



Eduardo Junior Schöninger

**ANÁLISE DO PROCESSO COM PROPOSTA DE UM DISPOSITIVO PARA
MANUFATURA DE ITEM SOLDADO**

Horizontina - RS

2020

Eduardo Junior Schöninger

**ANÁLISE DO PROCESSO COM PROPOSTA DE UM DISPOSITIVO PARA
MANUFATURA DE ITEM SOLDADO**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Me. Sirnei César Kach.

Horizontina - RS

2020

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

**“Análise do processo com proposta de um dispositivo para manufatura de
item soldado”**

**Elaborado por:
Eduardo Junior Schöninger**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção

Aprovado em: 02/12/2020
Pela Comissão Examinadora

Me. Sirnei César Kach
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Me. Eliane Garlet
FAHOR – Faculdade Horizontina

Dr. Geovane Webler
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS
2020**

Aos meus pais e familiares, por acreditarem em minha capacidade, por persistirem que a educação é a base de um caminho de sucesso. A minha esposa pela paciência, apoio e companheirismo durante essa trajetória. Aos meus amigos e professores pela parceria e motivação ao longo da minha graduação, o meu muito obrigado e sucesso para todos.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, e a todos que diretamente ou indiretamente torceram por mim e fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Todas as conquistas começam com o simples ato de acreditar que elas são possíveis”.

(Autor Desconhecido)

RESUMO

A produtividade é um dos principais fatores que impactam no desempenho e competitividade das indústrias refletindo diretamente nos custos dos produtos. Com um processo alinhado a empresa consegue produzir mais, aumentando a sua lucratividade, devido a capacidade de produzir mais lotes de produção em um menor tempo. A proposta de um dispositivo se dá na área de soldagem, a qual atualmente apresenta um processo e produtividade imprópria para a empresa, devido ao baixo acabamento apresentado no processo de soldagem, como também uma possível baixa produtividade do item analisado, além de apresentar um processo não ergonômico para o operador na empresa SR Máquinas. O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de dispositivo para a soldagem do processo do item analisado, o qual tem como foco permitir que a empresa obtenha ganho na produtividade, acabamento e uma melhor postura ergonômica para o operador que venha executar a devida atividade, quando for aplicado no processo. Caracterizado como uma proposta, primeiramente foi realizada a fundamentação teórica, e seguidamente foram aplicados os métodos de acordo com as informações fornecidas pela empresa. Com a proposta de um dispositivo para melhoramento do processo de soldagem, é possível estimar os melhoramentos no processo, evidenciando os ganhos. Concluiu-se que com a proposta o processo vai ficar mais otimizado, trazendo como benefícios a redução de tempo, além de possibilitar um processo mais ergonômico para o operador que executar a atividade de soldagem do conjunto, como também permitir o aumento da capacidade produtiva da empresa podendo aceitar lotes maiores de produção, evidenciando que é possível trazer benefícios, sem grandes investimentos. No entanto, se necessário haver a destinação de tempo para a avaliação do cenário da empresa, além da dedicação e trabalho árduo na melhoria continua dos processos, afim de atingir os objetivos propostos.

Palavras-chave: Soldagem. Proposta de dispositivo. Melhoria de processo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do processo de elaboração de um projeto.	21
Figura 2 - Zona de exposição de movimentos.....	24
Figura 3 - Visão sistêmica do <i>Lean Design</i>	29
Figura 4 - Distorções ocasionadas pela soldagem.	32
Figura 5 - Metodologias utilizadas no <i>lean manufacturing</i>	36
Figura 6 - Comparação da produção tradicional com uma produção nivelada.....	37
Figura 7 - Produção tradicional X Fluxo contínuo.....	39
Figura 8 - Cálculo do <i>Takt Time</i>	40
Figura 9 - Processo Tradicional X Processo com <i>Just in Time</i>	41
Figura 10 - Esquema do planejamento da necessidade de materiais (MRP).....	41
Figura 11 - ERP integra informação de todas as partes da organização.	42
Figura 12 - Relação do planejamento e controle da produção dentro de uma organização.....	44
Figura 13 - Os oito pilares da TPM.....	45
Figura 14 - Representação das etapas e tempo de <i>set up</i>	46
Figura 15 - Representação do ciclo <i>kaizen</i>	48
Figura 16 - Esquema da engenharia simultânea.	49
Figura 17 - Fluxograma das atividades.	54
Figura 18 - Vista externa da empresa SR Máquinas.....	58
Figura 19 - Foto da área interna da empresa.	58
Figura 20 - Fluxograma do processo produtivo.	59
Figura 21 - Máquina de Solda ESAB (<i>Smashweld 318</i>).....	60
Figura 22 - Dispositivo utilizado atualmente no processo de soldagem.	61
Figura 23 - Dispositivo com peça posicionada para soldagem.....	62
Figura 24 - Preparação do operador.	63
Figura 25 - Abertura do gás de solda.	64
Figura 26 - Regulagem do aparelho de solda.	65
Figura 27 - Gráfico tempo de <i>set up</i> do processo (minutos).....	65
Figura 28 - Ponteamento do conjunto.	66
Figura 29 - Gráfico representativo do tempo de soldagem.....	67
Figura 30 - Soldagem do conjunto	68

Figura 31 - Dispositivo de solda.	69
Figura 32 - Dispositivo de solda com a peça em análise.....	70
Figura 33 - Dispositivo de solda com ângulo de trabalho em 45°.....	71
Figura 34 - Dispositivo de solda com ângulo de trabalho de 90°.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo de soldagem.....	66
Tabela 2 - Custos para a fabricação da bancada.....	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	TEMA	14
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	14
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.4	HIPÓTESES	17
1.5	JUSTIFICATIVA	17
1.6	OBJETIVOS	19
1.6.1	Objetivo Geral	19
1.6.2	Objetivos Específicos	19
2	REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1	ENGENHARIA DE PRODUTO	20
2.2	PROJETO DE PRODUTO	20
2.3	ELEMENTOS DE MÁQUINAS	22
2.4	ERGONOMIA	23
2.4.1	Ergonomia no Processo de Soldagem	24
2.5	CUSTOS	25
2.5.1	Custo de fabricação	26
2.5.2	Custo gerencial	27
2.6	ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA	27
2.7	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	27
2.8	<i>LEAN DESIGN</i>	28
2.9	ENGENHARIA DE PROCESSOS	29
2.10	PROCESSOS E OPERAÇÕES	30
2.11	POP (PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO)	31
2.12	SOLDAGEM	31
2.13	VSM (<i>VALUE STREAM MAPPING</i>)	33
2.14	TEMPOS E MOVIMENTOS	34
2.15	PRODUTIVIDADE	35
2.16	<i>LEAN MANUFACTURING</i>	36
2.17	NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO	37
2.18	BALANCEAMENTO DE PRODUÇÃO	38
2.19	<i>TAKT TIME</i>	39

2.20	JIT (<i>JUST IN TIME</i>)	40
2.21	MRP (<i>MATERIAL REQUIREMENT PLANNING</i>).....	41
2.22	ERP (<i>ENTERPRISE RESOURCE PLANNING</i>).....	42
2.23	PCP (PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO)	43
2.24	TPM (<i>Total productive maintenance</i>).....	45
2.25	<i>SET UP</i>	45
2.26	CICLO <i>KAIZEN</i>	47
2.27	ENGENHARIA SIMULTÂNEA	48
3	METODOLOGIA	51
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	51
3.2	TIPO DE ABORDAGEM	51
3.3	METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS	52
3.4	FLUXO DAS ATIVIDADES	53
3.5	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	55
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	57
4.1	HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	57
4.2	ANÁLISE DO PROCESSO ATUAL.....	60
4.3	PROJETO DO DISPOSITIVO.....	68
4.3.1	Orçamento para fabricação do dispositivo	73
4.4	CORRELAÇÕES E PERSPECTIVAS.....	73
	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS	77
	APÊNDICE A – ORGANOGRAMA DA EMPRESA SR MÁQUINAS	81
	APÊNDICE B – DESENHO DETALHADO DO DISPOSITIVO PROPOSTO	82
	ANEXO A – REPRESENTAÇÃO DO VSM PARA UM PROCESSO DE PEÇAS	83
	ANEXO B – REPRESENTAÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO	84
	ANEXO C – REPRESENTAÇÃO DO POSICIONAMENTO DA FLANGE NO EIXO	85

1 INTRODUÇÃO

Com o processo de globalização impactando diretamente nas organizações, o mercado consumidor está cada vez mais exigente, fazendo com que a competitividade entre as empresas aumente. Diante disso, cada vez mais é de extrema importância que as empresas consigam apresentar o máximo de agilidade, qualidade, desenvolvimento e desempenho em seus produtos e serviços, exigindo assim que busquem sempre melhorias contínuas em seus processos, tanto através do uso de tecnologias, ou por meio de planejamento para melhor aplicação dos recursos de produção.

Surge assim a necessidade em buscar novos meios de melhoramento contínuo dos processos, através da implantação de dispositivos para auxiliar a suprir a demanda de produção. Fazendo com que seja gerada uma nova metodologia de produção, automaticamente reduzindo o custo de fabricação, tornando possível que as empresas aumentem sua capacidade produtiva e atendam às necessidades dos clientes.

O presente estudo tem como objetivo apresentar uma proposta de dispositivo que virá a auxiliar na manufatura da demanda produtiva de uma empresa, utilizando-se de referências bibliográficas que serviram de embasamento na detecção de prováveis problemas ocasionados no processo estudado, envolvendo o setor de solda. Também buscou-se apresentar possíveis alternativas de solução para melhoria da qualidade do produto, como também do rendimento dentro do processo.

Para o desenvolvimento de um dispositivo de melhoramento em um processo, buscou-se analisar como vinha sendo executado até o presente momento de análise. Após isso, efetuaram-se as coletas de dados necessários para que através de uma avaliação do setor fosse possível entender o problema que a empresa vinha enfrentando. Assim, assertivamente desenvolvendo um dispositivo eficaz para a atividade realizada, considerando ainda alguns pontos relevantes, como o alto tempo de preparação e a baixa produtividade do mesmo.

O dispositivo será projetado com materiais de fácil acesso no mercado industrial. Alguns itens especiais que não são de linha, serão de fácil manufatura, que a própria empresa conseguirá produzir, de modo a tornar-se algo simples e de baixo custo. Além disso, foi levado em conta o funcionamento mecânico que o dispositivo precisava apresentar, para que atendesse a demanda do item em

análise. Como também o manuseio e operação que o operador precisaria executar no momento da realização da atividade.

Alguns dos pontos relevantes para o desenvolvimento da proposta de dispositivo foi a angulação de trabalho que a peça em análise estaria em relação a base da mesa e as limitações de posicionamento de trabalho da tocha de solda, quando posicionada ou manipulada para a realização o trabalho.

Além dos pontos colocados acima e a análise que será realizada dentro do processo, com a aplicação de um dispositivo dentro da empresa resultará em uma nova realidade de produção, onde o trabalho braçal começa a ser substituído por ferramentas auxiliares, que além de permitir uma produção em larga escala, previne danos correlacionados a saúde e condições de trabalho dos colaboradores.

Correlacionando todos os pontos obtidos, a ideia é trazer para a empresa uma nova maneira de trabalho através de um novo dispositivo, onde virá a tornar o processo mais rápido, com um fácil manuseio, fixação e remoção do item. Permitindo assim uma maior produtividade, ganhando em qualidade e viabilidade de processo, que conseqüentemente resultará em lucratividade para a empresa.

1.1 TEMA

O tema proposto ao presente estudo é a análise do processo de manufatura e proposta de um dispositivo para otimização dos resultados.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Esse trabalho buscou identificar os processos que ocorrem na empresa objeto do estudo, com o intuito de encontrar algum possível gargalo de produção, e então apresentar uma nova alternativa para a manufatura do eixo soldado.

Para que os processos ocorram conforme o esperado é importante focar nos projetos que possam tornar as atividades mais ágeis e com ótimos resultados de manufatura dos produtos, sendo através da aquisição de novas máquinas, ferramentas ou uma nova metodologia e abordagem sistêmica. A partir disso, surge a análise do processo de soldagem que a empresa apresentava para executar a atividade no eixo soldado, com a proposta de implantação de um dispositivo de solda, com o intuito de tornar o processo mais ágil e com excelência em qualidade.

A proposta de dispositivo abordará materiais e processos de simples e baixa complexidade, pois o produto final apresenta poucas etapas de processo. As etapas que estão envolvidas são: logística, solda, usinagem e qualidade; porém a proposta de dispositivo abordará somente o setor de solda, a fim de tornar um processo refinado e eficiente, com o objetivo de obter ganho na produção, fazendo diminuir o tempo de processamento, além de deixar uma solda mais simétrica no eixo em análise.

Para o desenvolvimento do estudo, com a finalidade de ser uma proposta simples, mas com alto desempenho, é levado em conta a opinião e apontamentos de alguns setores que estão diretamente ligados na manufatura do dispositivo, caso a proposta seja aprovada. Os setores envolvidos no desenvolvimento do dispositivo serão a engenharia de produto, engenharia de manufatura, qualidade e processos produtivos.

As engenharias atuam no desenvolvimento do planejamento e projeto, no detalhamento dos desenhos, e trabalham a melhor forma de otimização de materiais e recursos. Já a qualidade atua certificando que o dispositivo não apresentará avarias na sua aplicação. Por sua vez, o processo produtivo atua aplicando e seguindo os passos definidos através das engenharias e da qualidade.

Validando a ideia, a partir dos dados coletados gera-se um levantamento de outros itens com o processamento similar, com o objetivo de implantá-lo em outros produtos, para que possam usufruir da mesma linha de processo.

Sendo assim, delimitou-se o tema deste estudo como a proposta de implantação de um dispositivo de solda dentro do processo atual que a empresa vem utilizando. Após haver a aprovação da proposta apresentada, a meta da empresa é programar-se e desenvolver o dispositivo e pôr em teste, assim comparando o novo dispositivo em relação ao antigo, mostrando suas vantagens e desvantagens.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

As diversas transformações que vêm ocorrendo nos setores produtivos em caráter mundial fazem com que os ambientes se tornem cada vez mais competitivos e de alta exigência e dependência de tecnologias. Para que isso ocorra, as empresas trabalham arduamente em possibilidades de cruzar processos, a fim de tornar um sistema mais enxuto e com grandes resultados em soluções de problemas

em manufatura de itens, onde buscam-se o desenvolvimento de produtos mais atraentes para os consumidores.

Um das possibilidades de tornar isso plausível é através da engenharia de produção, a qual acompanha os processos e, de forma assertiva introduz técnicas de desenvolvimento dos processos na manufatura de itens, tornando-a a principal gestora de controles e sistemas responsáveis pelo desenvolvimento da prestação de serviços e produtos.

Durante a análise do processo e levantamento dos dados percebeu-se um grande tempo gasto na preparação de todo o processo, partindo desde a movimentação do material, preparação do operador, regulagem e posicionamento do atual dispositivo e ferramentas envolvidas para a execução da atividade no produto em estudo. Ainda foi perceptível que, de acordo com a maneira em que a empresa estava produzindo o item, visivelmente apresentava uma baixa produtividade, e ainda se faz necessário um grande conhecimento e habilidade por parte do operador no momento da realização da determinada atividade, o que resulta em grande dependência da empresa pelo operador que executa a tarefa.

O processo executado apresenta uma boa qualidade estrutural, não apresentando problemas de soldagem, porém fica limitado a baixa qualidade visual, pois não proporciona uma solda simétrica. Outro fator observado foi que a maneira em que a atividade vinha sendo executada não proporcionava boas condições ergonômicas para o operador.

O projeto de um dispositivo na área de solda tem o propósito de tornar os procedimentos de simples execução, não sendo necessário haver a dependência de um único operador. Assim objetivando aumentar a capacidade produtiva para as próximas demandas além de criar um processo mais enxuto e permitir uma posição de trabalho ergonomicamente correta.

Com isso, o problema pode ser caracterizado através do seguinte questionamento: o desenvolvimento de um novo dispositivo, para auxiliar na manufatura, seria a solução mais adequada para a baixa produtividade e qualidade visual em um processo de solda?

1.4 HIPÓTESES

A hipótese pode ser acatada como a suposição do problema ou por uma possível solução do problema, onde após a implantação das tarefas são analisados os resultados (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Em um processo de manufatura de um item existem várias possibilidades de executar sua produção, mas para que isso ocorra são necessárias ferramentas adequadas para a sua realização, para que não acabe gerando perdas em qualidade e alto tempo de produção, o que conseqüentemente acarreta em perdas na produtividade do produto.

A hipótese considerada para a solução do problema de pesquisa apresentado neste trabalho, é: o planejamento e desenvolvimento de um dispositivo para uma melhor utilização do tempo de produção virá a suprir o possível gargalo de produção do item em análise.

A proposta de implantação de um dispositivo no processo não será elevada, pois através da realização do levantamento dos materiais necessários a empresa apresentava possuir os mesmos, além de poder executar sua fabricação entre os outros processos de produção, resultando assim em um baixo investimento com grande retorno futuro.

Através do acompanhamento do processo, percebe-se que uma boa opção em melhoramento da manufatura do item analisado é através do desenvolvimento de um novo projeto de dispositivo, o qual será desenvolvido para eliminar as possíveis causas ou problemas que vem impactando no desenvolvimento e capacidade produtiva da empresa no processo de soldagem.

1.5 JUSTIFICATIVA

As empresas atualmente vêm passando por grandes mudanças, sendo através das tecnologias disponíveis ou em relação ao desenvolvimento e o alto investimento que nelas são inseridas, preocupando os empresários em apresentar alternativas inteligentes e tecnológicas para suprir a demanda dos consumidores.

Com o desenvolvimento de um novo projeto de dispositivo que suprirá as demandas de produção na parte de solda de um item fabricado proporcionará o melhoramento do processo de fabricação que ocorre atualmente na empresa, proporcionando benefícios tanto para o operador quanto para a própria indústria.

Além disso, os resultados de produção passarão a serem relativamente altos em comparação ao método anterior, por apresentar uma nova metodologia de produção, proporcionando um menor tempo de *set up* do processo, o que causa um enorme ganho em tempo quando analisado grandes lotes de peças, gerando automaticamente o melhoramento na manufatura do item, além de proporcionar o aumento do lucro para a empresa.

O desenvolvimento do projeto de dispositivo quando implantado tem como objetivo tornar o processo mais eficiente, ou seja, não é somente entregar o produto no prazo correto, mas também garantir que foram aplicados os melhores recursos de processamento, sendo em tecnologias para as máquinas, ferramentas e materiais.

Quando mensurado o custo em relação ao desenvolvimento de um projeto de dispositivo, estima-se um ganho de produtividade na manufatura do item, pois diminuirá o tempo de *set up*, além de agilizar a produção, como também tornará o processo padronizado com qualidade na execução e acabamento estético da solda, o que vem a ser um diferencial em relação aos concorrentes. Além disso, permitirá a finalização da demanda do item antes do prazo estipulado entre ambas partes, gerando credibilidade na prestação do serviço, possibilitando que a empresa passe a aceitar maiores lotes desse produto para realizar a sua produção.

Ainda, através da proposta de um novo projeto de dispositivo, o processo apresentará um melhor atendimento da produção, sendo possível cumprir com todas as metas planejadas para aquele determinado período. Também proporcionará uma produção sistemática, podendo utilizar a mesma metodologia e dispositivo para outros processos que apresentam a mesma maneira de manufatura, o que torna o dispositivo versátil para a empresa.

Sendo assim, justifica-se que a proposta de projeto de um novo dispositivo apresentará benefícios para o processo, pois além de torná-lo mais eficaz, tanto na redução do tempo de *set up*, também terá efeito no acabamento estético da solda, além de tornar possível a fabricação de maiores lotes de produção e implantação de um processo ergonomicamente correto.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do estudo consiste na proposta de criação de um novo projeto de dispositivo dentro do processo produtivo, o qual é definido através da mensuração de tempos, acarretando em meios para aumento da produtividade, como também reduzindo o tempo de *set up* e manufatura do item, comparado ao processo anterior.

1.6.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram elaborados:

- efetuar análise do processo de soldagem e suas restrições;
- definir e projetar o dispositivo de solda à complementar o processo;
- verificar os recursos de fabricação necessários e viabilidade de investimento em um novo dispositivo;
- realizar a estimativa de ganhos e comprovação de viabilidade considerando o cenário atual e a possibilidade futura de fabricação de um dispositivo de apoio a manufatura pelo processo de soldagem.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos de produção e algumas avarias que impactam na produtividade dos itens, isso correlacionando com o principal setor industrial que empresas do segmento metal mecânico enfrentam no seu dia a dia. Alguns fatores tais como, gestão da produção, *set up*, sistematização de ferramentas e processos. A referência bibliográfica é com base em assuntos de extrema importância para o desenvolvimento do trabalho.

2.1 ENGENHARIA DE PRODUTO

De acordo com Neumann (2015) a engenharia do produto abrange o conjunto de ferramentas do projeto, planejamento, organização, decisão e execução que estão envolvidas nas atividades estratégicas e operacionais do desenvolvimento de novos produtos, participando da concepção até o lançamento do produto.

O desenvolvimento de produtos envolve um conjunto de conhecimentos de diversas áreas, como tecnologia, marketing, finanças, design e engenharia, e também de diferentes habilidades e técnicas que serão utilizadas para planejar, projetar, e pré-produzir produtos (NEUMANN, 2015).

A engenharia de produto é a área responsável pelo desenvolvimento de um produto, como também da sua operação. Os profissionais ligados à essa área são responsáveis por analisar as necessidades da empresa e de seus clientes e buscar soluções que sejam financeiramente atrativas e que atendam às características buscadas pelos seus consumidores (BATALHA, 2008).

2.2 PROJETO DE PRODUTO

De acordo com Carpes JR. (2014) produto corresponde a “todo objeto ou artefato concebido, produzido, negociado e utilizado por pessoas para satisfazer suas necessidades (transporte, conforto, etc.) por meio das funções que ele realiza”. Para projetar um produto, o projetista idealiza uma ideia de algum objeto ou artefato e expressa essa ideia na forma de um corpo físico realizável.

O projeto é descrito por meio de desenhos técnicos que devem conter pelo menos quatro tipos de dados: formas e dimensões da peça; especificação dos materiais que constituem a peça; técnicas de manufaturas aplicáveis; e modo de montagem do produto completo. Porém, o projeto de um produto não é apenas um

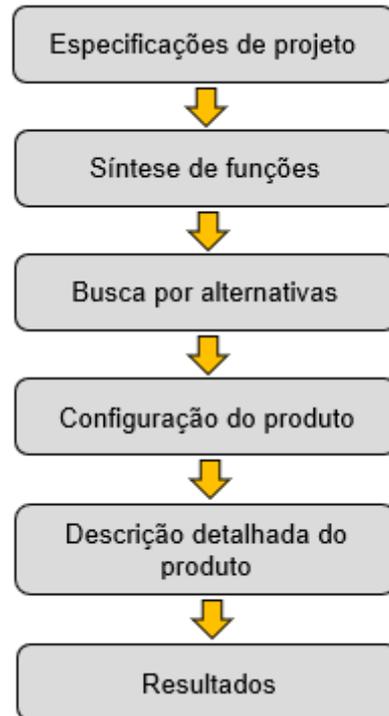
conjunto de desenhos técnicos, é também um processo social pois a partir dele é possível satisfazer as necessidades de pessoas. Portanto, o produto deve solucionar problemas, ser fisicamente produzido e implementado, também justificado economicamente e aceito pela sociedade (CARPES JR., 2014).

O desenvolvimento de novos produtos é uma tarefa importante e ao mesmo tempo arriscada para uma empresa, podendo resultar em sucesso ou fracasso comercial. Três grupos de fatores são citados como determinadores do sucesso ou fracasso no lançamento de um novo produto, como: forte orientação para o mercado, planejamento e especificação prévias, e fatores internos à empresa (BAXTER, 2000).

Segundo Carpes JR. (2014) quando um projeto é iniciado, apenas se tem o conhecimento sobre a necessidade ou desejo do consumidor que serão convertidas em especificações do projeto, sendo satisfeitas pela função do produto. Essas especificações condicionam a função do produto e as dividem em subfunções, formando uma estrutura, chamada de síntese de funções. Posteriormente busca-se alternativas para realizar ou cumprir a função do produto, seguido da configuração física das alternativas que foram selecionadas. Por fim, se faz uma descrição detalhada do produto, contemplando a forma, tamanho e estrutura, possibilitando assim a fabricação.

Na Figura 1 encontram-se as etapas do processo de elaboração de um projeto.

Figura 1 - Etapas do processo de elaboração de um projeto.



Fonte: Carpes JR. (2014).

Após cada etapa o projeto deve ser avaliado, possibilitando assim a realização de modificações para melhorias. No final do processo é possível fazer uma auditoria do mesmo assim como do produto para garantia da obtenção dos resultados esperados (CARPES JR., 2014).

2.3 ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Segundo Franceschi e Antonello (2014) elementos de máquinas são componentes mecânicos que são aplicados em máquinas, equipamentos e em diversos segmentos de acordo com suas aplicações e funções. Os elementos podem ser classificados em elementos de fixação, apoio, transmissão, acoplamentos, vedação, flexíveis entre outros níveis.

Ainda para Franceschi e Antonello (2014) esses elementos podem ser descritos como:

- elementos de fixação: tem como objetivo unir peças de diferentes tipos de materiais por meio de uma fixação que pode ser móvel ou permanente;
- elementos de apoio: utilizados na área da mecânica e referem-se aos mancais, guias e buchas;

- elementos de transmissão: dão a característica de potência, movimento, que podem ocorrer por elementos flexíveis, sendo estas correntes, polias, correias, cabos e eixos;
- elementos de acoplamento: são empregados na transmissão de movimento de rotação entre duas árvores ou eixo árvore;
- elementos de vedação: são empregados para impedir a passagem de líquidos, gases e sólidos, como também partículas de sujeira ou pó de um meio para o outro.

Segundo Stein *et al.* (2018) elementos de máquinas podem ser os componentes ou conjuntos de uma máquina, os quais tem por finalidade de unir componentes, reter fluidos, possibilitar a transmissão de movimentos ou absorver energias vibracionais. Os principais elementos que podem ser encontrados nas máquinas são:

- fixação: elementos tais como arruela, parafusos, porcas, rebites, pinos, juntas entre outros;
- transmissão de movimentos: elementos conhecidos como buchas, rolamentos, elementos mancalizados, engrenagens, correias entre outros itens;
- retenção de fluidos: podem ser considerado as gaxetas, retentores, placas vedantes, anéis *orings* entre outros;
- absorver as energias vibracionais: coxins das máquinas, acoplamentos e entre outros componentes.

Ainda para Stein *et al.* (2018) é de extrema importância saber qual elemento aplicar em um determinado produto, pois deve ser levado em consideração a sua área de aplicação, bem como os esforços que esses elementos vão sofrer, assim conseguindo prever o tempo de vida útil para esses componentes.

2.4 ERGONOMIA

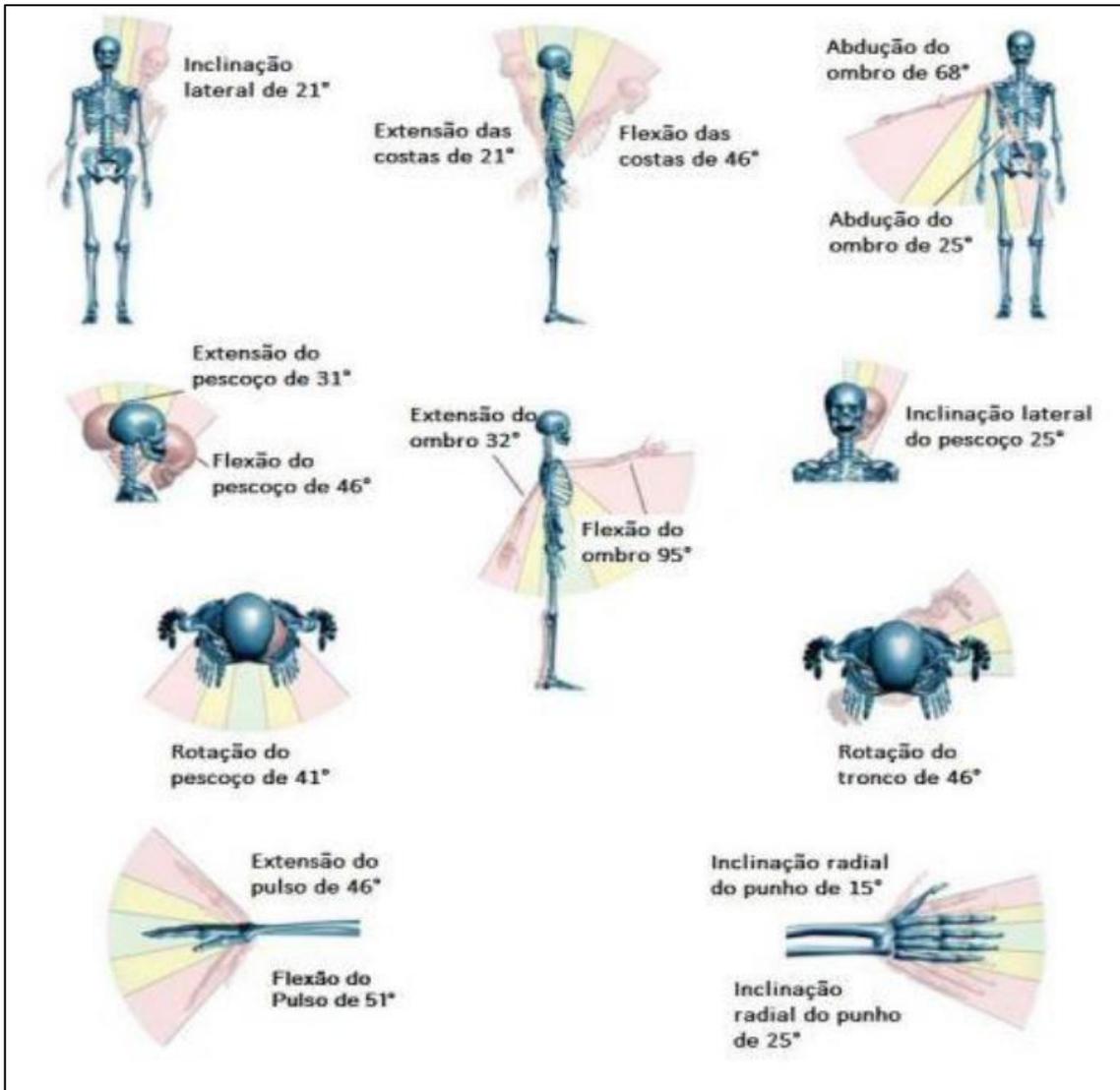
Segundo Rodrigues (2000) a ergonomia atualmente é impactante dentro das empresas, pois busca reconhecer o trabalho real e a adequação do homem com o local, onde seus métodos e técnicas possibilitam melhores condições de trabalho dos funcionários, podendo ser desde o desenvolvimento de dispositivos e postos de trabalhos adequados, além de ocasionar menor desgaste e melhoramento da produtividade com o final proposto e das relações entre o homem e a máquina.

De acordo com Lida (2005) a ergonomia estuda vários aspectos, tais como: a postura e os movimentos corporais nos mais diversos sentidos. Assim consegue-se desenvolver meios de tornar os processos menos exaustivos para os funcionários, diminuindo os efeitos causados pela fadiga, esforços desnecessários e movimentos repetitivos, além de reduzir os riscos das doenças ocupacionais.

2.4.1 Ergonomia no Processo de Soldagem

Para Weschenfelder (2016) o corpo humano conta com uma capacidade de movimentos os quais permitem uma melhor circulação sanguínea, além da flexibilidade, que influencia na produtividade, sendo que quanto mais confortável o operador, melhor será seu rendimento. Portanto, mesmo com a necessidade dos mais diversos posicionamentos e movimentações, é importante respeitar as limitações do operador não excedendo as zonas dos movimentos, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Zona de exposição de movimentos.



Fonte: Weschenfelder (2016).

Entende-se que, considerando a taxa de repetitividade de trabalho e movimentos, os processos devem ser desenhados e estruturados, permitindo que os operadores consigam dar o seu melhor, sem sofrer alguma lesão, ou vir a ter uma doença ocupacional (WESCHENFELDER, 2016).

2.5 CUSTOS

A contabilidade dos custos surgiu na Revolução Industrial com o objetivo de determinar os custos dos produtos fabricados. Antes disso, a contabilidade financeira era utilizada para basicamente para a avaliação do patrimônio e obtenção do resultado do período, segundo afirma Bornia (2010).

Os custos são definidos como todos os recursos consumidos no processo de produção de um bem ou serviço, onde espera-se que tragam benefícios para a

entidade após a conclusão e venda desse produto ou serviço. Os custos também são definidos como investimentos em recursos que posteriormente ocorre o processamento e manufatura dos produtos dentro das indústrias (SILVA; LINS, 2017).

Os resultados obtidos, subtraindo-se os custos dos produtos (mercadorias) vendidos pela empresa gera um lucro. Nesse lucro (bruto), ainda ocorre a redução das despesas geradas através do funcionamento da empresa. Então assim, com o crescimento das empresas e o aumento da complexibilidade do sistema produtivo, a contabilidade dos custos passou a desempenhar um papel importante no sistema de informações gerenciais, auxiliando a gerência da empresa no controle e nas tomadas de decisões (BORNIA, 2010).

2.5.1 Custo de fabricação

De acordo com Bornia (2010) o custo de fabricação é definido como o valor dos insumos usados na fabricação dos produtos da empresa, como por exemplo materiais, trabalho humano, energia elétrica, máquinas e equipamentos, etc.

Segundo Souza e Clemente (2011) os custos de fabricação referem-se praticamente aos produtos acabados em um determinado período. É uma produção que necessita de um ajustamento do custo do produto, para adicionar nos processos dos produtos.

Bornia (2010) destaca que os custos de fabricação estão relacionados com a fabricação dos produtos, podendo ser divididos em matéria-prima (MP), mão de obra direta (MOD) e custos indiretos de fabricação (CIF). O custo de fabricação pode ser calculado através da soma dos custos de matéria-prima, mão-de-obra direta e dos custos indiretos de fabricação.

Os custos de matéria-prima estão relacionados com os custos que compõem o produto, podendo ser divididos em unidades físicas específicas. Os custos de mão de obra direta estão relacionados com os trabalhadores diretamente envolvidos com a produção. Já os custos indiretos de fabricação são todos os outros custos de produção de um produto, como materiais de consumo, mão de obra indireta, depreciação, energia elétrica, água, entre outros (BORNIA, 2010).

2.5.2 Custo gerencial

Segundo Borna (2010) o custo gerencial é definido como o valor dos insumos, como bens e serviços, que são utilizados pela empresa, englobando os custos de fabricação e as despesas. O custo gerencial pode ser calculado somando-se os custos de matéria-prima, mão-de-obra direta, custos indiretos de fabricação e as despesas.

De acordo com Souza e Clemente (2011) os custos variam de acordo com a agregação nos processos de transformação, sendo em matéria prima, produtos acabados que se diz respeito ao consumo de recursos. Também variam de acordo com os esforços monetários gerados pela empresa, para atender e manter a demanda dos produtos.

As despesas são definidas como o valor dos materiais consumidos para o funcionamento da empresa e não identificados como a fabricação estando relacionadas com a administração geral da empresa e a comercialização do produto (BORNIA, 2010).

2.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA

Segundo Filho (2010) a viabilidade técnica de um projeto deve ocorrer em todas as fases do ciclo de vida do produto. Para cada uma dessas fases existem diferentes critérios que devem ser considerados e analisados diante da evolução do projeto do produto.

Para a análise da viabilidade técnica é necessária a descrição detalhada dos produtos e serviços, como características e objetivos, sendo estimados os investimentos fixos programados, como construções civis, instalações complementares, máquinas e equipamentos, e o cronograma físico/financeiro, que são necessários para a viabilização do negócio (FILHO, 2010).

2.7 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

De acordo com Filho (2010) a avaliação da viabilidade econômica de um projeto deve ser realizada ao longo das fases do processo de desenvolvimento, considerando sempre os investimentos necessários, desde aquisição ou adequação da infraestrutura, treinamento de recursos humanos, realização de testes, entre outros. Além análise de viabilidade econômica contempla a elaboração de um plano

de investimento necessário para a viabilização do negócio. Essa análise deve ser realizada levando em consideração um tempo médio maior, como por exemplo 5 anos, onde procura-se mensurar a capacidade de pagamentos com recursos próprios e de terceiros, além do fluxo de caixa do projeto e os indicadores econômico-financeiros.

Segundo Filho (2010) o cálculo de índices para demonstração de resultados é realizado através da utilização de indicadores, como: período de *payBack*; VPL (valor presente líquido), TIR (taxa interna de retorno) e ROI (retorno sobre o investimento).

O período de *payBack* mede o tempo de retorno do investimento com base na geração de caixa (resultados do projeto), ou seja, o é o período que se leva para recuperar o investimento, onde o projeto será melhor quanto menor for o tempo de retorno do investimento (MOTTA *et al.*, 2009).

O VPL possibilita o cálculo do valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros e os valores relativos ao investimento inicial do projeto. Em situações que o VPL calculado for maior do que zero, significa que um projeto ou solução de investimento potencial deve ser executado, quando o VPL for igual a zero significa que o projeto é indiferente, pois o valor presente das entradas é igual ao valor presente das saídas de caixa. Já em situações que o VPL for menor do que zero significa que o projeto não é economicamente atrativo (FILHO, 2010).

A TIR é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento com seus retornos futuros ou saldos de caixa. O projeto é atrativo quando a TIR é maior do que o custo do seu capital (MOTTA *et al.*, 2009).

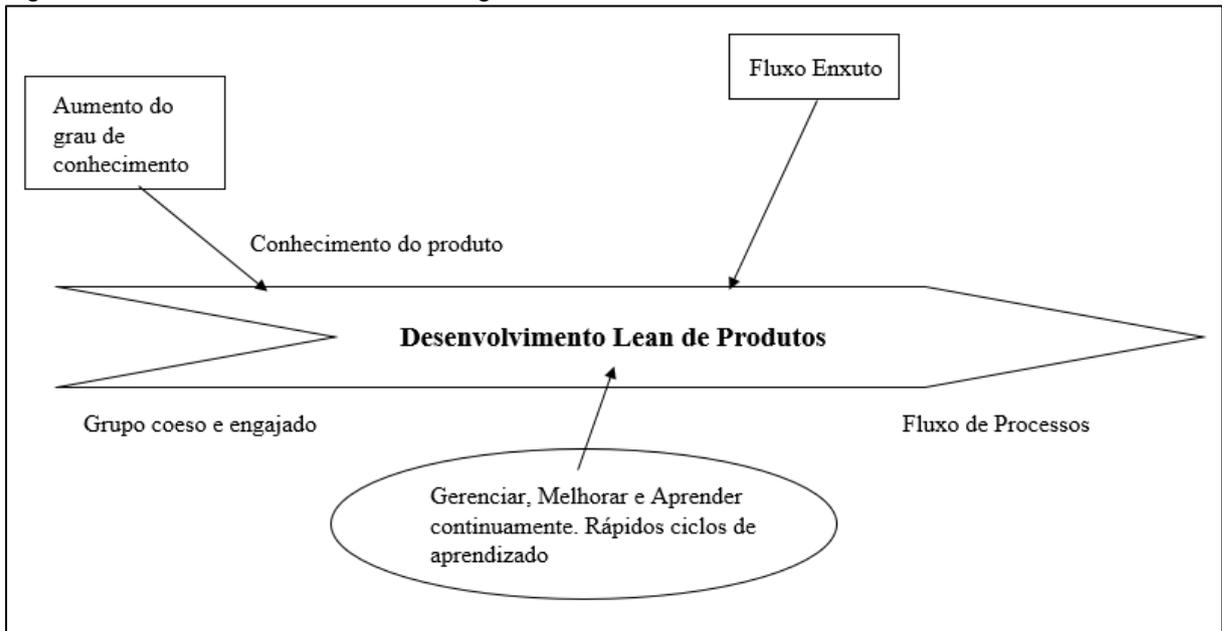
O ROI mede o retorno de um investimento realizado e contabilizado em meses nos quais ele será amortizado para então começar a gerar lucros (FILHO, 2010).

2.8 LEAN DESIGN

O *lean design*, ou desenvolvimento enxuto, é uma filosofia de gestão que possibilita um pensamento mais estratégico no desenvolvimento de produtos e serviços, o que torna as empresas mais inovadoras. O princípio dessa filosofia é a redução do desperdício e agregação de valor no produto, buscando sempre a perfeição no desempenho do processo (ODORCZYK, 2018).

Segundo Lovro (2011) o sucesso vem do eficiente processo de interação entre o desenho do produto e o processo, mas que também envolve outras áreas, e dessa forma que ocorre o conceito do *lean design* na engenharia de produto, conforme é observado na Figura 3.

Figura 3 - Visão sistêmica do *Lean Design*.



Fonte: Lovro (2011).

Essa ferramenta proporciona o desenvolvimento integrado entre vários projetos e informações específicas, tendo como resultado a redução de tempo, de custo e aumento da qualidade. “Adotar os conceitos de *lean design* no desenvolvimento de projetos pode promover um modelo de organização e gerenciamento necessários a elaboração de projetos com mais eficiência e qualidade” (FIALHO; CAMPOS; NETO, 2015).

Para Fialho, Campos e Neto (2015) a aplicação dos conceitos do *lean design* abrange três perspectivas: conversão, fluxo e valor. Além de requer uma melhoria contínua que é representada em quatro estágios: diagnóstico e avaliação, implementação de mudanças, controle e padronização.

2.9 ENGENHARIA DE PROCESSOS

De acordo com Davenport (1994) processo consiste em “um conjunto de atividades estruturadas e medidas destinadas a resultar num produto especificado para um determinado cliente ou mercado”.

Para Santos (2002) a engenharia de processos é considerada uma arquitetura para a compreensão, análise e melhoria de processos dentro e entre organizações. Ainda, de acordo com Santos (2002) *apud* Grover e Kettinger (2000), tem como objetivos a uniformização do entendimento da forma de trabalho, a análise e melhoria do fluxo de informações, o conhecimento sobre os processos, realização de simulações, de análises organizacionais e indicadores e a gestão da organização.

A engenharia de processos trata do projeto de processos integrados, atuando sob diversas áreas como a matemática, química, física e a biologia. Através dessas áreas, busca a representação destes fenômenos por meio de modelos, desenvolvendo e aperfeiçoando processos, de forma economicamente viável. A utilização da engenharia de proporcionou a execução de projetos com maior rapidez, maior segurança e menor custo, tornando-os assim mais competitivos (PERLINGEIRO, 2005).

2.10 PROCESSOS E OPERAÇÕES

Na escolha de um processo de produção dentro de uma linha produtiva é possível determinar os requisitos de qualidade que o produto precisa conter. Em algumas partes dos processos ocorrem avarias as quais precisam ser analisadas e então deve ser tomada uma decisão. É de extrema importância garantir que os métodos de processos de produção utilizados em determinadas partes do processo consigam garantir as necessidades estipuladas pelos clientes, onde possa permitir a expansão ou restrição da produção de acordo com as demandas (GAITHER; FRAZIER, 2001).

Ainda para Gaither e Frazier (2001) o planejamento e o controle do chão de fábrica é definido de acordo com os processos que podem ser destacados como:

- definição da prioridade dos pedidos;
- emissão de cronograma de trabalho para os postos envolvidos;
- estoque de materiais alinhados de acordo com a quantidade de material necessários para a fabricação do pedido;
- controle das atividades executadas nos postos de trabalho;
- mensuração da eficiência da produção de acordo com os trabalhadores e máquinas utilizadas nos processos produtivos.

Segundo Martins e Laugeni (1999) o processo é um percurso decorrido que um material ou produto passa dentro de uma empresa desde sua entrada até sua saída com um determinado nível de transformação. Já para as operações são os trabalhos executados por homens e máquinas em um determinado tempo sobre o item em processo.

2.11 POP (PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO)

Segundo Duarte (2005) POP pode ser tanto um método técnico como gerencial de uma empresa, pois esse método desenvolve formas de descrever detalhadamente um processo, com o objetivo de padronizar as tarefas, a fim de garantir ao cliente um produto sem variações inesperadas na qualidade final.

De acordo Colenghi (1997) o POP pode ser uma ferramenta de gestão da qualidade que tem como objetivo buscar a excelência na prestação dos serviços, focando na minimização de erros durante os processos diários. É uma ferramenta dinâmica que busca aplicar transformações na cultura da empresa estudada a fim de melhorar o ambiente.

Para que este funcione dentro dos processos da empresa ele deve conter as operações sequenciais das operações apresentando a frequência da operação e o responsável que executar a atividade, como também a listagem de materiais e equipamentos que serão necessários para a realização da determinada tarefa. Devem ser apresentadas também as descrições das atividades por operações, roteiros de inspeção periódicas dos equipamentos utilizados nos processos, entre outros (COLENGHI, 1997; DUARTE, 2005).

Segundo Colenghi (1997) é importante ressaltar sobre o POP a sua importância dentro de um sistema organizacional da qualidade, pois através dos manuais de procedimentos é que ocorre a sistematização de todos os procedimentos de uma organização.

2.12 SOLDAGEM

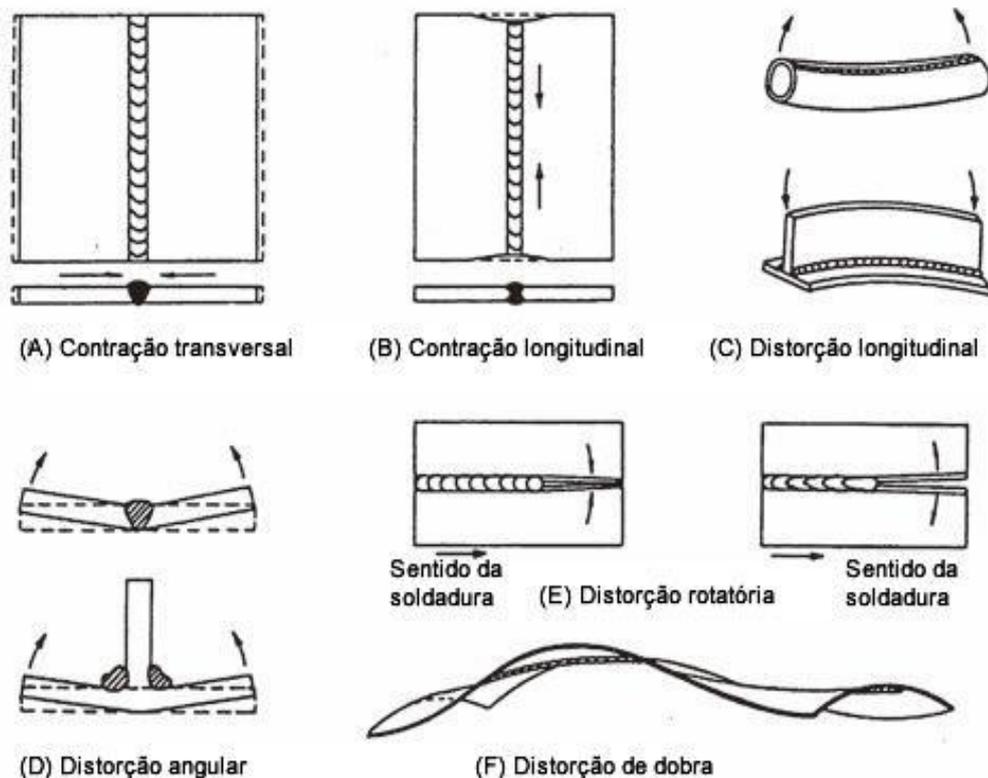
Segundo Modenesi, Marques e Santos (2012) a soldagem é um dos mais importantes processos que ocorrem no meio industrial, principalmente na fabricação de conjuntos e produtos soldados. O processo de soldagem é extremamente simples devido as condições que esse processo permite ocorrer a realização do

trabalho. Mas esse processo além de simples pode apresentar avarias em matérias ou partes do conjunto soldado, devido a aplicação de um pequeno volume de material, como também uma elevada carga energia, fazendo com que essas elevadas tensões podem apresentar alterações estruturais próximo da área onde ocorreu a solda.

As mudanças ocorridas pela deformação durante o processo de soldagem, podem acarretar em uma menor precisão geométrica do produto, além de trabalhar com a resistência estrutural do material, e afetar o item a ser manufaturado (OKUMURA, 1982).

As avarias que ocorrem nas peças devido a maneira em que a solda é aplicada pode apresentar variações tais como flambagem, distorções de dobra e angulares, além do encolhimento transversal e longitudinal, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Distorções ocasionadas pela soldagem.



Fonte: Jung (2015).

Esses trabalhos que ocorrem nos materiais decorrentes do processo de soldagem podem ser resolvidos de diversas formas, onde os mais utilizados, por apresentarem-se como os mais práticos e vantajosos, são os dispositivos de fixação,

a fim de garantir que o produto continuará dentro das tolerâncias dimensionais e geométricas conforme estipulado pelo projeto (OKUMURA, 1982).

Segundo Soares (2006) durante o processo de montagem e soldagem de conjuntos ou produtos é usual haver a aplicabilidade de dispositivos de fixação dos componentes durante o processo de soldagem, pois os dispositivos são responsáveis por garantir que o produto saia com a qualidade especificada e esperada pelo cliente. Indica-se que quanto maior a aplicação de solda em determinado produto, mais reforçado deve ser o dispositivo a fim de resistir às tensões térmicas que ocorrem nos materiais, derivadas da alta geração de calor que esse processo apresenta.

2.13 VSM (*VALUE STREAM MAPPING*)

Segundo Corrêa e Corrêa (2017) o VSM ou Mapeamento do Fluxo de Valor, nada mais é que uma ferramenta que possibilita o gerenciamento de forma eficiente de informações e materiais em uma empresa, com uma série de processos, possibilitando a extração de dados por meio do tempo de execução, também conhecido como *lead time*, de acordo com o Anexo A.

Para Rother e Shook (1999) o tempo de execução correlacionado com a sequência de valores consiste em resultados positivos para o estoque, que por sua vez apresenta resultados de processos individuais e atributos para o desempenho no fluxo de valor. Assim sendo capaz de reduzir o tempo de execução das tarefas por meio da otimização dos processos operacionais.

São através desses meios individuais que grande parte dos métodos de melhoria contínua e adaptabilidade, ocasionam a aplicação do mapeamento do fluxo de valor, sendo esse o responsável por posteriormente alavancar a aplicação de outras ferramentas dentro do processo, permitindo o desenvolvimento de um fluxo de valor constante que seja capaz de atender os índices de satisfação dos clientes (ROTHER; SHOOK, 1999).

Corrêa e Corrêa (2017) reforçam que o mapeamento do fluxo de valor é um poderoso recurso para identificar os desperdícios dentro de um processo, através do detalhamento das etapas, por meio do desmembramento dos processos é possível descobrir se aquele métodos de executar a determinada atividade está agregando ou não, valor para o produto final.

Segundo Rother e Shook (1999) a eliminação dos desperdícios por meio do mapeamento do fluxo de valor em diferentes departamentos da empresa otimiza o uso dos recursos financeiros e ativos do negócio, além de exponencialmente gerar ganhos na produtividade de processos operacionais. Porém, alguns gargalos, prejuízos de produção e procedimentos anormais podem ser encontrados através do mapeamento, gerando melhorias nas organizações entre as quais podem se destacar: descarte de processos desnecessários, excesso de produção, estoque, falhas e defeitos, transporte, tempo de espera e movimentações.

De acordo com Ohno (1997) os desperdícios podem ser gerados devido às flutuações no fluxo dos produtos, onde ocorrem de acordo com os equipamentos, operadores e outros elementos que são necessários em uma produção, ocasionando variações nos tempos e quantidades.

2.14 TEMPOS E MOVIMENTOS

De acordo com Barnes (1977) o estudo de tempos e movimentos é o estudo de processos de trabalho organizados. Os principais objetivos são padronizar processos e determinar o tempo gasto por um operador para concluir uma atividade que funciona em um ritmo normal de produção. O processo de produção deve ser analisado em detalhes para examinar o andamento do processo como uma técnica compatível com o andamento do processo. O fluxo exhibe os eventos que ocorrem entre as atividades e também ajuda a detalhar as atividades que requerem análise mais detalhada.

Barnes (1977) também menciona que podem ser usados para vários propósitos ao estudar tempos e movimentos, nos quais existem algumas etapas a serem tomadas para serem eficazes, e geralmente as mais comuns são: investigação dos movimentos; coleta dos dados para testar o trabalho; treinamento de operadores; exibição do método atual de execução de uma atividade específica; e avaliação do ritmo no estudo do tempo.

De acordo com Vanzolini (1998) a cronometragem dos tempos é uma coleta de dados utilizados para efetuar análise de dados. Mas para ser um processo eficaz, deve ser seguido algumas etapas, tais como:

- extração de informações dos operadores e da operação;
- divisão de operações para uma melhor e detalhada extração de dados;

- registrar o tempo necessário que o operador leva para executar a determinada atividade;
- definição da quantidade de amostras que serão coletados,
- definição das tolerâncias necessárias para a obtenção de excelente produto;
- determinar um tempo padrão para a realização de cada operação.

2.15 PRODUTIVIDADE

As empresas precisam estar atentas às mudanças no cenário, assim sendo, é importante que elas consigam produzir mais em menos tempo, buscando a atualização de novas técnicas de produção, tornando-se cada vez mais eficientes e efetivas, aumentando a produtividade tornando-as mais competitivas (BRAGA, 2000).

A produtividade está associada ao consumo dos recursos em relação ao seu aproveitamento em um processo produtivo, ao que se define o quanto pode ser produzido com uma determinada quantidade de recursos (MOREIRA, 2001).

De acordo com Ramo (1980) a produtividade é definida através da eficiência que o processo apresenta, sendo que a mensuração de produtividade do processo tem como correlação vários pontos que são analisados, tais como o tempo, pessoas envolvidas nos processos e a quantidade de produtos a serem fabricados.

Segundo Harmon e Peterson (1997) as máquinas, ferramentas e instrumentos que são utilizados para a realização da tarefa devem ser de fácil entendimento e manuseio para a execução da operação, manutenção, configuração ou atividade desenvolvida. Uma equipe que trabalha para aumentar a produtividade geralmente é a responsável efetuar as alterações físicas em equipamentos, ferramentas e métodos que simplificam as operações e apresentam melhorias significativas nos processos.

Já Ribeiro (1989), por outro lado, enfatiza que a busca pela produtividade sempre foi e sempre será a melhor solução possível para as empresas gerarem os recursos necessários para o seu desenvolvimento. Também deve-se ter em mente que todos os setores de uma empresa devem buscar melhorias constantes preocupando-se em avaliar seu desempenho e desenvolver formas para o aumento da eficiência. Portanto, os setores de manufatura e produção devem se esforçar para otimizar os custos, a fim de manter a competitividade do produto a longo prazo.

Além disso, eles precisam ser extremamente flexíveis para executar ordens no menor tempo possível.

2.16 LEAN MANUFACTURING

Segundo Tubino (2015) *lean manufacturing* ou manufatura enxuta pode ser definida como uma estratégia de produção baseado nos conceitos do Sistema Toyota de Produção, que possui como objetivo eliminar os desperdícios por meio da melhoria contínua.

Ainda de acordo com Tubino (2015) essa estratégia possibilita a montagem de uma fábrica com um sistema produtivo que permita o envolvimento das pessoas no planejamento das capacidades e programação, considerando características como:

- organização de layouts, permitindo uma boa movimentação entre os trabalhadores e máquinas;
- implantar rotinas de operações padrões para demandas diferentes;
- alterar o sistema de remuneração e de produtividade dos trabalhadores, para que consiga atender as metas dos grupos;
- implantar sistemas de programação, com regras de sequenciamento simples e claras que possam ser realizadas pelos colaboradores.

Na Figura 5 podem ser observadas algumas metodologias que são utilizadas nas indústrias e estão diretamente ligadas ao sistema *lean manufacturing*, o qual vem permitindo o desenvolvimento e crescimento industrial.

Figura 5 - Metodologias utilizadas no *lean manufacturing*.



Fonte: Adaptado de Tubino (2015).

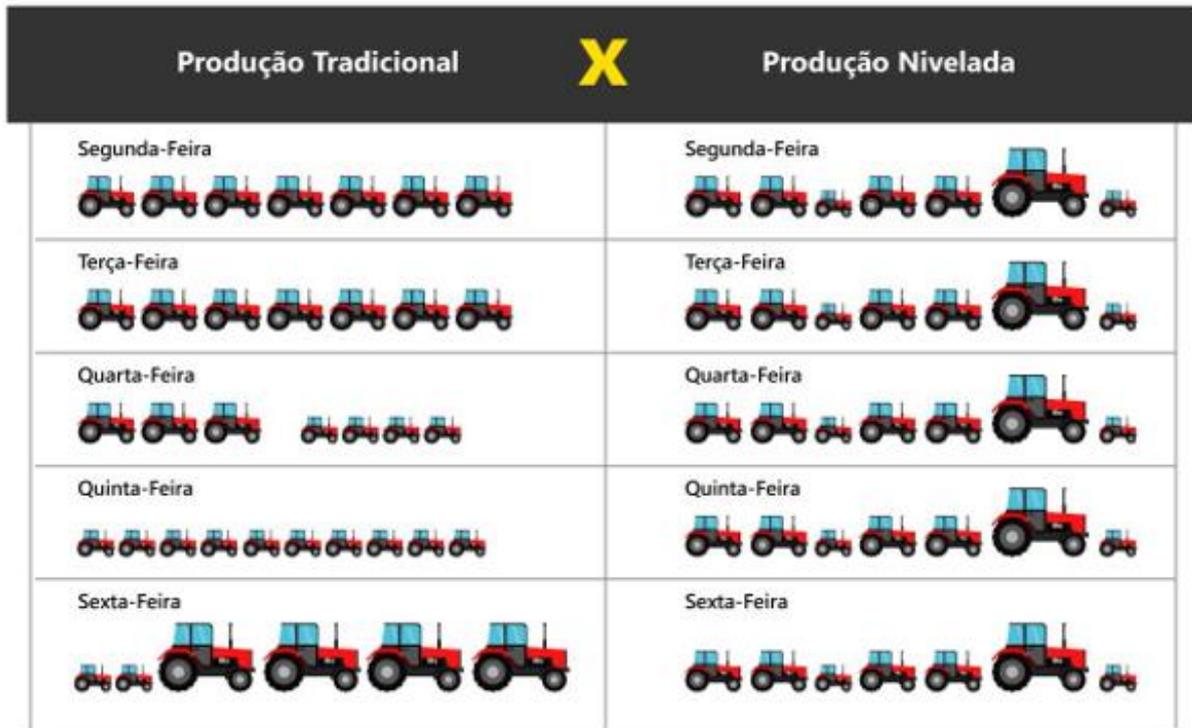
De acordo com Rodrigues (2016), o sistema *lean manufacturing* tem como objetivo buscar um melhor sistema e qualidade, eliminando os desperdícios dos custos gerados e também do *lead time*, assim aumentado proporcionalmente a eficiência do atendimento ao cliente.

2.17 NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO

Para Slack, Chambers e Johnston (2002) nivelamento da produção é distribuir de forma equivalente as quantidades e tipos de produtos, com a possibilidade de desenvolver um planejamento da produção assim, os vários elementos são nivelados para garantir o fluxo contínuo da produção, afetando diretamente a demanda por recursos de produção.

Para o nivelamento da produção ser de grande efetividade, de acordo com Nunes (2019), se faz necessária a alocação da maior quantidade de diversidade de produtos em uma linha de produção, porém, atendendo a demanda com base nos prazos de entrega, como pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6 - Comparação da produção tradicional com uma produção nivelada.



Fonte: Adaptado de Nunes (2019).

O princípio do planejamento de programação nivelada é bastante simples, mas os pré-requisitos para implementação exigem esforços para que os benefícios sejam significativos. Se um determinado mix de produtos fosse produzido dentro de um determinado período de tempo, o tamanho do lote para cada produto e os lotes produzidos em uma determinada sequência seriam calculados de maneira convencional (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

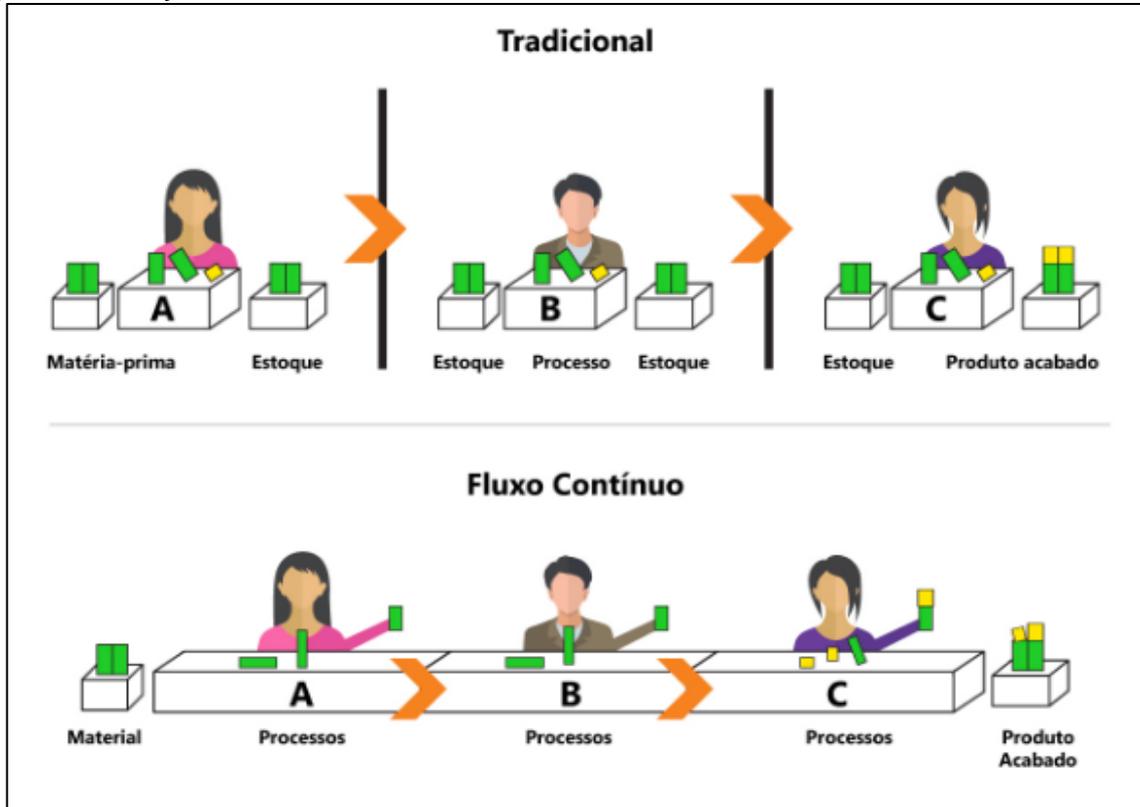
2.18 BALANCEAMENTO DE PRODUÇÃO

Segundo Martins e Laugeni (1999) balanceamento de produção é quando a linha de montagem apresenta um fluxo contínuo das produções, onde geralmente o produto passa por algumas etapas da produção em diferentes postos de trabalho. Primeiramente deve determinar-se o tempo do ciclo, sendo este o tempo máximo que o produto deve permanecer em um determinado posto de trabalho, para terminar determinada tarefa, assim sendo possível criar um balanceamento da linha de montagem.

Para Eller (2019) o fluxo tradicional de produção apresenta estoques de produtos devidamente pela ocorrência de gargalos de produção. Já no fluxo contínuo de produção não ocorrem gargalos por apresentar um balanceamento

alinhado dos postos de produção, assim o processo flui de forma organizada, como pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 - Produção tradicional X Fluxo contínuo.



Fonte: Eller (2019).

Ainda, Martins e Laugeni (1999) afirmam que o balanceamento de produção busca por ações que consigam manter a produção em um ritmo contínuo e nivelado, evitando assim desperdícios que são gerados com os estoques. O balanceamento de produção procura anular os gargalos que podem ocorrer em uma linha produtiva, proporcionando assim uma excelente produtividade e eficiência de produção, mantendo um trabalho em um ritmo adequado.

2.19 TAKT TIME

De acordo com Liker e Meier (2007) o *Takt Time* é a frequência que determinado produto deve ser produzido. Esse tempo se dá de acordo com um cálculo que é realizado na produção como por exemplo, se em uma linha produtiva for detectado que o *takt* é de um minuto, subentende-se que a cada um minuto deve sair um produto pronto, caso esse tempo do *takt* estiver acima do calculado, deve-se

então aplicar melhorias contínuas nos processos, para que a demanda seja atendida dentro do tempo estimado.

Já Rother e Shook (1999) afirmam que o *takt time* alinha o tempo de produção de acordo com as vendas. Esse tempo é o necessário para que o produto seja desenvolvido e então comercializado. Para entender como descobrir o cálculo do *takt* deve-se dividir o tempo disponível do trabalho pelo volume de demanda dos componentes, conforme pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 - Cálculo do *Takt Time*.



$$\text{TAKT TIME} = \frac{\text{Tempo Disponível de Produção}}{\text{Demanda}}$$

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (1999).

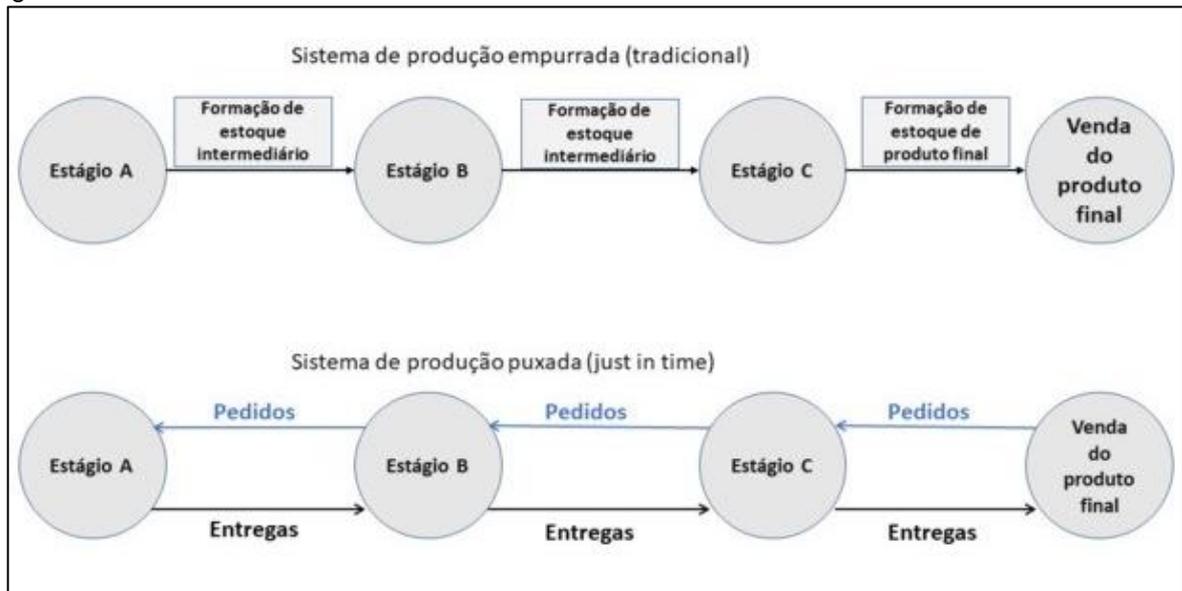
Já em uma produção puxada esse tempo é utilizado para alinhar o ritmo de vendas com o ritmo de produção. Também se faz necessário haver cuidados com as paradas de máquinas que não são planejadas e, quando ocorrer, aplicar uma resposta rápida para os problemas detectados (ROTHER; SHOOK, 1999).

Assim, Dennis (2008) completa que o *takt time* não gera grandes oscilações quando os processos são padronizados, mas quando os processos realizados apresentam um maior tempo de *takt time*, o processo se torna um gargalo, gerando a necessidade de acompanhamento e adição de tempo na programação da produção, para que ambos possam trabalhar nivelados.

2.20 JIT (*JUST IN TIME*)

De acordo com Ohno (1997) o Sistema Toyota de produção conta com os pilares necessários para a eliminação de desperdícios, assim sendo o JIT um deles, onde atua em um processo de fluxo, focando em garantir a chegada de produtos e matérias primas dentro de um processo produtivo, somente na quantidade necessária para fabricação, assim tornando possível que se chegue a um baixo nível de estoque, conforme pode ser observado na Figura 9, a qual faz uma comparação do sistema tradicional em relação ao sistema JIT.

Figura 9 - Processo Tradicional X Processo com *Just in Time*.



Fonte: Adaptado de Ohno (1997).

Porém, ao desconsiderar algumas situações do processo ou uma falha na previsão dos itens podem ser gerados produtos defeituosos, que podem vir a parar uma linha de produção ou alterar todo um plano produtivo (OHNO, 1997).

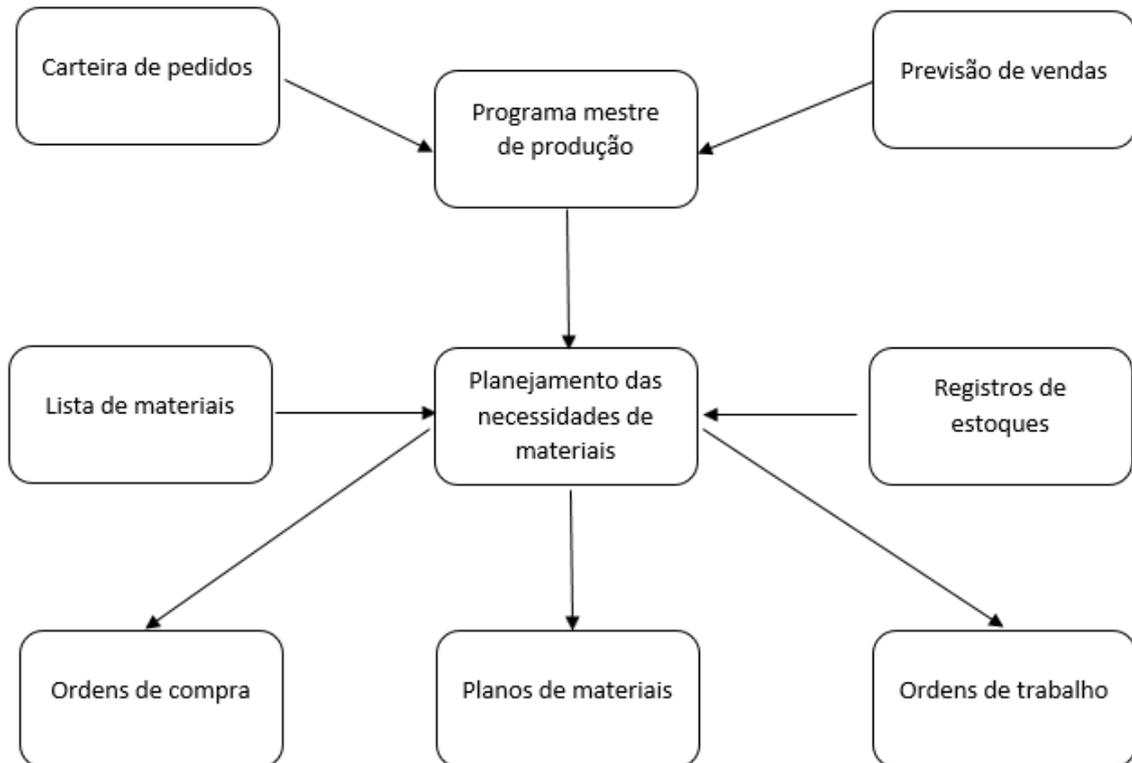
Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002) o JIT é um modelo de abordagem sistêmica, que tem como objetivo apresentar o melhoramento da produtividade eliminando os desperdícios. Esse sistema possibilita que a empresa tenha uma produção eficaz, correlacionando com os termos de custo, fornecendo apenas a quantidade correta de recursos, e usando o mínimo de instalações, equipamentos e recursos humanos advindos da empresa.

2.21 MRP (*MATERIAL REQUIREMENT PLANNING*)

O planejamento e necessidades dos materiais também conhecido como MRP vem desenvolvendo-se através das gestões de operações a qual suportava o planejamento e controle das necessidades dos matérias, tornando uma rede de sistemas corporativos, a fim de auxiliar todas as indigências correlacionadas às necessidades de recursos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Na Figura 10 pode-se observar um esquema de planejamento da necessidade de materiais.

Figura 10 - Esquema do planejamento da necessidade de materiais (MRP).



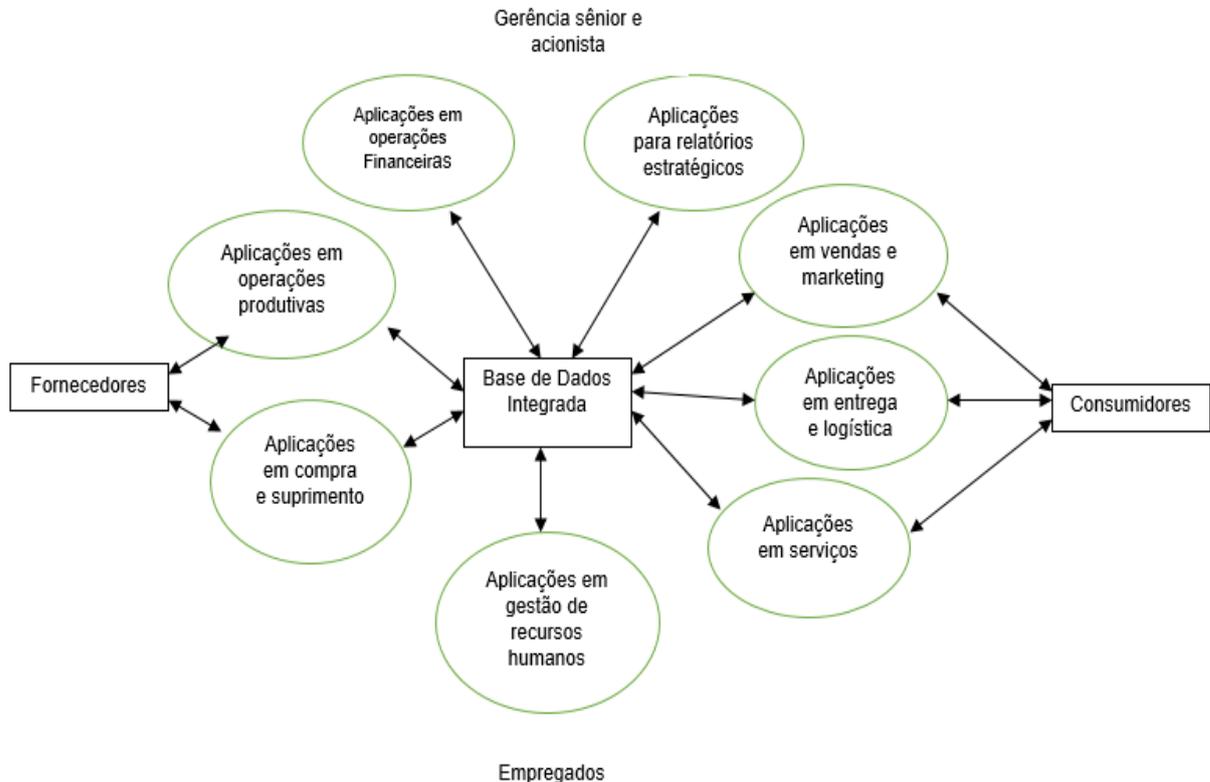
Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2002).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002) as empresas usam o sistema de MRP pois ele permite que elas calculem a quantidade de material que é necessário como também quando será preciso efetuar a próxima compra. Desse modo, o sistema de planejamento das necessidades de materiais analisa todos os componentes que são utilizados nos produtos, garantindo assim que todos estejam no momento da manufatura do produto solicitado.

2.22 ERP (*ENTERPRISE RESOURCE PLANNING*)

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002) o Sistema Integrado de Gestão, também conhecido como ERP, consiste em um sistema que permite toda uma análise de dados de todas as áreas de uma organização que estão integradas, possibilitando assim as tomadas das mais diferentes decisões sobre a empresa em análise. Conseqüentemente se espera que as decisões sejam refletidas nos sistemas dentro da organização, como no planejamento e controle de produção, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11 - ERP integra informação de todas as partes da organização.



Fonte: Adaptado de Slack, Chambers, Johnston (2002).

Para Slack, Chambers e Johnston (2002) o sistema integrado de gestão conta com uma grande ferramenta que ajuda no planejamento e controle, a qual pode ser caracterizado por apresentar meios de apoio a decisão, permitindo os integrantes do processo decisório sobre a produção, receber as mais recentes informações obtidas; ser um sistema que tem um servidor como banco de dados, assim permitindo que pessoas autorizadas possam ter acesso às informações sobre a empresa; e geralmente essa ferramenta está ligada aos sistemas externos, onde se interligam aos parceiros da cadeia de suprimentos da empresa.

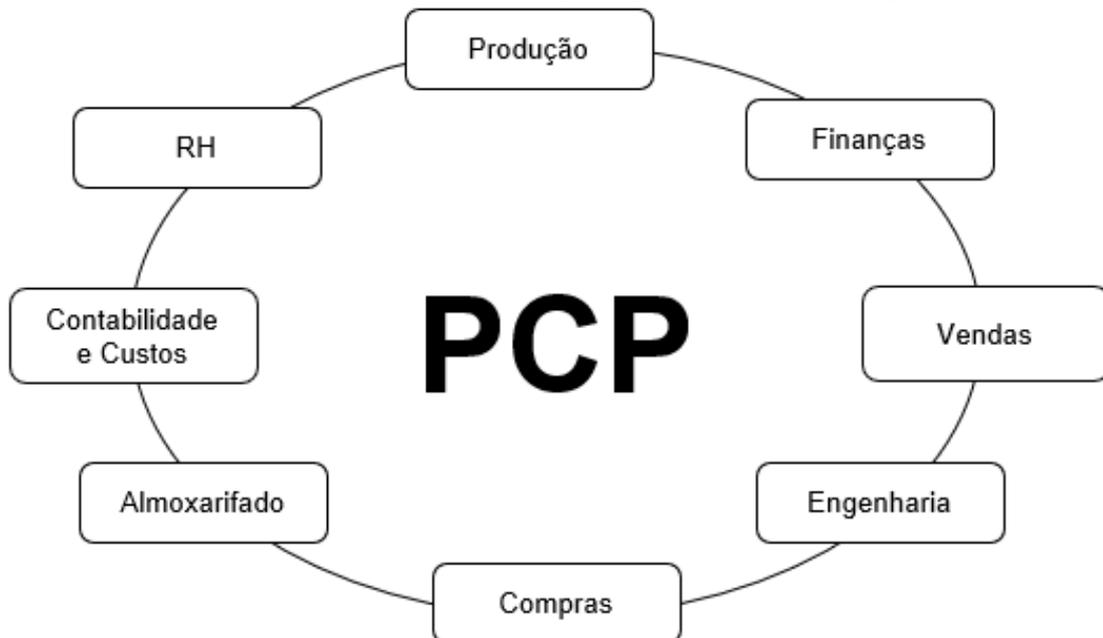
2.23 PCP (PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO)

De acordo com Contador (1998) PCP é um sistema que permite coordenar e controlar os sistemas produtivos de uma empresa, sendo desde o fornecedor até o cliente final, onde podem ser ressaltadas algumas características fundamentais como: aplicação da teoria dos sistemas; funções inter-relacionadas; gestão de todas os processos produtivos, como na aquisição de matéria prima, equipamentos, ferramentas e preparação das máquinas; e controle das atividades que são realizadas dentro dos setores envolvidos.

O planejamento das quantidades que são fabricadas é processado através das etapas de produção, gerando assim uma gestão eficiente dos recursos transformados e dos transformadores, sendo caracterizado por máquinas e mão-de-obra. Essas atividades geralmente são criadas e processadas pelos responsáveis do planejamento e controle da produção dentro de uma empresa (PEINADO; GRAEML, 2007).

Na Figura 12 pode-se observar a relação do planejamento e controle da produção dentro de uma organização que trabalha com diversos setores, no mesmo ritmo, reduzindo assim os índices de problemas no processo produtivo.

Figura 12 - Relação do planejamento e controle da produção dentro de uma organização.



Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007).

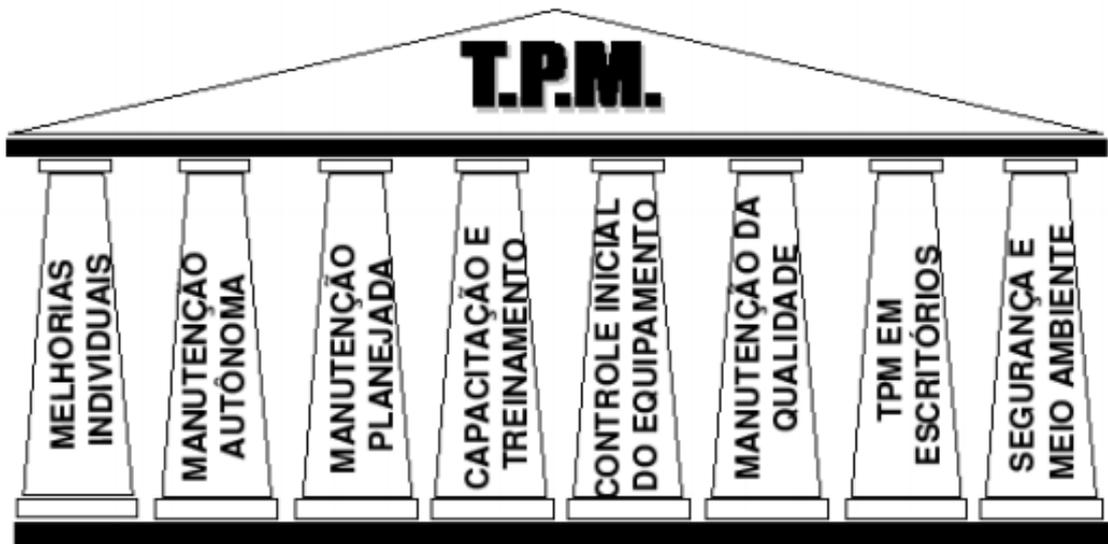
Segundo Lobo e Silva (2014) não existe um planejamento de produção inteiramente aplicado, pois tudo depende do local em que está sendo implantado o sistema, pois as estratégias de organização variam de uma empresa para outra, desde a emissão, movimentação e programação da produção, tal como a gestão de estoques e acompanhamento da produção e suas funções, onde é de extrema importância para o desenvolvimento das empresas.

2.24 TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE)

A TPM ou Manutenção Produtiva Total, são atividades de manutenção produtiva que contam com a participação de todos os funcionários de uma empresa (TAKAHASHI; OSADA, 1993).

Segundo Nascimento (2006) a TPM tem como metodologia melhorar o desempenho e a produtividade dos equipamentos produtivos das empresas, de modo a envolver todos os responsáveis, independentemente do nível hierárquico dentro da empresa, onde para isso são utilizados os 8 pilares da TPM como pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 - Os oito pilares da TPM.



Fonte: Adaptado de Nascimento (2006).

Segundo Kardec e Nascif (2009) a TPM pode ser considerada como um método de gestão, com foco na melhoria contínua dos processos, eliminando perdas, principalmente as que ocorrem durante o processo de manufatura de um item ou produto.

2.25 SET UP

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002) o *set up* pode ser definido como o tempo necessário para alterar o processo de um lote final da produção, ou para a produção da primeira peça de um próximo lote que será produzido.

Para Slack, Chambers e Johnston (2002) os tempos de mudanças e preparação podem ser reduzidos por vários meios, como por exemplo: eliminando o

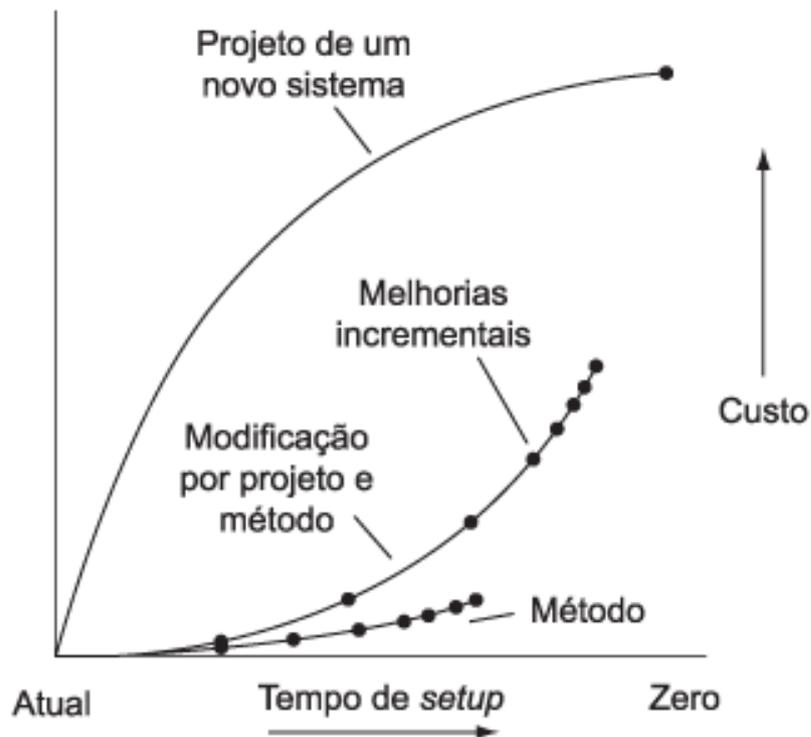
tempo necessário para procurar ferramentas e equipamentos, preparando atividades que atrasam as trocas sendo estas que não agregam valor no produto final.

Segundo Harmon e Peterson (1997) embora haja um número ilimitado de técnicas que contribuem para uma produtividade superior, um pequeno número delas merece atenção especial, as quais são: organização em pequenas fábricas; melhor aproveitamento do espaço, interno e externo; redução do tempo, custo e complexidade da preparação. Das três citadas, a redução do tempo de preparação de uma máquina pode tornar-se o meio mais fácil, barato e rápido que os fabricantes podem obter.

De acordo com Shingo (2000) podem ser descritos alguns pontos relevantes como a existência de itens parecidos, que fazem com que as peças e ferramentas utilizadas no processo podem ser iguais e permanecer constantes, não sendo necessário a troca na fabricação, ganhando assim em tempo de preparação da máquina. Outro ponto relevante é que, devido a ocorrência da antecipação de produção, o recomendado é unificar os lotes, reduzindo o número de trocas e aumentando assim quantidade de peças a serem produzidas. Por fim, recomenda-se trabalhar com projetos alinhados, eliminando a dependência da ação de fazer para depois acertar o item durante o processo, fazendo com que se perca um maior tempo em preparação e modificações de itens e componentes, os quais podem vir a acarretar no tempo de *set up* da máquina.

Para Mileham (1999) o tempo de *set up* é dividido em três partes estratégicas, sendo: “método”, “projeto e método” e “projeto” para que quando adotadas, consiga-se reduzir o tempo de preparação da máquina. Para um melhor entendimento, pode-se observar a Figura 14, que apresenta hipoteticamente a representação das etapas.

Figura 14 - Representação das etapas e tempo de *set up*.



Fonte: Shingo (2000).

Na Figura 14 pode ser observado que o “método” e o “projeto e método” apresentam um menor custo, e ainda atribuem para a redução de tempo do *set up*, não havendo a necessidade de altos investimentos para obter bons resultados (SHINGO, 2000).

Segundo Shingo (2000) a redução do tempo para alteração de um lote para outro visa operar com pequenos lotes sem perder a produtividade e a qualidade. Assim, é possível produzir diferentes tipos de itens no mesmo turno, reduzindo os custos que estão relacionados à preparação das máquinas.

2.26 CICLO KAIZEN

De acordo com Contador (1998) *Kaizen* é uma ferramenta que busca de forma metódica aplicações desenvolvíveis em processos, tendo como objetivo realizar os processos produtivos de outra maneira, através de pequenas alterações nos postos de trabalho e extrair os melhores resultados. Conseqüentemente, aumenta a qualidade dos produtos, como também sua produtividade, que se dá através da eliminação de sobrecargas de trabalho, de processos que não agregam valor e desperdícios com tempos e movimentos desnecessários. Na Figura 15 pode ser visualizada a esquematização do ciclo kaizen.

Figura 15 - Representação do ciclo *kaizen*.



Fonte: Adaptado de Contador (1998).

Segundo Costa JR (2008) o aprimoramento contínuo dos processos onde todos os envolvidos buscam identificar problemas dentro da empresa e trabalhar em melhorias, a fim de aplicá-las nos processos produtivos, métodos e procedimentos. O *kaizen* apresenta algumas características como: melhoramento contínuo dos processos, trabalho no melhoramento dos problemas existentes, trabalho com uma equipe engajada, desenvolvimento do senso de autodisciplina e investimento em boas ideias e capacitação dos colaboradores.

2.27 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

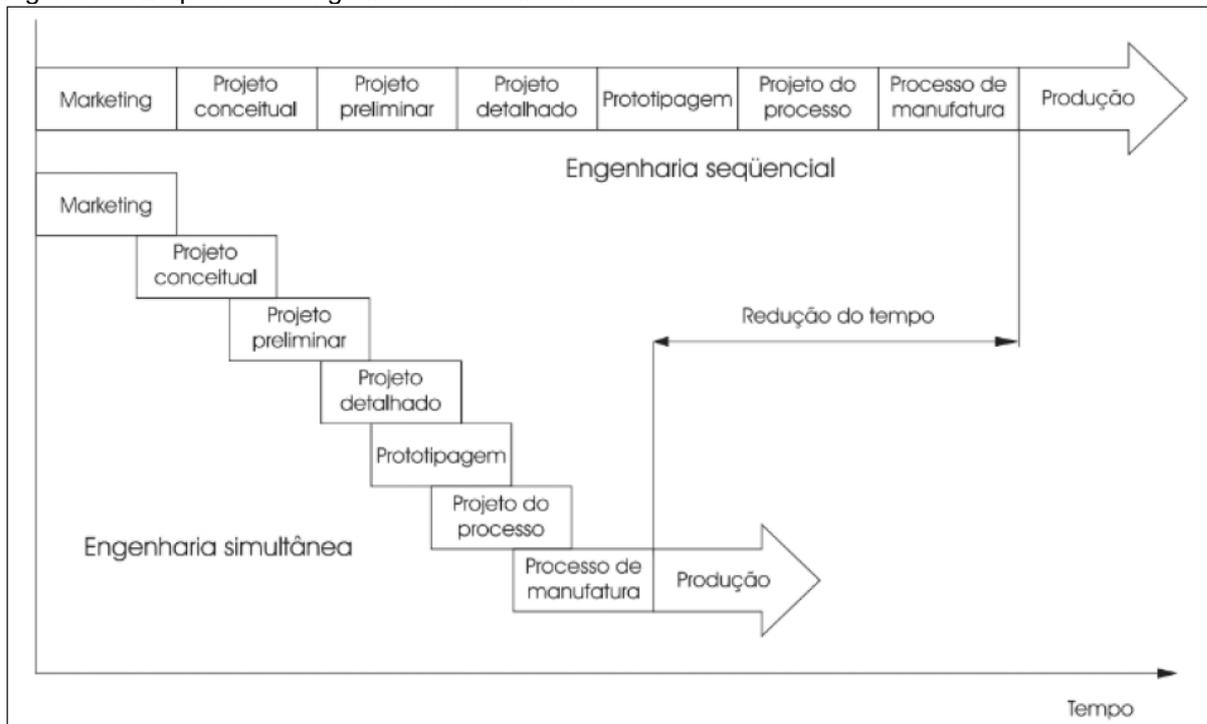
De acordo com Hartley (1998) engenharia simultânea, ou *Concurrent Engineering*, “parte de uma confiança no trabalho em equipe e na adoção de certas técnicas específicas, em resposta ao problema de melhorar os resultados da empresa”. Para isto, se faz essencial o enfoque de equipe e o uso de técnicas

disciplinadas, onde nenhum dos dois elementos apresentam ganhos potenciais sem a presença do outro.

A engenharia simultânea consiste em uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo do projeto de um produto e os processos relacionados, como também a manufatura e o suporte (PEDRINI, 2012).

Segundo Back *et al.* (2008) a engenharia simultânea possibilita o tratamento de restrições no projeto de manufatura, assim tornando um produto mais competitivo, com boas qualidades e aplicabilidades, além de reduzir o processo de manufatura do produto devido o envolvimento e abordagem, como pode ser observado na Figura 16.

Figura 16 - Esquema da engenharia simultânea.



Fonte: Back *et al.* (2008).

Para a realização de um projeto através da engenharia simultânea estão envolvidas as áreas de projeto do produto, fabricação, marketing, compras, finanças, e também os principais fornecedores de equipamentos de fabricação e de componentes, formando uma força-tarefa que trabalha em tempo integral (HARTLEY, 1998).

Na engenharia convencional as funções são executadas sequencialmente, já na engenharia simultânea, como o próprio nome diz, os trabalhos são realizados simultaneamente. A qualidade é um princípio importante, sendo introduzida no

projeto desde o começo, onde cada pessoa envolvida é responsável pela qualidade (HARTLEY, 1998).

Ainda citando Hartley (1998), a implantação da engenharia simultânea acontece através de uma liderança, que preferencialmente deve ser assumida por alguém da alta gerência da empresa, para que consiga dar impulso necessário nos projetos fazendo com que continuem fluindo de acordo com o planejado. Após a adoção dessa nova filosofia de trabalho, a mesma deve ser mantida e estimulada na empresa, onde a estrutura administrativa deve ser adequada ao novo método de trabalho.

3 METODOLOGIA

De acordo com Prodanov e Freitas (2013) a metodologia é uma técnica que consiste em estudar, avaliar e compreender os mais variados assuntos para a realização de um estudo. Assim sendo em um nível aplicado onde examina, descreve e avalia métodos que possibilitam a coleta e processamento de dados.

Segundo Gil (2002) o trabalho pode ser caracterizado como um projeto conceitual, pois é uma pesquisa que acontece com base na associação de uma proposta de melhoramento, a qual envolve de forma cooperativa e participativa os pesquisadores e participantes do projeto.

A metodologia de projeto procura sempre orientar e ajudar de forma eficaz na sistematização das informações de forma organizada, criativa e lógica, mesclando os conhecimentos técnicos e científicos adquiridos dentro das diversas áreas do conhecimento da engenharia (VALDIERO, 2008).

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

De acordo com Marconi e Lakatos (2003) os métodos e as técnicas aplicadas na pesquisa podem ser de acordo com a proposto do problema, onde dependerá de alguns fatores ligados à pesquisa. Na maioria dos casos não é utilizada somente uma metodologia ou técnica, mas sim se faz uso de todas as alternativas disponíveis e necessárias para que se obtenha um bom resultado.

O método de pesquisa adotado foi o estudo de caso, que de acordo com Yin (2010) é um meio de pesquisa que busca examinar o contexto de um fato, de modo a descrever e explicar diferentes situações.

Segundo Vergara (2016) o estudo de caso pode ser classificado de acordo com o tema de abordagem, podendo ocorrer variações na profundidade e detalhamento do assunto, como também os métodos de coletas dos dados. Assim, caracteriza-se o trabalho como um estudo de caso, pelo fato de haver uma necessidade em gerar um dispositivo no processo de manufatura, que virá suprir as demandas eliminando os problemas existentes na produção.

3.2 TIPO DE ABORDAGEM

Em relação ao método de abordagem, o presente estudo utilizou tanto a abordagem quantitativa quanto a abordagem qualitativa. A abordagem quantitativa,

que de acordo com Lovato (2013) se refere aos resultados oriundos de dados numéricos e análise estatística, foi utilizada para o levantamento de dados referente ao tempo de soldagem da peça analisada.

Já a abordagem qualitativa, segundo Lovato (2013) proporciona resultados descritivos. Essa análise foi utilizada para o levantamento de informações em relação ao processo de manufatura do item soldado analisado.

3.3 METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados através do uso da técnica de observação direta intensiva, entrevista e observação direta intensiva, observação.

Segundo Marconi e Lakatos (2012) a entrevista é uma conversação efetuada face a face, proporcionando ao entrevistador a informação necessária para a realização do estudo. Essa técnica foi utilizada durante a entrevista com o proprietário e com os funcionários da empresa em que o estudo foi desenvolvido para o levantamento de dados necessários para a identificação de um gargalo de produção.

Já a técnica observação direta intensiva, observação, de acordo com Marconi e Lakatos (2012) utiliza os sentidos no levantamento de determinados aspectos da realidade, não consistindo apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos e fenômenos que estão sendo estudados. Esta técnica foi utilizada para a obtenção de dados necessários à pesquisa sobre o processo atual de manufatura do item soldado analisado.

Para uma melhor análise ainda foi observado o processo e levantado informações sobre as operações, sendo elas:

- preparação: antes de iniciar o trabalho, o operador efetua a preparação dos equipamentos que serão necessários para a execução da tarefa de acordo com a ordem de produção que é fornecida pelo programador de PCP, como pode ser observado no Anexo B;
- separação de peças: os materiais vêm de acordo com o pedido descrito na ordem de produção. Atualmente a empresa não conta com estoque para esse material devido à baixa saída, então o material chega em container e após sofrer o processo de soldagem é depositado na mesma embalagem, onde segue para a próxima operação de acordo com os processos apresentados no Anexo B;

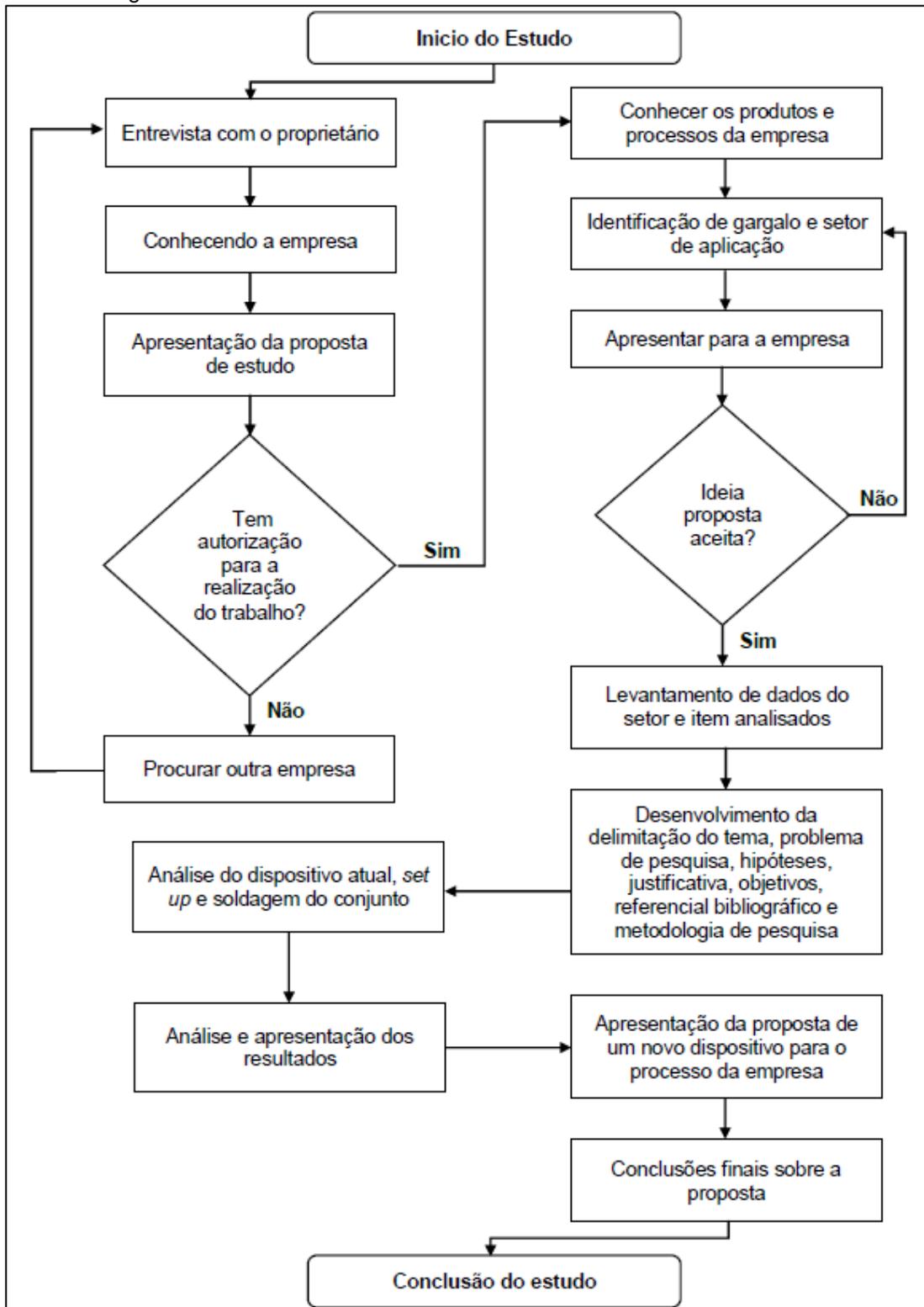
- posicionamento das peças: as peças são posicionadas de forma manual, de acordo com o desenho detalhado do produto, que pode ser observado no Anexo C, o qual é fornecido juntamente com a ordem de produção que está demonstrada no Anexo B;
- soldagem: a atividade realizada inicia no momento em que o operador faz o ponteamto, ou seja, a montagem do conjunto e posteriormente o mesmo executa a solda em torno do eixo. As especificações da solda e as dimensões estão disponíveis no Anexo C;
- destinação: concluindo o processo de soldagem, e o armazenamento na embalagem, o produto segue para o próximo processo destinado, onde é realizada a usinagem da peça, de acordo com o sequenciamento de operações observados no Anexo B.

Assim o presente trabalho pode ser caracterizado como um projeto proposicional, pois está diretamente ligado com o processo analisado, por permitir o pesquisador apresentar melhorias na manufatura do produto.

3.4 FLUXO DAS ATIVIDADES

Para uma melhor compreensão das atividades e coletas de dados desenvolvidas no presente estudo elaborou-se um esquema o qual é apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Fluxograma das atividades.



Fonte: Autor (2020).

O fluxograma das atividades apresenta como ocorreu o desenvolvimento do estudo, desde a escolha da empresa até a apresentação do proposto projeto, tornando de fácil entendimento as etapas ocorridas no processo.

Na primeira etapa foi realizada a escolha de uma empresa que possibilitasse a realização do trabalho, estando a mesma ciente em relação à disponibilização de informações relevantes para o desenvolvimento do estudo e alcance dos objetivos.

Com a aprovação da empresa em relação à disponibilidade em deixar efetuar o estudo, a próxima etapa foi de conhecer a empresa e os processos. Com as trocas de informações com os gestores, foi possível conhecer as transformações pela qual a empresa passou ao longo dos anos, bem como ramo de atuação, serviços, produtos e previsões futuras de acordo com o planejamento estratégico da empresa.

Com a etapa anterior finalizada, foi possível dar sequência na próxima etapa, a qual constitui-se na análise de todos os dados coletados, conseguindo assim a observação de alguns pontos pendentes, tais como, os gargalos de produção, possíveis implantações de melhorias para o processo da empresa, agregando assim valor aos seus produtos.

A análise do processo anterior abriu oportunidade para uma proposta de dispositivo no processo de manufatura de um item soldado, de acordo com as dificuldades que são encontradas na sua atual maneira de execução.

Para a realização da proposta do dispositivo foi necessária a avaliação de algumas situações, tais como: o processo produtivo e a demanda atual, além da maneira em que o operador vem executando a atividade. Com essas definições foi possível estabelecer o tema, delimitações, problemas de pesquisa, hipóteses, justificativas, os objetivos e referencial bibliográfico, gerando um melhor embasamento dos pontos tratados, conforme já mencionados.

Com o embasamento já definido, iniciou-se o desenvolvimento da proposta de estudo, que está apresentada a partir do item 4.2, o qual traz todas as análises extraídas, como a proposta do novo dispositivo para a área de soldagem.

Nas conclusões, analisou-se que os objetivos propostos foram alcançados, o ganho da empresa com essa proposta também, além de ser de alta relevância para a formação acadêmica profissional, ainda permitindo a melhoria contínua da empresa.

3.5 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os materiais utilizados para a realização deste trabalho, como também materiais de auxílio e equipamentos foram:

- o uso de um *smartphone* para a realização da filmagem, fotografias e a cronometragem do tempo;
- o uso de um *notebook* com os *softwares* de *SolidWorks* e *Excel* para desenvolvimento e análises necessárias.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos através do estudo.

4.1 HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa SR Máquinas, que está inserida no mercado à 20 anos, foi criada em março do ano de 2000, pelo fundador Arlindo Theo Stamm, iniciando suas atividades como prestadora de serviços de manutenções, recondicionamento e instalações de máquinas industriais.

No ano de 2004 com visão promissora dos negócios, foram então adquiridas algumas máquinas operatrizes, sendo dois tornos e uma máquina fresadora, todos convencionais. A partir desse momento iniciou-se a prestação de serviços de usinagem. A prestação de serviços nessa área iniciou base no conhecimento e experiência que seu Arlindo havia adquirido durante sua carreira profissional, e aos poucos foi conquistando seu espaço no mercado prestador de serviços.

No ano de 2009, com a ausência do proprietário fundador, a empresa passa a ser gerenciada pelos seus dois filhos, agora como sócios proprietários, os quais alteram o nome da empresa para M.R. Stamm & Cia Ltda, deixando como nome fantasia SR Máquinas para não perderem suas origens.

Na mesma época, devido as alterações e a visão da empresa em atender a demanda de mercado e a ampliação de seus negócios, passa a mudar sua estruturação, como também seu foco de prestação de serviços, permanecendo no ramo metal mecânico. A empresa passou a focar na prestação de serviços de peças usinadas em série ou especiais, além de dispositivos e equipamentos para os mais diversos seguimentos, passando a atuar também na prestação do atendimento de não conformidades de clientes.

Atualmente a empresa está situada na Rua Piratini nº 470 da cidade de Horizontina - RS, abrangendo uma área fabril de aproximadamente 800 metros quadrados. O prédio atualmente é alugado, mas a empresa está trabalhando em um projeto de construção do prédio próprio em uma área industrial da cidade. Consta com um quadro de aproximadamente trinta funcionários, além dos proprietários. A Figura 18 apresenta a imagem frontal da empresa.

Figura 18 - Vista externa da empresa SR Máquinas.



Fonte: Autor (2020).

Os proprietários não fazem grandes investimentos em *marketing* para a empresa, pois afirmam que a estratégia é investir em ferramentas e tecnologia para os processos, pois investindo no prédio não resultaria em ganhos para a empresa, em função de o prédio ser alugado e eles estarem trabalhando em uma nova planta fabril.

Já na Figura 19 é apresentada a parte interna da empresa, especificamente onde fica o setor de usinagem, que é equipado com as máquinas CNC (*Computer Numeric Control*), onde neste setor acontecem as maiores transformações nos produtos.

Figura 19 - Foto da área interna da empresa.



Fonte: Autor (2020).

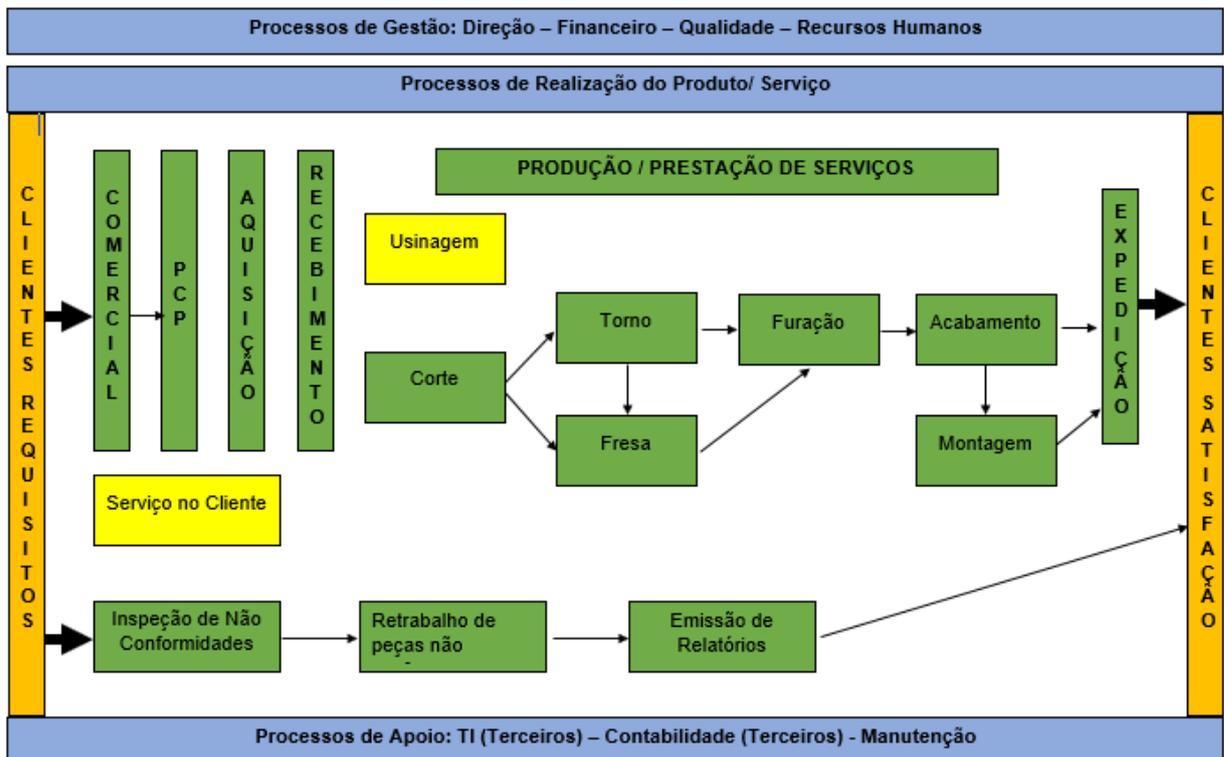
Na figura 19 é possível observar o setor de usinagem CNC, apresentando o *layout* de distribuição das máquinas. Pode-se entender que as máquinas foram distribuídas de acordo com as condições de acomodação do prédio, com o intuito de atender o melhor fluxo de produção, facilitando a cooperação e produtividade do processo.

No organograma apresentado no apêndice A é possível observar como a empresa está estruturada em relação aos seus processos. Dentro da divisão dos setores, é possível notar que a direção da empresa está no topo da estrutura por apresentar o maior poder de decisão que os outros setores, sequencialmente vem a qualidade cuidando dos serviços e produtos. Já os setores administrativo, financeiro, comercial, industrial e de serviço ao cliente estão divididos em classes de forma que venha a proporcionar um melhor atendimento as demandas dos produtos.

Os processos de produção da fábrica que ocorrem frequentemente são a usinagem CNC, o desenvolvimento de dispositivos (ferramentaria), e a prestação de serviços de não conformidades de terceiros.

Na Figura 20 pode ser observado o fluxograma do processo produtivo que ocorre atualmente na empresa. Esse processamento é descrito e definido pela própria empresa, por apresentar uma melhor divisão do processo fabril, de modo que atendam da melhor forma a demanda produtiva da empresa.

Figura 20 - Fluxograma do processo produtivo.



Fonte: Adaptado pelo autor (2020).

Na Figura 20 é possível observar como estão divididos os processos e suas estruturas, e principalmente entender o fluxo de um produto desde o início do pedido de um cliente até a entrega do produto final. O processo de soldagem não é apresentado no fluxograma do processo produtivo da empresa, pois somente é realizada em casos especiais e itens específicos.

4.2 ANÁLISE DO PROCESSO ATUAL

É importante ressaltar a verificação dos tempos de processo durante a soldagem do eixo, onde para a execução dessa soldagem é utilizado um aparelho de solda da marca ESAB (*Smashweld 318*), que está apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Máquina de Solda ESAB (*Smashweld 318*).



Fonte: Autor (2020).

A máquina apresentada na Figura 21 é utilizada somente quando há a necessidade de soldagem em algum conjunto ou produto. Para a realização deste trabalho, foram coletados os tempos de *set up* de máquina e de troca do produto, *set up* total, ou seja, desde o momento em que o eixo é posicionado no dispositivo atual juntamente com a flange, até a montagem de ambos através do processo de soldagem. Para a mensuração do tempo foi considerado um lote de 10 peças.

Na Figura 22 é possível visualizar o dispositivo que é utilizado para executar a soldagem do eixo e flange, dispositivo este que servia como posicionador para a flange limitadora do conjunto.

Figura 22 - Dispositivo utilizado atualmente no processo de soldagem.



Fonte: Autor (2020).

Como observado na Figura 22 nota-se que o dispositivo utilizado até o momento não apresenta nenhuma forma de regulagem de altura e grau, possibilitando a execução da solda somente na vertical.

Na Figura 23 é possível visualizar como o eixo é alocado no dispositivo, entendendo o seu princípio, servindo para posicionar a flange limitadora do conjunto, permitindo a soldagem em seu entorno.

Figura 23 - Dispositivo com peça posicionada para soldagem.



Fonte: Autor (2020).

Através da Figura 23 pode-se visualizar o posicionamento da flange no eixo e como é aplicada a solda em seu entorno, assim unificando ambos e gerando o conjunto soldado.

Os tempos utilizados nas análises foram coletados pelo acadêmico através da cronometragem e filmagem durante o acompanhamento do processo, o qual vinha sendo a melhor alternativa até o momento, por apresentar baixo investimento em dispositivos, equipamentos e ferramentas. Esses tempos estão apresentados na Tabela 1.

Para a produção do item localiza-se o dispositivo no local de armazenagem específico, e então o mesmo é direcionado para a bancada onde é realizada a soldagem. O processo de localização e posicionamento leva em torno de 2,37 minutos, podendo variar de acordo com a agilidade do operador.

Conseqüentemente é necessário efetuar a movimentação e aproximação das peças que vão ser soldadas, como também das embalagens de armazenamento que as peças são destinadas após a solda. Para a realização desses passos são calculados aproximadamente 11,17 minutos, como pode ser observado na Figura 26, sendo que esse tempo pode apresentar grandes variações de acordo com a logística interna da empresa.

Com as peças e dispositivo posicionado o operador efetua a vestimenta dos EPI'S (equipamentos de proteção individual) necessários, para que possa dar sequência no processo de soldagem. Essa preparação do operador leva em torno de 3,54 minutos, variando de acordo com o operador. Esse processo pode ser observado na Figura 24.

Figura 24 - Preparação do operador.



Fonte: Autor (2020).

Para iniciar a soldagem do conjunto, primeiramente o operador necessita efetuar a regulagem do aparelho de solda. Esse processo exige experiências e habilidades do operador, pois primeiramente ele faz a abertura e regulagem da quantidade de gás (Argônio, Hélio, Dióxido de Carbono) ou mistura de ambos, sendo um importante componente na soldagem do processo MIG/MAG que o aparelho utiliza.

A Figura 25 apresenta o operador efetuando a abertura do gás de solda, o qual é um agente importante na fusão dos metais, gerando assim a soldagem dos materiais.

Figura 25 - Abertura do gás de solda.



Fonte: Autor (2020).

Juntamente com o processo de abertura e regulagem do gás utilizado na solda o operador faz a regulagem da voltagem (Amperes) e velocidade de liberação de arame que será aplicado no conjunto, como pode ser observado na Figura 26. Esse processo varia de acordo com a prática que o operador tem em solda, mas no processo mensurado, o operador levou 1,19 minutos para efetuar a regulagem deixando adequada para a execução da atividade.

Figura 26 - Regulagem do aparelho de solda.

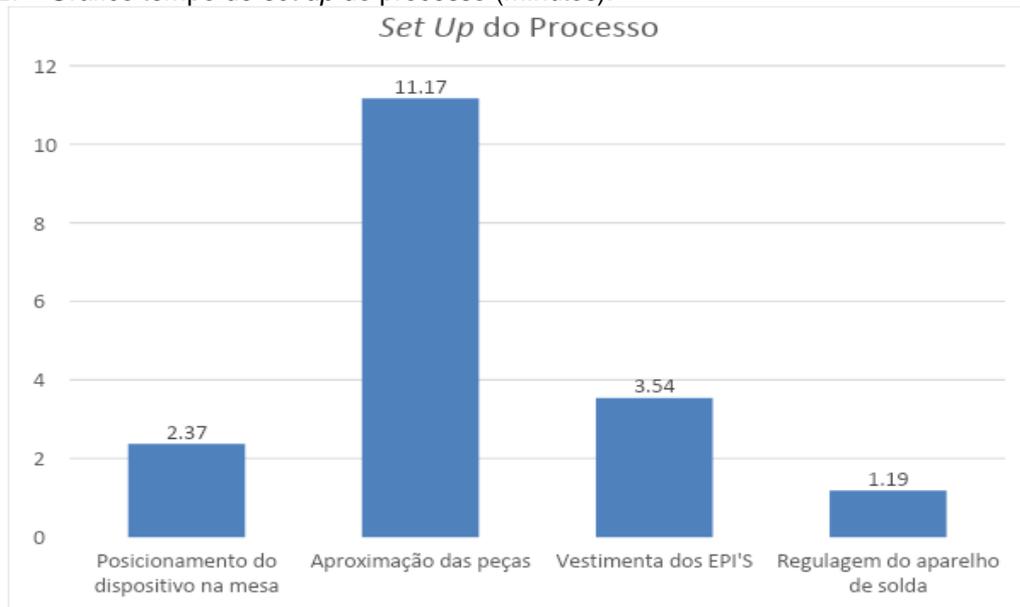


Fonte: Autor (2020).

Como observado na Figura 26 é perceptível a importância da regulagem do aparelho de solda, devidamente por ele ser o responsável pela liberação do material de adição (arame) e também pela penetração de fusão que vai ocorrer entre o conjunto soldado.

Na Figura 27 é possível observar o gráfico representativo dos tempos de *set up* levantados durante todo o processo, partindo desde o posicionamento do dispositivo sobre a mesa, aproximação das peças, vestimentas dos EPI'S e regulagem do aparelho de solda.

Figura 27 - Gráfico tempo de *set up* do processo (minutos).



Fonte: Autor (2020).

Após a conclusão dos processos anteriores o operador inicia o processo de soldagem. Nesse momento ele pega o material, posiciona no dispositivo, faz o ponteamto, processo que pode ser observado na Figura 28. Posteriormente é iniciado o processo da soldagem circunferencial em torno da peça, unificando a flange com o tarugo metálico.

Figura 28 - Ponteamto do conjunto.



Fonte: Autor (2020).

Como já apresentado na Figura 28 é possível observar que antes de efetuar a solda entorno do eixo, o operador executa pequenos pontos de solda entorno do eixo, fixando-o com a flange. Após a execução desse primeiro passo, o soldador executa a solda no contorno do eixo, fundindo-o com a flange.

Para esse processo foram acompanhados e analisados 10 conjuntos e seus tempos de soldagem mensurados, para que fosse possível um melhor entendimento, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Tempo de soldagem.

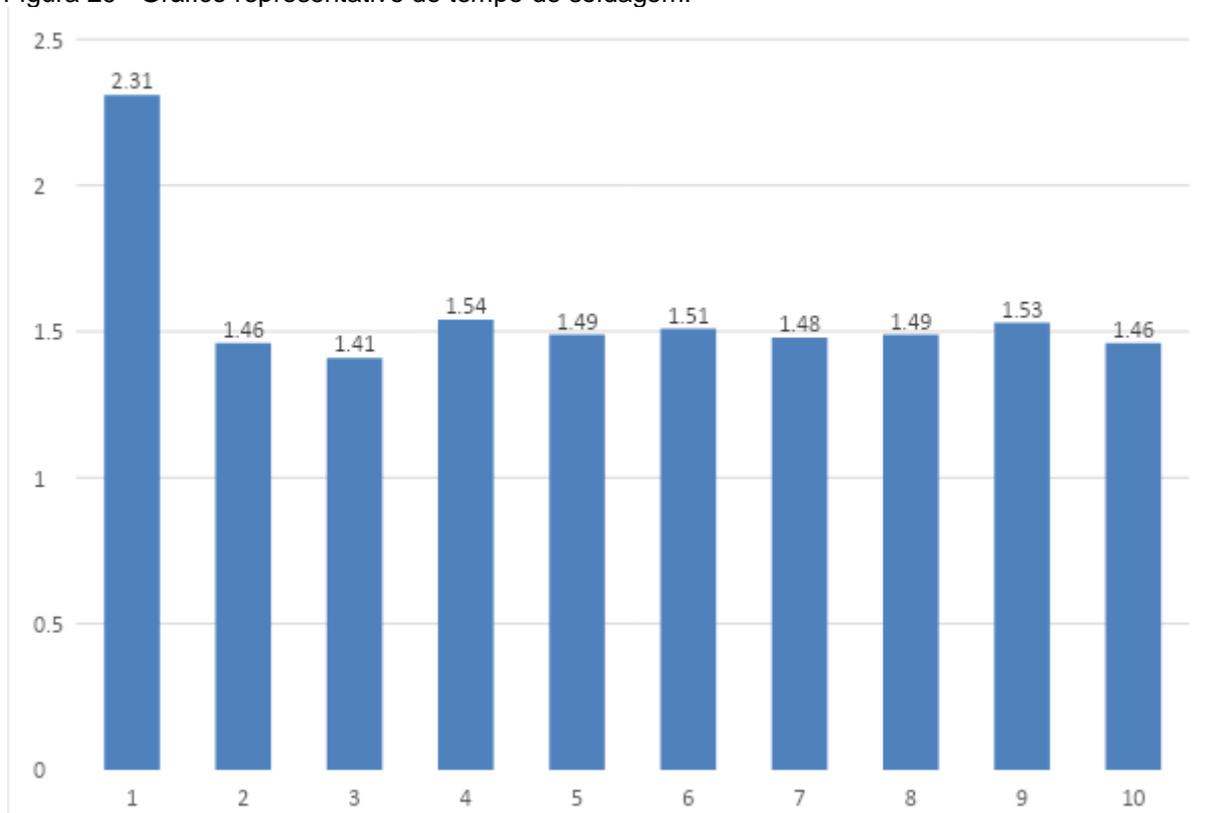
Medição em um lote de 10 unidades	
Quantidade	Tempo (minutos)
1	2,31
2	1,46
3	1,41
4	1,54
5	1,49
6	1,51
7	1,48
8	1,49
9	1,53
10	1,46
TOTAL	16,08

Fonte: Autor (2020).

Na Tabela 1 pode-se observar que o tempo necessário para a execução da soldagem de 10 itens, após a regulagem e preparação do operador, é de aproximadamente 16,08 minutos, ocorrendo oscilações estimadas dentro do processo, não apresentando problemas e avarias, como o grande tempo de uma peça para outra.

Conforme o levantamento do tempo mensurado para o lote de 10 peças, consegue-se entender a variação que ocorre de uma para a outra em cada peça analisada, gerando assim o tempo total de produção, que é apresentado na Figura 29.

Figura 29 - Gráfico representativo do tempo de soldagem.



Fonte: Autor (2020).

Conforme observado na Figura 29, nota-se que levou um tempo total de 16,08 minutos para execução da soldagem de 10 unidades, ocasionando uma média de 1,53 minutos por peça.

A soldagem do conjunto pode ser visualizada na Figura 30, onde observa-se o operador executando a solda entorno do eixo. Esse processo ocorre após o ponteamto entre o eixo e a flange.

Figura 30 - Soldagem do conjunto



Fonte: Autor (2020).

Como observado na Figura 30, o operador executa uma soldagem circunferencial no conjunto, exigindo grande habilidade do mesmo. Durante o acompanhamento pode-se observar que o operador executa a soldagem em duas etapas, onde primeiramente ele solda metade da circunferência, então gira o dispositivo manualmente e finaliza soldando o restante da circunferência.

É possível observar, como também foi relatado pelo operador o desgaste ergonômico que ocorre na região dos ombros devido a grande movimentação manual do item soldado. Além disso, também há um desconforto na região lombar, em função da repetitividade do processo entre pegar o item da embalagem de movimentação e posicioná-lo sobre a mesa, considerando grandes lotes de produção.

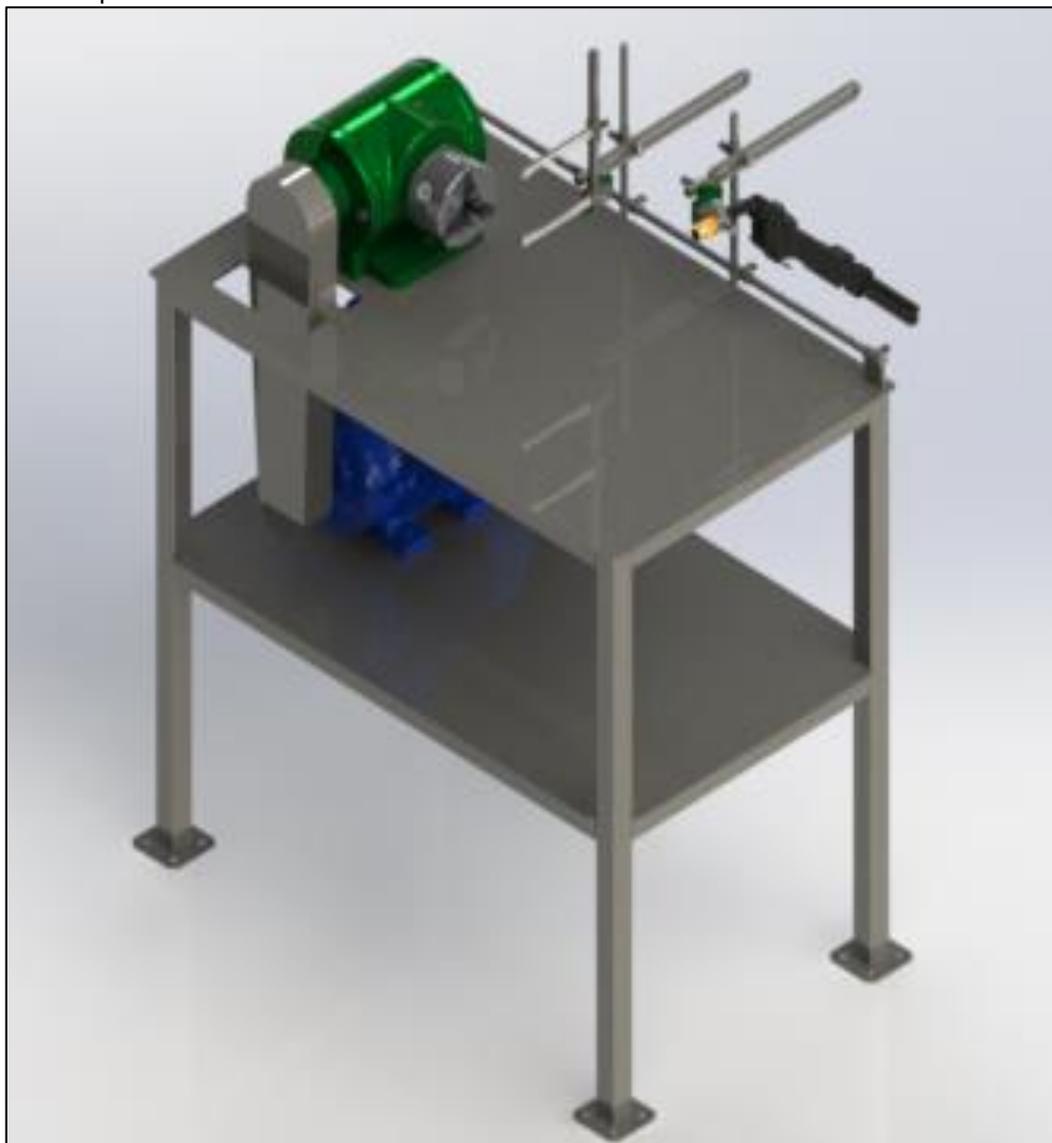
4.3 PROJETO DO DISPOSITIVO

O desenvolvimento de uma proposta de dispositivo foi realizado através do *software SolidWorks*, onde foi possível desenvolver um desenho técnico, que pode ser observado no Apêndice B. Essa proposta teve como base as análises que foram realizadas na empresa, apresentando uma solda mais simétrica e uniformizada. Além disso, traz benefícios ao operador melhorando ergonomicamente sua postura durante a execução da tarefa, também é possível conseguir um menor tempo de *set up* de produção, tornando o processo mais rentável que o atual.

Para a proposta de melhoria do processo na empresa em estudo o dispositivo e os componentes necessários para sua montagem foram projetados. O projeto foi desenvolvido para possibilitar o operador soldar em diferentes ângulos, sendo de 0° (graus) a 90° (graus), promovendo assim uma melhoria na ergonomia para o mesmo, além de fornecer uma maior praticidade na soldagem, tornando um processo mais eficaz.

A Figura 31 traz a proposta de dispositivo, o qual após aprovado e aplicado no processo produtivo, tende a trazer ótimos resultados para a empresa.

Figura 31 - Dispositivo de solda.



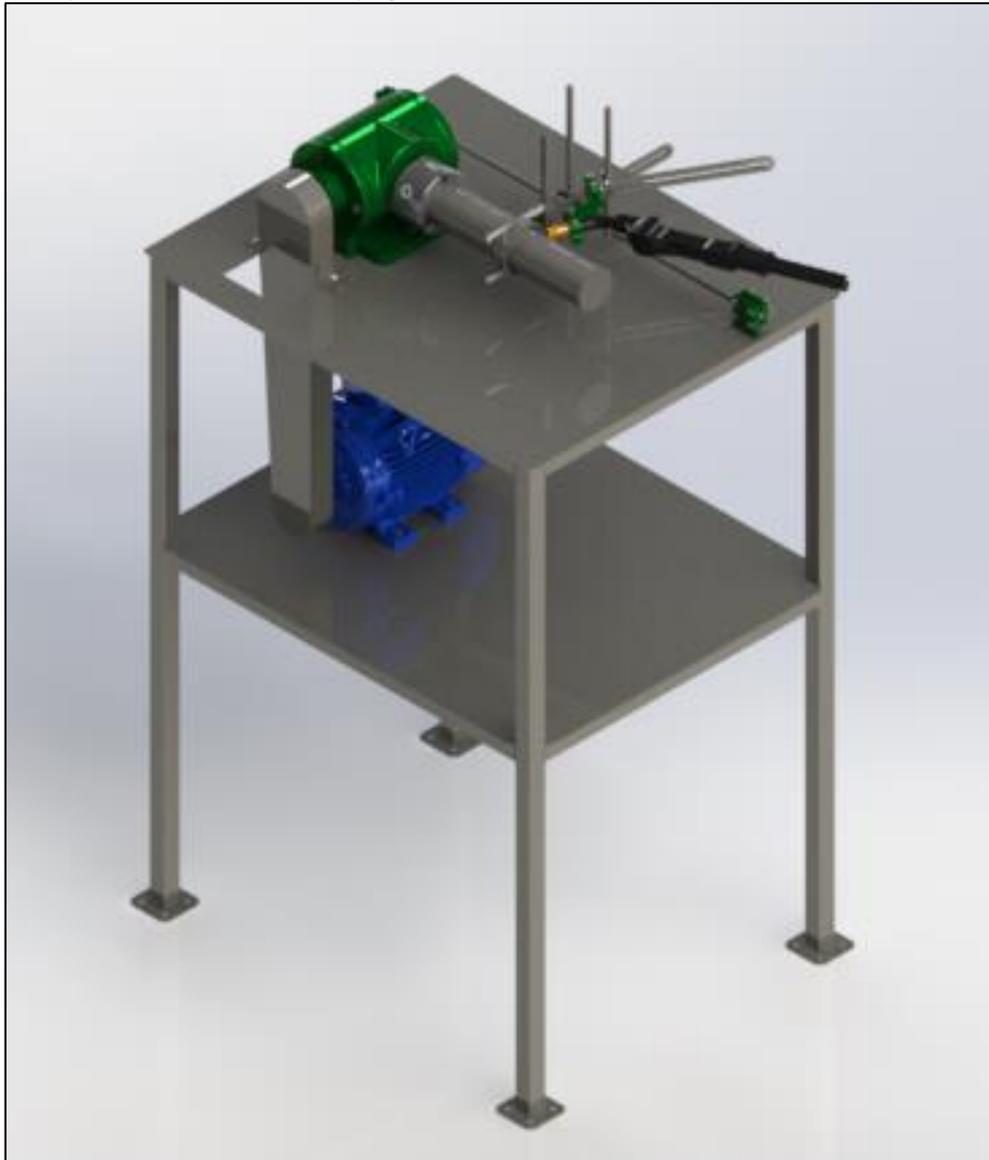
Fonte: Autor (2020).

A Figura 31 consiste em uma imagem representativa do dispositivo a qual busca apresentar uma ilustração mais próxima da realidade, tornando o entendimento de seu funcionamento mais fácil.

Para chegar nessa definição de dispositivo foi levado em conta o processo atual, ou seja, o entendimento de como o processo é executado atualmente. Ouviu-se o operador e os responsáveis da empresa, para que então fosse possível apresentar essa proposta de dispositivo como pode-se observar na Figura 31.

Buscando uma melhor representação de como a peça ficaria posicionada no dispositivo, foi gerada a Figura 32, sendo uma representação do dispositivo com o eixo em uma das posições que pode ocorrer a execução da soldagem.

Figura 32 - Dispositivo de solda com a peça em análise.



Fonte: Autor (2020).

A Figura 32 apresenta a proposta de dispositivo trabalhando em 0° , ou seja, a peça fica em paralelo com a base da mesa.

Já na Figura 33 é possível visualizar como seria o posicionamento de trabalho com a regulagem do dispositivo em uma inclinação de 45° de trabalho em relação à base da mesa, permitindo assim uma melhor ergonomia física para o operador durante o processo de soldagem.

Figura 33 - Dispositivo de solda com ângulo de trabalho em 45°.

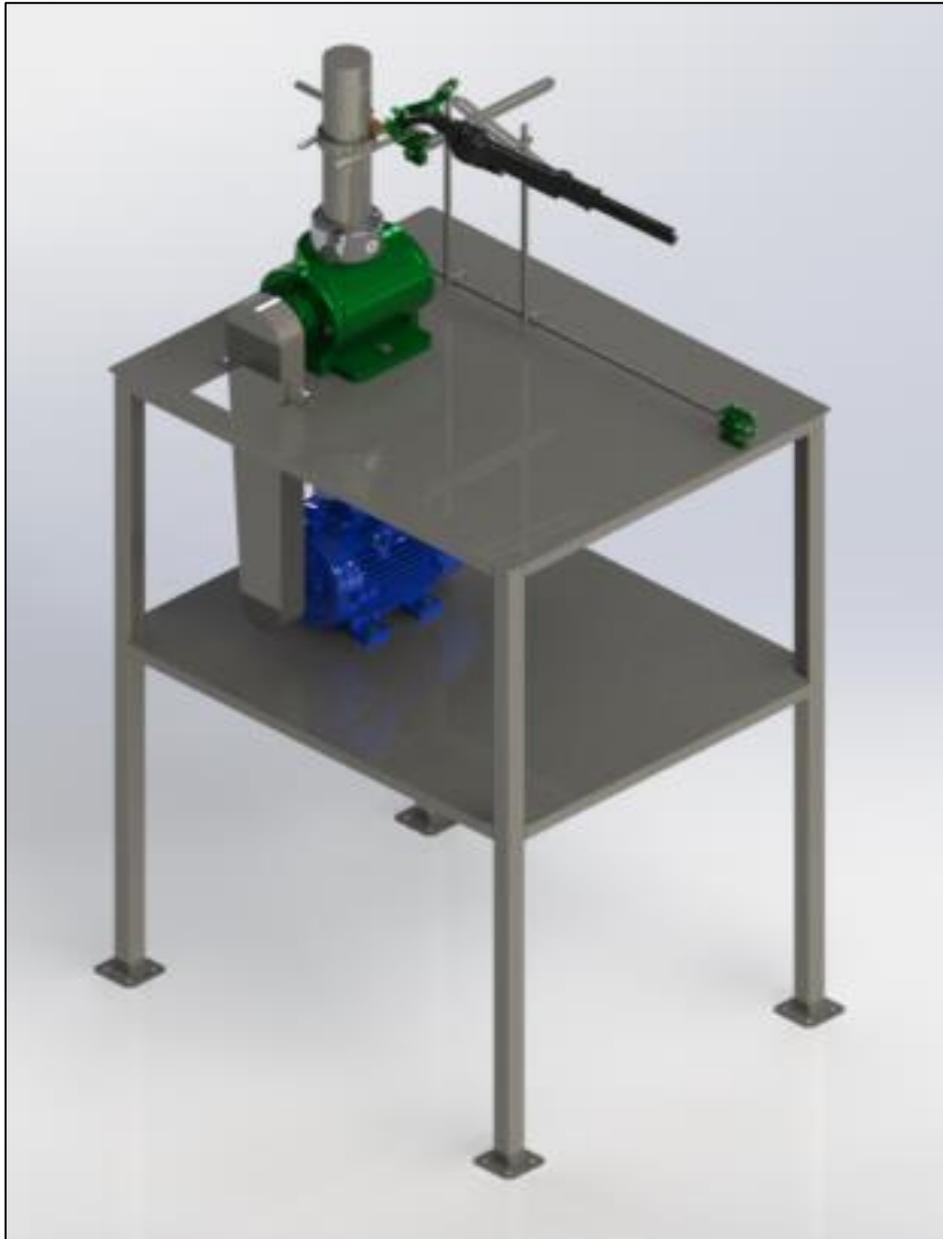


Fonte: Autor (2020).

A angulação do dispositivo em relação à base da mesa fica a caráter de definição pelo operador que está realizando a atividade.

Para enfatizar ainda mais os posicionamentos que o dispositivo permite, pode ser observada a Figura 34, que apresenta o dispositivo em uma posição de trabalho de 90° em relação a base da mesa.

Figura 34 - Dispositivo de solda com ângulo de trabalho de 90°.



Fonte: Autor (2020).

Como pode ser visualizado na Figura 34, que apresenta o dispositivo de solda com o item em estudo em uma angulação de trabalho de 90°, a qual pode ser ajustada de acordo com o operador, podendo ser de 0° até 90° a angulação de trabalho do dispositivo em relação a base da mesa. Essa regulagem permite que o soldador ajuste a altura de acordo com a sua necessidade e como se sente mais ergonomicamente confortável.

4.3.1 Orçamento para fabricação do dispositivo

Para a proposta de implantação do dispositivo, foi realizado um levantamento aproximado dos custos que estariam relacionado com os materiais e operações e mão de obra, para a manufatura do dispositivo, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Custos para a fabricação da bancada.

Materiais para a bancada de solda	
Materiais	Custo
Tubo quadrado/redondo	R\$ 360,00
Chapas metálicas	R\$ 210,00
Peças usinadas	R\$ 180,00
Mão de obra (montagem, solda, pintura)	R\$ 400,00
Motor elétrico	R\$ 500,00
Divisor universal	R\$ 700,00
Instalações e materiais elétricos	R\$ 1200,00
Total	R\$ 3550,00

Fonte: Autor (2020).

O custo de fabricação do dispositivo foi orçado aproximadamente em R\$ 3.550,00. Nos custos apresentados estão inseridos os gastos que a empresa teria com a confecção do dispositivo proposto, sendo desde a compra de pequenos itens como matérias eletrônicos até matérias maiores, como as chapas metálicas, tubos, motor elétrico e o divisor universal.

4.4 CORRELAÇÕES E PERSPECTIVAS

Após a realização das análises dos dados levantados com relação ao processo que a empresa vem utilizando, foi apresentado uma possível solução para os problemas observados no decorrer do trabalho.

O processamento do eixo soldado é o ponto em destaque na análise e foi avaliado para a percepção dos gargalos de solda, os quais vinham dificultando o processamento, tornando o processo mais lento e menos produtivo. Ainda sobre o processo antigo, pode-se ressaltar que há uma certa dependência pelo operador, devidamente pela empresa não contar com gabaritos práticos, de uso simples e aplicação no processo.

No momento de aplicação da proposta do dispositivo no processo de solda da empresa, estima-se que haverá ganho ao longo dos lotes produzidos, por ser possível tornar o processo mais ágil e ergonômico para o operador que executa a atividade.

Além do dispositivo eliminar a dependência pelo operador e tornar um processo mais ergonômico, eliminando a fadiga do operador em grandes lotes, o que tornará um processo balanceado, permitindo manter o mesmo ritmo de produção. Também vai permitir uma solda mais simétrica, ou seja, visualmente com um melhor acabamento do que o método utilizado pela empresa.

Ainda como pontos positivos para o processo estudado correlacionando com a troca do dispositivo, tem-se a possibilidade que a empresa consiga produzir um maior número de peças mensal devido a praticidade que o dispositivo apresenta em seu uso.

Para a confecção do dispositivo não são utilizados peças e componentes de grande complexidade, o que não torna uma proposta difícil de ser aplicável. Grande parte dos gastos levantados para a fabricação desse dispositivo, como mão de obra e materiais, são abatidos pela própria empresa, pois é possível fazer internamente.

CONCLUSÃO

Atualmente o ramo metal mecânico vem passando por momentos turbulentos e incertos, o que acaba afetando a estabilidade e produtividade das empresas. Assim, a empresa em análise acaba sendo prejudicada diretamente no seu desenvolvimento e processos, em função de possuir uma baixa no número de clientes ou até mesmo na demanda produtiva. O ponto positivo na análise é que a empresa é fortemente competitiva como prestadora de serviço no setor de usinagem devido sua agilidade nos serviços prestados.

Através dos investimentos contínuos em processos e ferramentas, além dos treinamentos com os funcionários, a empresa SR Máquinas tem como objetivo ter a melhor qualidade na execução de seus serviços através de profissionais qualificados e capacitados para realizar as atividades com o máximo de desempenho e rapidez.

Em relação ao problema de pesquisa, pode-se dizer que de acordo com os dados levantados e analisados, entende-se que com a implantação de um novo dispositivo no processo de soldagem, a empresa vai obter benefícios de acordo com as melhorias que o processo venha a apresentar.

Em questão da hipótese pode se dizer que o processo após receber um novo dispositivo na parte de manufatura do item vai apresentar um menor tempo de produção, aumentando a produtividade do item e a qualidade estética da solda, além de eliminar processos que não agregam valor.

O presente trabalho teve como objetivo geral a proposta de implantação de um dispositivo que será utilizado no processo de soldagem de um item, reduzindo assim o tempo de *set up* do processo, extraindo o máximo de produtividade.

Em relação aos objetivos específicos elencados, onde o primeiro foi efetuar a análise dos processos e suas restrições, com a ideia de identificar um possível gargalo de produção, que vinha impactando na produtividade dos produtos, foi atingido conforme pode ser observado no item 4.2 do trabalho, que apresenta uma análise do processo atual.

O segundo objetivo específico que foi definir e projetar o dispositivo, para que atendesse a demanda de produção, fazendo com que a empresa tenha um ganho em produtividade e principalmente em qualidade, padronizando os produtos manufaturados, foi atingido de acordo com o item 4.3 que apresenta a descrição do projeto do dispositivo proposto.

O terceiro objetivo específico foi verificar os recursos de fabricação necessários e a viabilidade de investimento em um novo dispositivo, analisando se realmente com a implantação da proposta de dispositivo o processo apresentaria retorno significativo para a empresa, esse objetivo foi atingido como pode ser visualizado no item 4.3.1 que apresenta o orçamento de fabricação do dispositivo proposto.

Já o quarto e último objetivo específico foi a realização da estimativa de ganhos e comprovação de viabilidade considerando o cenário atual e a possibilidade futura de fabricação de um dispositivo de apoio a manufatura pelo processo de soldagem, o qual foi atingido como pode ser visualizado no item 4.4, que apresenta a comparação do processo atual com a proposta de implantação do dispositivo, analisando possíveis ganhos.

Diante disso, entende-se que o presente trabalho atingiu todos os objetivos específicos estimados, principalmente na qualidade, produtividade e praticidade que o dispositivo tende a proporcionar.

A realização desse estudo é de grande importância para a empresa estudada, onde pode-se observar que independente do processo é possível realizar melhorias, trazendo benefícios para a empresa sem a necessidade de grandes investimentos.

Após a apresentação do projeto para a empresa estudada houve um *feedback* positivo da direção, a qual salienta que a proposta de um novo dispositivo para o setor de soldagem tende a trazer benefícios, tanto para o operador quanto para a empresa. No entanto, no presente momento o dispositivo de solda não será desenvolvido, em função da empresa estar passando por momentos de contenção de recursos, mas a empresa afirma que para os próximos anos vai buscar meios de desenvolver a proposta, tornando o dispositivo real.

Como sugestão de trabalhos futuros, há a possibilidade de pesquisar e estudar as implantações de dispositivos para outros setores da fábrica, como no setor de usinagem ou ferramentaria da empresa estudada.

O desenvolvimento deste trabalho também cooperou para o crescimento e aprendizado profissional, agregando experiências e relacionando o conteúdo teórico e prático obtido durante o curso de engenharia de produção.

REFERÊNCIAS

- BACK, N. *et al.* **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem.** São Paulo: Manole, 2008.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho.** 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- BATALHA, M. **Introdução à Engenharia de Produção.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
- BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- BRAGA, C. E. **Gestão da Produtividade, Sistema de Gestão e Vantagem Competitiva.** 2000. Disponível em: <www.geranegocio.com.br>. Acesso em: 29 mai. 2020.
- CARPES JR., W. P. **Introdução ao projeto de produtos.** Porto Alegre: Bookman, 2014.
- COLENGHI, V. M. **O&M e Qualidade Total: uma integração perfeita.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.
- CONTADOR, J. C. **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações.** Rio de Janeiro: Atlas, 2017.
- COSTA JR, E. D. **Gestão em Processos Produtivos.** Curitiba: Ibplex, 2008.
- DAVENPORT, T. H. **Reengenharia de Processos.** 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- DUARTE, R. L. **Procedimento Operacional Padrão: a importância de se padronizar tarefas nas BPLC.** Belém: Curso de BPLC, 2005.
- ELLER, D. **Como o Sistema One Piece Flow pode agilizar sua linha de produção.** São Paulo, 2019. Disponível em: <[https://velki.com.br/pt/blog/novidades/como-o-sistema-one-piece-flow-pode-agilizar-sua-linha-de-producao->](https://velki.com.br/pt/blog/novidades/como-o-sistema-one-piece-flow-pode-agilizar-sua-linha-de-producao-)>. Acesso em 30 out. 2020.
- FIALHO, K. E. R.; CAMPOS, V. R.; NETO, J. P. B. **Explorando a aplicação dos conceitos *lean design* em processo de elaboração de projetos.** *In:* Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 35, 2015, Fortaleza. Anais. 2015.
- FILHO, E. R. *et al.* **Projeto do produto.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

FRANCESCHI, A. de; ANTONELLO, M. G. **Elementos de máquinas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

GAITHER N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GROVER, V; KETTINGER W. R. **Process Think: Winning Perspectives For Business Change in the Information Age**. Hershey: Idea Group Inc., 2000.

HARMON, R. L.; PETERSON, L. D. **Reinventando a fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

HARTLEY, J. R. **Engenharia Simultânea**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

IIDA, I. **Ergonomia Projeto e Produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

JUNG, A. J. **Desenvolvimento de um dispositivo de fixação para realização de soldagem robotizada**. Horizontina: FAHOR, 2015.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O modelo Toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LOBO, R. N.; SILVA, D. L. da. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Érica Ltda, 2014.

LOVATO, A. **Metodologia da pesquisa**. Três de Maio: SETREM, 2013.

LOVRO, A. **Aplicação do pensamento Lean no Desenvolvimento de Produtos**. São Paulo: USP, 2011.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

_____. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 7. ed. 7. reimpr. São Paulo: Atlas, 2012.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 1999.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MILEHAM, A. R. *et al.* Rapid changeover a pre-requisite for responsive manufacture. **International Journal of Operations & Production Management**, 1999.

MODENESI, E.; MARQUES, P.; SANTOS, D. B. **Introdução à Metalurgia da Soldagem**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

MOTTA, R. R. *et al.* **Engenharia Econômica e Finanças**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

NASCIMENTO, R. C. **Manutenção Produtiva Total**: Uma abordagem teórica. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006.

NEUMANN, C. **Série Provas & Concursos** - Engenharia de Produção para Concursos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

NUNES, L. **Heijunka**: o que é? Saiba como fazer um nivelamento de produção. 2019. Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/heijunka>>. Acesso em 30 ago. 2020.

ODORCZYK, R. S. **Relacionamento dos conceitos de *lean thinking* e *design thinking***: um estudo teórico. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência, Gestão e Tecnologia da Informação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

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

OKUMURA, T. T. **Engenharia de soldagem e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

PEDRINI, M. K. **Engenharia Simultânea**: planejamento e controle integrado do processo de produção/projeto na construção civil. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba: Unicenp, 2007.

PERLINGEIRO, C. A. G. **Engenharia de processos**: análise, simulação, otimização e síntese de processos químicos. São Paulo: Blücher, 2005.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

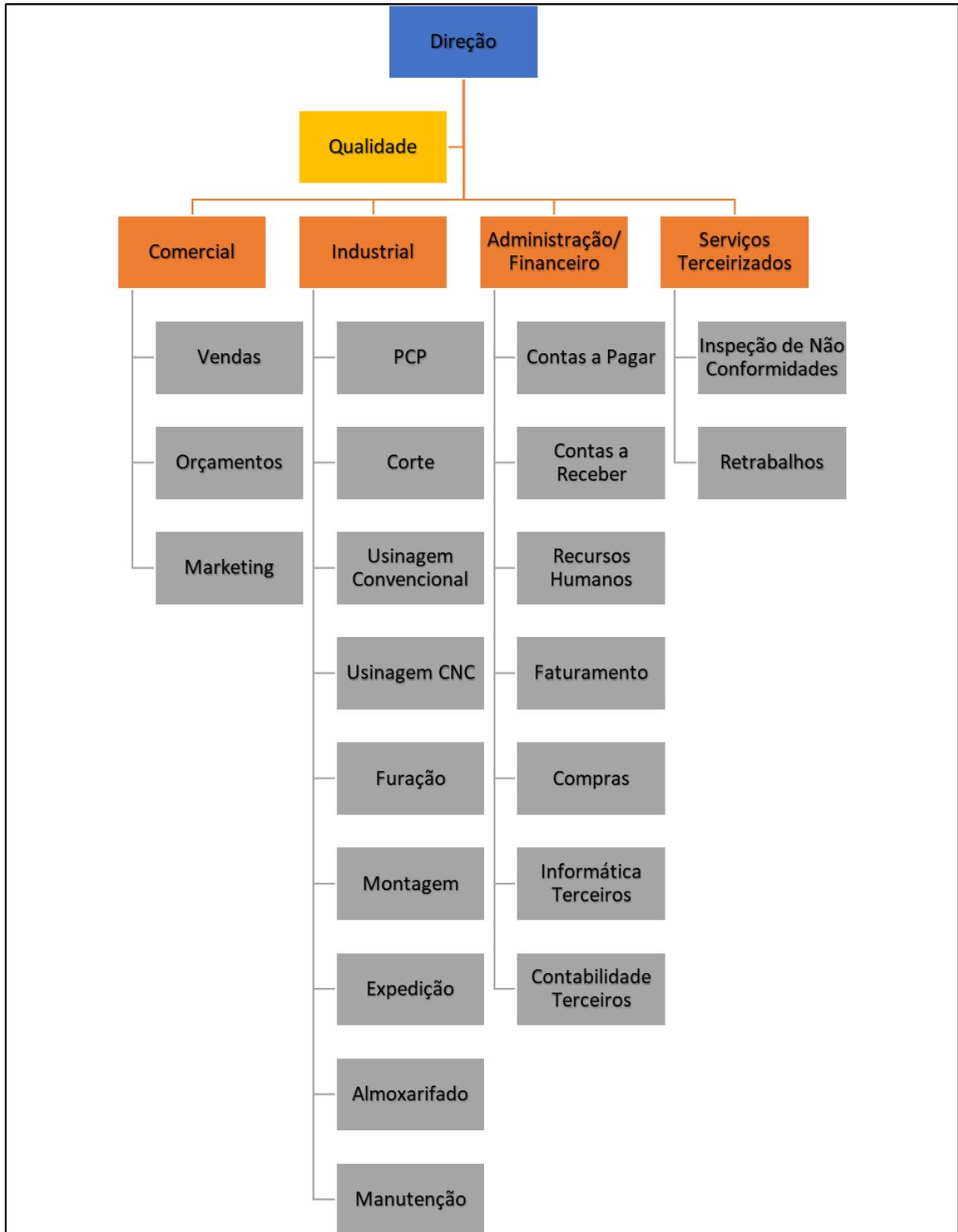
RAMO, S. **The management of innovative technological corporations**. A WileyInterscience Publication. John Wiley & Sons, Inc, 1980.

RIBEIRO, P. D. **Kanban**: Resultados de uma implantação bem sucedida. 4. ed. Rio de Janeiro: COP, 1989.

RODRIGUES, M. V C. **Qualidade de vida no trabalho**. Petrópolis: Vozes, 2000.

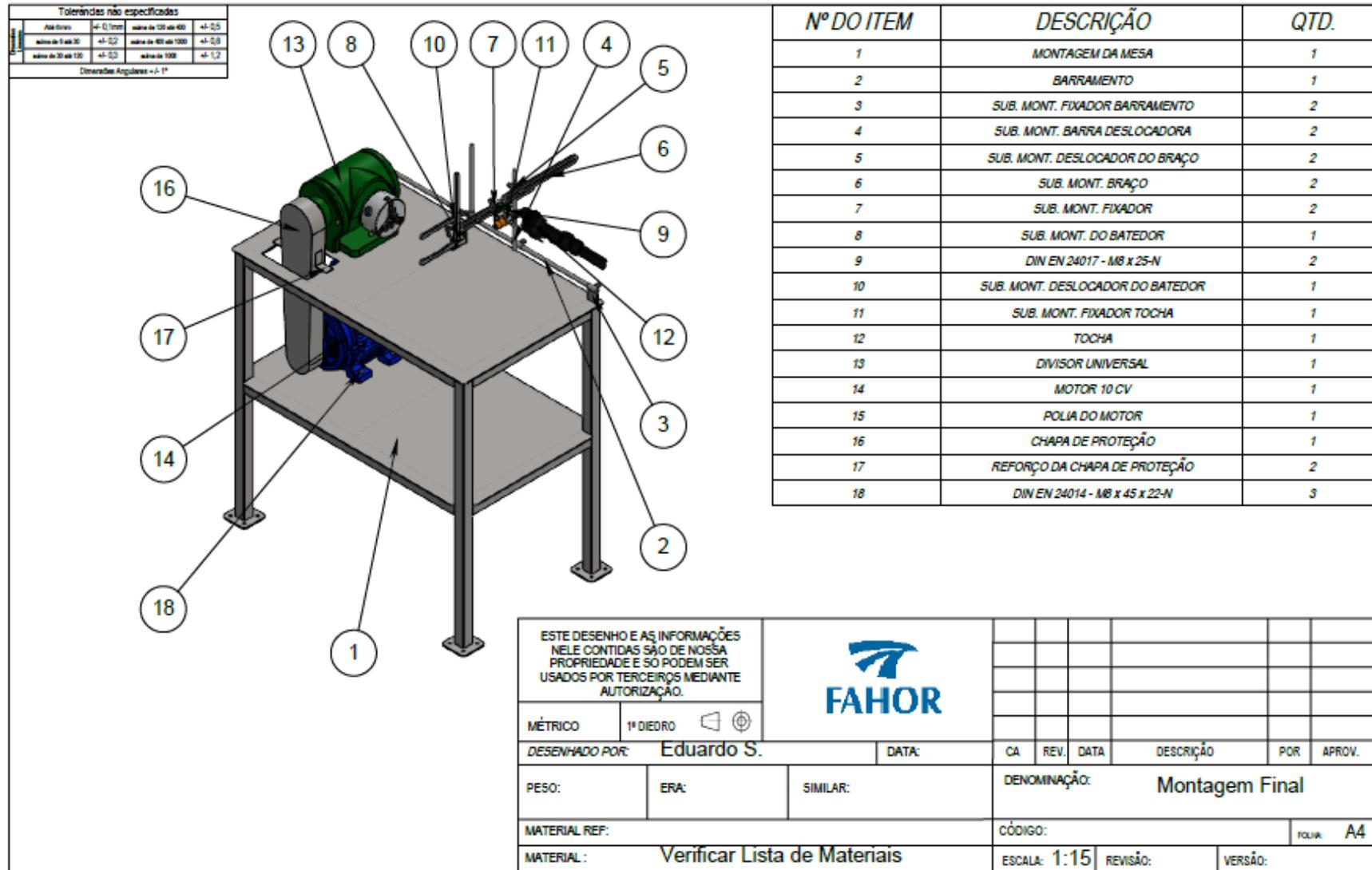
- RODRIGUES, M. V. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistema de produção Lean Manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício. São Paulo: *Lean Institute* Brasil, 1999.
- SANTOS, R. P. C. **Engenharia de processos**: Análise do referencial teórico-conceitual, instrumentos, aplicações e casos. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**: do ponto de vista da Engenharia de Produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- SILVA, R. N. S.; LINS, L. dos S. **Gestão de custos**: contabilidade, controle e análise. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SOARES H.C.G. **Estudo de sequência de soldagem para redução e eliminação de distorções**. 2006. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Gestão de Custos**: Aplicações Operacionais e Estratégicas: Exercícios Resolvidos e Propostos com Utilização do EXCEL. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- STEIN, R. T. *et al.* **Elementos de máquinas**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.
- TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **TPM/MPT**: manutenção produtiva total. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.
- TUBINO, D. F. **Manufatura enxuta como estratégia de produção**: a chave para a produtividade industrial. São Paulo: Atlas, 2015.
- VALDIERO, A. C. **Inovação e desenvolvimento do projeto de produtos industriais**. ed. Ijuí: Unijuí, 2008.
- VANZOLINI, C. A. **Gestão de operações**. 2. ed. São Paulo: 1998.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- WESCHENFELDER, C. M. **Análise e gerenciamento de riscos ocupacionais em processos de manufatura**. Horizontina: FAHOR, 2016.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

APÊNDICE A – ORGANOGRAMA DA EMPRESA SR MÁQUINAS



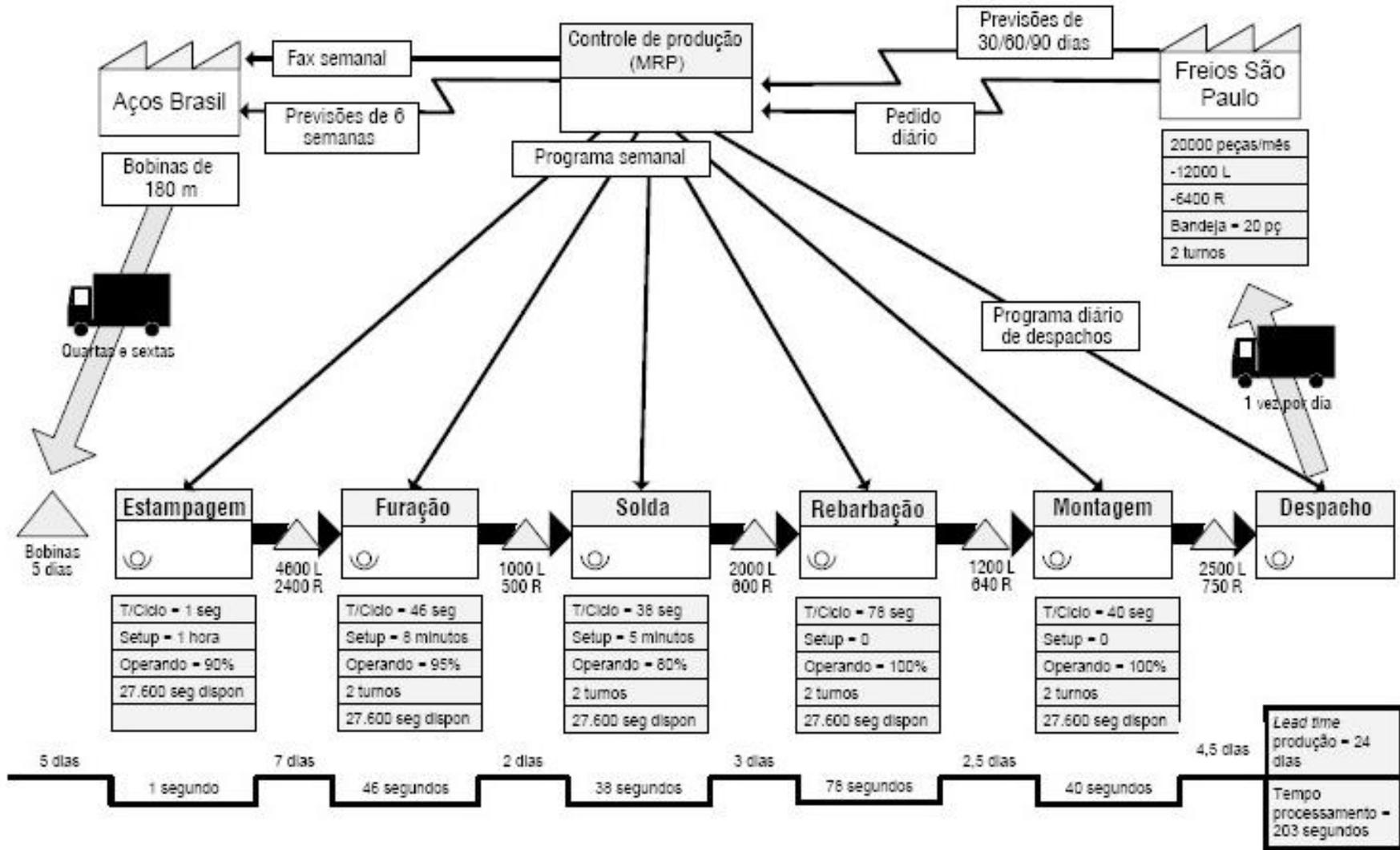
Fonte: Autor (2020).

APÊNDICE B – DESENHO DETALHADO DO DISPOSITIVO PROPOSTO



Fonte: Autor (2020).

ANEXO A – REPRESENTAÇÃO DO VSM PARA UM PROCESSO DE PEÇAS



Fonte: Corrêa e Corrêa (2017).

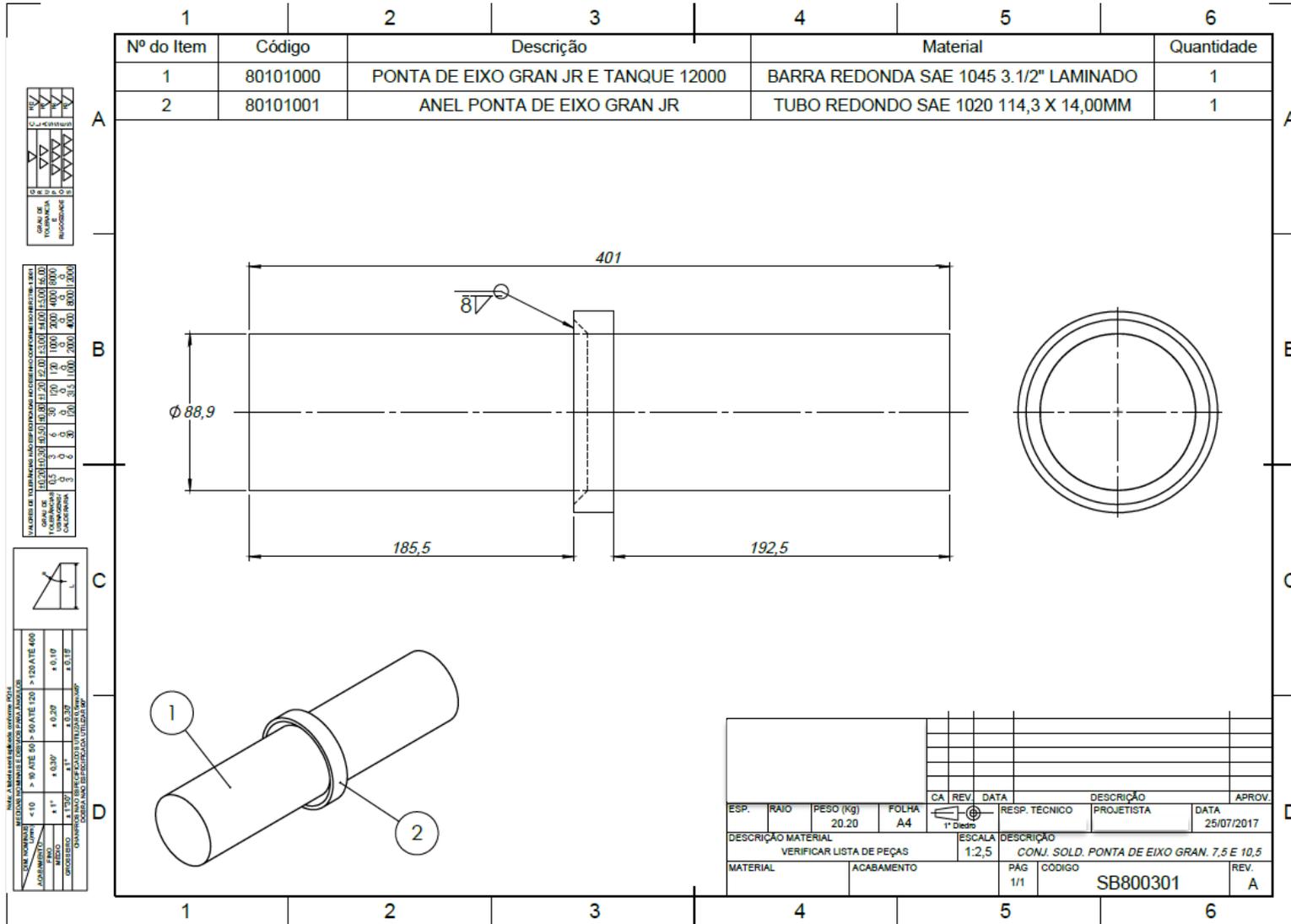
ANEXO B – REPRESENTAÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO

QRLabel22		ORDEM DE PRODUÇÃO					Nº: 24448 / 00	
		Modelo: R17Q1			Grupo: 15			
Código: SB800302		Desc.: CONJ DE USIN PONTA DE EIXO 7,5 E 10,5T15			Quant.: 10,00		Iniciar: 09/04/2019	
Cliente: 0572		GERALDO N RECKTENWALD E CIA LTDA			Pedido: 6190		Periodo: 3	
		COMPONENTES					Finalizar: 15/04/2019	
		Código	Descrição	Quant. Unit.	Quant. OF	Unid.		
		5018	ACO 1045 REDONDO LAMINADO 88,90 X 400MM	1,000	10,00	kg		
		6037	TUBO MECANICO LAMINADO Ø 114,3 x 88 mm	0,754	7,54	kg		

OPER.	T. OP.	MAQUINA	CÓD. BARRA	OPER.	T. OP.	MAQUINA	CÓD. BARRA
010	0	SF001		020	0		
CORTE: SELECIONAR MATERIAL ADEQUADO, CORTAR TUBO DE Ø 114,3 X 88, NO COMPRIMENTO DE 23				FURAÇÃO: FAZER FURO DE CENTRO NO EIXO. (UTILIZAR DISPOSITIVO PARA PUNÇONAR E DEPOIS FURAR).			
Data: ____ / ____ / ____		Qtde. Aprovada: _____		Data: ____ / ____ / ____		Qtde. Aprovada: _____	
NOME: _____		Qtde. Reprovada: _____		NOME: _____		Qtde. Reprovada: _____	
Peça/cota				Peça/cota			
1ª Peça				1ª Peça			
2ª Peça				2ª Peça			
Última				Última			
030	0	TU001		040	0	SMIG01	
TORNEAMENTO CONVENCIONAL: USINAR Ø INTERNO DO TUBO E QUEBRAR CANTOS VIVOS.				SOLDA: SOLDAR COMPONENTES, UTILIZAR DISPOSITIVO.			
Data: ____ / ____ / ____		Qtde. Aprovada: _____		Data: ____ / ____ / ____		Qtde. Aprovada: _____	
NOME: _____		Qtde. Reprovada: _____		NOME: _____		Qtde. Reprovada: _____	
Peça/cota	Ø90,2±0,1			Peça/cota			
1ª Peça				1ª Peça			
2ª Peça				2ª Peça			
Última				Última			
050	0	TR001 TR002		060	0	TR001 TR002	
TORNEAMENTO CNC: SELECIONAR LADO CORRETO DA PEÇA, FACEAR E USINAR EXTERNO. (PROG: SÃO JOSÉ_SB800302) PART1				TORNEAMENTO CNC: FACEAR, USINAR EXTERNO E USINAR ROSCA. (PROG: SÃO JOSÉ_SB800302) PART2, TESTAR ROSCA COM PORCA CASTELO PADRÃO.			
Data: ____ / ____ / ____		Qtde. Aprovada: _____		Data: ____ / ____ / ____		Qtde. Aprovada: _____	
NOME: _____		Qtde. Reprovada: _____		NOME: _____		Qtde. Reprovada: _____	
Peça/cota	Ø87,5 ±0,1	185 ± 1,2		Peça/cota	50 ± 0,2	82 ± 0,2	147 ± 0,2
					192 ± 0,2	20 ± 0,5	Ø79,99(PC)
						Ø65 (PC)	ROSCA (PC)
1ª Peça				1ª Peça			
2ª Peça				2ª Peça			
Última				Última			

Fonte: Empresa estudada (2020).

ANEXO C – REPRESENTAÇÃO DO POSICIONAMENTO DA FLANGE NO EIXO



Fonte: Empresa estudada (2020).