe do arame na máquina:	05:50	
Ajuste na régua e aferição do arame:	08:12	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	10:15	
<b>Tempo total:</b>	<b>10:15</b>	

<b>Endireitadeira: END12</b>		<b>Diâmetro de arame: 2,4mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	02:01	
Acoplamento da nova bobina:	05:19	
Encaixe do arame na máquina:	07:24	
Ajuste na régua e aferição do arame:	09:35	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	11:02	
<b>Tempo total:</b>	<b>11:02</b>	

<b>Endireitadeira: END16</b>		<b>Diâmetro de arame: 2,4mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:53	
Acoplamento da nova bobina:	03:59	
Encaixe do arame na máquina:	06:02	
Ajuste na régua e aferição do arame:	08:55	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	10:25	
<b>Tempo total:</b>	<b>10:25</b>	



## APÊNDICE B - Tabelas de trocas de arame após mudanças no setor

Novas tabelas de trocas de arame com tempos marcados em leitura contínua em um cronômetro sexagesimal:

<b>Endireitadeira: END 11</b>		<b>Diâmetro de arame: 2,4mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:39	
Acoplamento da nova bobina:	04:23	
Encaixe do arame na máquina:	07:01	
Ajuste na régua e aferição do arame:	09:50	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	11:03	
<b>Tempo total:</b>	<b>11:03</b>	

<b>Endireitadeira: END 05</b>		<b>Diâmetro de arame: 3,9mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:29	
Acoplamento da nova bobina:	03:52	
Encaixe do arame na máquina:	06:39	
Ajuste na régua e aferição do arame:	10:12	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	12:49	
<b>Tempo total:</b>	<b>12:49</b>	

<b>Endireitadeira: END 13</b>		<b>Diâmetro de arame: 2,4 mm</b>
Etapa:	Tempo Decorrido:	Observações:
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:15	
Acoplamento da nova bobina:	03:37	
Encaixe do arame na máquina:	05:22	
Ajuste na régua e aferição do arame:	07:18	
Retirada da 1° peça da nova bobina:	09:50	
<b>Tempo total:</b>	<b>09:50</b>	

**APÊNDICE B - Tabelas de trocas de arame após mudanças no setor**

Novas tabelas de trocas de arame com tempos marcados em leitura contínua em um cronômetro sexagesimal:

<b>Endireitadeira: END13</b>		<b>Diâmetro de arame: 2,4mm</b>
<b>Etapa:</b>	<b>Tempo Decorrido:</b>	<b>Observações:</b>
Retirada da última peça e parada:	0	
Retirada da bobina finalizada:	01:31	
Acoplamento da nova bobina:	03:55	
Encaixe do arame na máquina:	06:02	
Ajuste na régua e aferição do arame:	08:23	
Retirada da 1ª peça da nova bobina:	09:55	
<b>Tempo total:</b>	<b>09:55</b>	