

**FACULDADE MERIDIONAL – IMED  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO**

**Valor Agregado no Processo de Soldagem Sob a ótica de Taiichi Ohno**

**MARCELO DOS SANTOS**

**Passo Fundo  
2014**

**Marcelo dos Santos**

**Valor Agregado no Processo de Soldagem Sob a ótica de Taiichi Ohno**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Administração da Faculdade Meridional – IMED, como requisito parcial para a obtenção do grau em Bacharel em Administração, sob a orientação do Prof. Me. William Zanella.

**Passo Fundo  
2014**

**Marcelo dos Santos**

**Valor Agregado no Processo de Soldagem Sob a ótica de Taiichi Ohno**

Banca Examinadora:

---

Prof. Me. William Zanella

---

Prof. Me. Jeancarlos Araldi

---

Prof. Me. Paulo Cesar Mayer

**Passo Fundo  
2014**

## RESUMO

O ambiente extremamente competitivo entre as organizações faz com que as empresas desenvolvam estratégias para melhorar seu desempenho. Assim, este estudo busca aumentar o tempo de agregação de valor de soldadores através da eliminação de operações envolvidas no processo de soldagem. Portanto, trata-se de uma pesquisa causal de corte transversal com a manipulação de uma variável independente, de cunho quantitativo, visto que houve mensuração das operações envolvidas no processo de soldagem. Para a coleta de dados utilizou-se de cronoanálises concebidas através de controladores de processo de soldagem instalados nas máquinas dos soldadores observados. Os soldadores foram separados em grupo de controle, onde executavam suas operações normalmente, e grupo experimental onde houve manipulação das operações. Comparando o tempo de agregação de valor dos dois grupos percebeu-se que houve aumento de 66,76% no tempo de agregação de valor do grupo experimental frente ao grupo de controle. Desta forma, o estudo demonstrou que a manipulação proposta é benéfica para aumentar o volume de produção dos soldadores.

**Palavras-chave:** Agregação de valor, processo de soldagem, cronoanálise.

## **ABSTRACT**

The highly competitive environment among the organizations causes companies to develop strategies to improve their performance. Thus, this study seeks to increase the aggregation time value of welders by eliminating operations involved in the welding process. Therefore, it is a causal cross-sectional research with manipulation of an independent variable and quantitative nature, since there was measurement of the operations involved in the welding process. To collect data it was used the chrono analyzes conceived through the process welding controllers installed in the machines of the observed welders. The welders were divided into control group, where they performed their normal operations, and experimental group where there were manipulation operations. Comparing the time to add value for both groups it was noticed that there was an increase of 66.76% in the time of the experimental group against the control group. So, the study demonstrated that the proposed manipulation is beneficial to increase the volume of welders' production.

**Keywords:** Adding value, welding process, chrono analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de operação de gargalo.....	24
Figura 2 – Processo de transformação .....	26
Figura 3 – Organograma geral da organização.....	29
Figura 4 – Organograma diretoria industrial .....	30
Figura 5 – Cronograma setor de solda.....	31
Figura 6 – Exemplo de cronoanálise grupo de controle .....	42
Figura 7 – Médias do grupo de controle.....	44
Figura 8 – Exemplo de cronoanálise grupo experimental .....	46
Figura 9 – Médias grupo de controle x grupo experimental.....	46
Figura 10 – Comparativo grupo de controle x grupo experimental .....	47

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características da população e amostra.....	32
Quadro 2 – Tempos do processo de soldagem.....	33
Quadro 3 – Comparação entre características de soldadores e auxiliares.....	37
Quadro 4 – Operações do soldador Desperdícios do processo de soldagem.....	40
Quadro 5 – Comparação entre características de soldadores e auxiliares.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas descritivas de porcentagens de tempo no processo se soldagem.....	48
---	----



# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA .....</b>	<b>11</b>
2.1	Objetivos.....	12
2.1.1	Objetivo Geral .....	12
2.1.2	Objetivos Específicos .....	12
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
3.1	Sistema de Produção.....	13
3.2	Tipos de Sistema de Produção.....	14
3.3	Planejamento e controle da Produção.....	15
3.4	Sistema Toyota de Produção .....	15
3.4.1	Princípios.....	16
3.4.2	Ferramentas, filosofias e técnicas do STP .....	18
3.5	Teoria das Restrições.....	22
3.6	Valor Agregado .....	25
<b>4</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>28</b>
4.1	Tipo de Pesquisa.....	28
4.2	População .....	28
4.3	Amostra .....	31
4.4	Instrumento de Coleta de Dados.....	32
4.5	Coleta de Dados.....	33
4.6	Análise dos Dados .....	35
4.6.1	Análise da Organização .....	35
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
5.1	Classificação e análise das operações do soldador.....	40
5.2	Identificação de desperdício .....	41
5.3	Eliminação da operação limpeza de peças .....	43
5.4	Grupo Experimental .....	45
5.5	Grupo de Controle x Grupo Experimental .....	47
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
6.1	Limitações .....	50
6.2	Estudos futuros .....	50
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>52</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Frente ao elevado nível de concorrência do mercado, as organizações buscam estrategicamente aumentar a eficácia de seus processos produtivos e desta forma melhorar seu desempenho. Para tornar isso possível é necessário que a organização possua um sistema de produção bem definido e ajustado às necessidades de seus processos, possibilitando a otimização de recursos e aumentando a eficácia durante a manufatura de seus produtos.

Um sistema de produção é composto por um conjunto de atividades e operações que possuem ligações entre si durante a manufatura de um bem, e tem por finalidade facilitar a gestão da cadeia produtiva da organização aumentando a competitividade da mesma (MOREIRA, 2008). Porém, um sistema de produção se torna ainda mais efetivo quando combinado com outras filosofias de gestão, dentre elas a Teoria das Restrições (TOC), que possibilita um amplo entendimento dos ambientes internos e externos da organização (OHNO, 1997).

Assim, existem inúmeros sistemas de produção em larga escala utilizados pelas empresas de manufatura, dentre eles o Sistema Toyota de Produção (STP), que destaca-se pela busca constante da eliminação de perdas que afetam o desempenho organizacional, sua filosofia é baseada na Produção Enxuta (PE) com enfoque no combate aos desperdícios e otimização de processos (OHNO, 1997). Entretanto, como o STP tem seus pilares centrados na produção de lotes econômicos, ou seja, praticamente não existem estoques, as organizações que optam pela adoção do mesmo ficam suscetíveis a problemas causados pelas variáveis do processo produtivo, podendo ser elas tanto no âmbito interno quanto externo a organização, dificultando o funcionamento do sistema de produção puxado que é característico do STP (ANTUNES et al., 2008).

Um sistema de produção puxado permite produzir apenas o necessário para o abastecimento do processo posterior, evitando a geração excessiva de estoques, e possibilitando a produção de lotes no tempo e quantidade necessária (ANTUNES et al., 2008). Outra característica importante do sistema de produção puxado é a possibilidade de programar a manufatura dos produtos através das demandas do mercado, facilitando o planejamento e controle das ações, além de promover a avaliação do avanço físico dos processos produtivos em relação à demanda do cliente (MOREIRA, 2008). Porém, o sistema

de produção puxado mostra-se uma das ferramentas lean mais difíceis de ser implementada, pois sua complexidade dificulta a operacionalização e sustentação do sistema (OHNO, 1997).

Entretanto, existem ferramentas e técnicas específicas para facilitar a utilização do sistema de produção puxado, dentre elas o mapeamento e controle das operações que agregam valor ao produto final. O controle das atividades que agregam valor permite promover a máxima utilização dos recursos disponíveis nos postos de trabalho, sincronizando as operações de manufatura através do ajuste do tempo de execução das operações.

Desta forma, pode-se utilizar da TOC para identificar, analisar e solucionar problemas que restringem o processo, possibilitando atuar direta e efetivamente sobre os gargalos do processo produtivo, a fim de aumentar a eficácia das organizações (ANTUNES et al., 2008). Frente ao contexto exposto, este estudo tem por objetivo verificar qual o impacto da eliminação da operação de limpeza de peças no tempo de agregação de valor do soldador.

## **2 JUSTIFICATIVA E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA**

A constante busca pela eficiência organizacional é fator determinante para que as empresas do setor industrial invistam cada vez mais recursos em prol de melhorar sua *performance* perante seus concorrentes (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2004). Assim, estudos relevantes a otimização de processos produtivos tornam-se importantes ferramentas na busca pelo aumento da competitividade organizacional. Desta forma, as corporações utilizam-se de diferentes estratégias organizacionais para aumentar sua competitividade perante as demais empresas do seu setor de atuação.

Portanto, frente ao acirrado mercado e elevado nível de concorrência entre as organizações, encontrar o sistema de produção que melhor atenda as necessidades da empresa pode ser um importante diferencial estratégico, pois aumenta a competitividade da organização (MERCADO; CLETO, 2012). Deste modo, é prática comum entre as corporações realizarem estudos relacionados a melhoria de outras dimensões dos sistemas produtivos (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2004). Moreira (2008 p. 7) define sistemas de produção “como o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (caso de indústrias) ou serviços”. Assim, o processo produtivo passou a ser observado sob uma ótica mais ampla, aumentando sua importância no contexto corporativo, e conseqüentemente elevando significativamente o número de publicações de estudos que tratam deste tema (FERNANDES; FILHO, 2004).

Desta forma, o monitoramento de atividades de agregação de valor passou a ser utilizado pelas organizações como uma ferramenta de melhoria. O objetivo é aumentar o valor agregado dos produtos, além de diminuir significativamente o tempo de atividades que não agregam valor, evitando desperdícios no processo produtivo (MERCADO; CLETO, 2012). Festugatto et al., (2006) alcançaram a redução de 11% do índice de ociosidade e também reduzir o número de funcionários de uma linha de produção através do mapeamento das operações. Portanto, a eliminação ou redução de operações que não agregam valor aumenta significativamente a eficiência da organização, pois atua efetivamente na identificação e correção das restrições dos processos, aumentando sua capacidade produtiva (FESTUGATTO et al., 2006).

Os estudos relacionados ao aumento do valor agregado tornaram-se prática comum entre as empresas de manufatura. Tais estudos buscam promover o equilíbrio dos recursos

internos da organização, eliminar ou reduzir operações desnecessárias, e desta forma atender a demanda de mercado (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2004). Para tanto, é necessário que as empresas ajustem seus sistemas de produção de tal forma que permitam a otimização de seus recursos, aumentando a eficiência da mesma.

Assim, o controle das operações que agregam valor visa equilibrar os recursos organizacionais de forma que os mesmos não produzam em excesso e também não passem por momentos de ociosidade (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2004). Tal prática se mostra ainda mais relevante em empresas de manufatura orientadas por projetos, visto que nestes casos os produtos não são itens de série, ou seja, possuem similaridade, porém não são idênticos, dificultando o controle das atividades que agregam valor (ANSELMO; MAXIMIANO, 2011). Neste contexto, surgiu a seguinte questão: Qual o impacto da eliminação de operações envolvidas no processo de soldagem de peças no tempo de agregação de valor do soldador?

## **2.1 Objetivos**

Abaixo apresentam-se os objetivos do presente estudo.

### **2.1.1 Objetivo Geral**

Verificar o impacto da eliminação de operações envolvidas no processo de soldagem de peças no tempo de agregação de valor do soldador.

### **2.1.2 Objetivos Específicos**

Classificar e analisar as operações relacionadas com o processo de soldagem de peças.

Identificar as operações a eliminar para aumentar a eficiência na agregação de valor.

Comparar os tempos de agregação de valor do grupo de controle e o grupo experimental.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para fundamentar o presente trabalho, torna-se necessário conceituar e identificar alguns elementos essenciais para o entendimento à cerca da administração da produção. Tais como Sistemas de Produção, o Sistema Toyota de Produção, a Teoria das Restrições e Mapeamento de Fluxo de Valor.

#### **3.1 Sistema de Produção**

Os sistemas de produção são elementos fundamentais para o êxito da organização. Os mesmos são responsáveis por estruturar os sistemas de manufatura, e desta forma alcançar os resultados esperados. Os sistemas de manufatura por sua vez têm a função de receber as entradas dos processos e executar as ações necessárias para a adição de valor ao produto (SLACK et al., 2007). Desta forma, observa-se que os sistemas de manufatura são subsistemas dos sistemas de produção. Assim, o conjunto de sistemas de manufatura ligados entre si formam uma cadeia produtiva. Tal cadeia configura a área produtiva da organização, executando os processamentos necessários para elaboração dos produtos comercializados pela empresa (ANTUNES et al., 2008).

Porém, os sistemas de produção são organismos abertos, e desta forma sofrem influências internas e externas a organização (MOREIRA, 2008). Assim, outras áreas da empresa afetam diretamente no desempenho da produção. Portanto, os sistemas produtivos devem estar alinhados estrategicamente aos demais setores da organização. Desta forma, torna-se necessário o entendimento de alguns elementos fundamentais ao processo produtivo, bem como a relação do mesmo com outras áreas da empresa (STEVENSON, 2001).

Dentre os elementos principais do processo produtivo destacam-se os insumos, o processo de conversão e o sistema de controle (SLACK et al., 2007). Entende-se por insumo todo e qualquer recurso que será transformado em produto. Portanto, observa-se que os insumos passam por diversas áreas da empresa, pois englobam recursos materiais, financeiros, técnicos, humanos e de transformação como máquinas e equipamentos (MOREIRA, 2008). Já o processo de conversão é mais direcionado ao sistema de manufatura, pois tem a finalidade de mudar o formato do insumo, agregando valor ao mesmo (ANTUNES et al., 2008). Quanto

ao sistema de controle cabe basicamente monitorar e garantir que os produtos sejam produzidos no tempo programado, na quantidade certa e que atenda aos padrões desejados.

### **3.2 Tipos de Sistema de Produção**

De acordo com Moreira (2008), a categorização dos sistemas de produção se dá basicamente através do fluxo do produto. Sendo que cada tipo de sistema possui características particulares que permitem agrupar conjunto de técnicas e ferramentas para utilização durante os processos de manufatura. Moreira (2008) afirma que geralmente os sistemas de produção são classificados em três grandes categorias. Sendo elas os sistemas de produção contínua ou de fluxo em linha, o sistema de produção por lotes ou por encomendas e o sistema de produção para grandes projetos sem repetição.

Portanto, cada organização deve utilizar o tipo de sistema que melhor se enquadre ao seu produto. Assim, empresas que possuem um produto em série normalmente utilizam-se do sistema de produção contínua, onde os produtos fluem entre os postos de trabalho dentro de uma sequência prevista (STENVENSON, 2001). Já o sistema de produção por lotes tem como principal característica o fluxo intermitente de seus produtos. Desta forma, o planejamento de produção é dividido por lotes de fabricação. Após o término da quantidade programada de um determinado produto, o mesmo é substituído por outro, e assim sucessivamente até o produto original voltar a ser produzido (MOREIRA, 2008).

Porém, os sistemas acima citados não podem ser utilizados pelas empresas orientadas por projetos. Tais empresas não possuem um produto em série e embora exista similaridade cada projeto é tratado como um produto único (ANSELMO; MAXIMIANO, 2011). Neste caso são utilizados os sistemas de produção para grandes projetos, onde normalmente os produtos não possuem repetitividade durante sua manufatura (MOREIRA, 2008). Segundo o mesmo autor, outra particularidade característica das empresas orientadas por projetos é o alto custo de produção e problemas em planejar e controlar seus processos produtivos. Desta forma, faz-se necessário desenvolver técnicas de gerenciamento que possibilitem planejar e controlar os processos de manufatura.

### **3.3 Planejamento e controle da Produção**

O planejamento da produção inicia com a determinação da demanda prevista para determinado período (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). Portanto, a organização deve verificar as perspectivas de demanda de mercado e planejar suas operações para atender seus objetivos. Para tal, as empresas utilizam-se do histórico organizacional para determinar os recursos e ações necessárias para o alcance das suas expectativas (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). Desta forma, o planejamento torna-se ferramenta fundamental para balancear a capacidade de produção da organização com a demanda projetada dentro de um intervalo de tempo determinado. Assim, através do planejamento de produção é concebido o Plano Mestre de Produção (PMP). Trata-se de um documento que contém informações referentes aos produtos, como quantidade, tempo e local de processamento (MOREIRA, 2008).

Porém, a eficácia do planejamento só é alcançada quando aliada a programação e controle das ações pré-determinadas. Assim, a programação de produção é responsável por definir e alocar as cargas de produção, atentando para o correto sequenciamento das tarefas nos postos de trabalho (MOREIRA, 2008). Segundo o mesmo autor, cabe ao controle de produção garantir que o processo produtivo seguirá a programação definida, verificando o avanço físico dos processos de manufatura, observando se a quantidade e qualidade estão atendendo aos padrões desejados.

Entretanto, as técnicas de planejamento, programação e controle de produção variam de acordo com o tipo de sistema produtivo utilizado na organização. Desta forma, devem ser verificadas quais são as particularidades dos produtos manufaturados na empresa para definir qual o sistema de produção que melhor se adapte as necessidades organizacionais. Dentre os sistemas de produção, o Sistema Toyota de Produção destaca-se pela sua ampla utilização nos mais variados segmentos. Desta forma, é crescente o número de organizações que buscam implementar o STP nos seus processos produtivos.

### **3.4 Sistema Toyota de Produção**

O Sistema Toyota de Produção surgiu na década de 70, na indústria automobilística japonesa. Na época, as indústrias japonesas sofriam com a baixa demanda de mercado e a escassez de recursos, por isso precisavam encontrar uma forma de tornar seus produtos



competitivos no mercado (OHNO, 1997). Desta forma, a motivação para a criação do STP era a busca por produzir apenas o necessário para atender a demanda, eliminando desperdícios e assim aumentando a eficiência da organização (SANTOS et al., 2012). Assim, o STP visava aumentar a capacidade de produção da organização através da flexibilidade dos processos, eliminação de perdas e melhorias na qualidade dos produtos.

### 3.4.1 Princípios

Segundo Antunes et al. (2008, p. 229) “os princípios básicos de construção do Sistema Toyota de Produção são: i) mecanismo da função produção; ii) o princípio do não custo; iii) as perdas nos sistemas produtivos”. Verifica-se que todos os princípios básicos citados pelo autor estão intimamente ligados a redução de perdas. Para Ohno (1997, p. 25) “a base do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação do desperdício”. Portanto, observa-se que embora o STP atue sobre diversas dimensões do sistema produtivo, sua filosofia principal é a Produção Enxuta (PE), ou seja, utilizar os recursos no tempo e quantidade necessários.

Portanto, a PE é centrada na eliminação ou redução dos desperdícios do processo produtivo. Shingo (1996) apresenta os sete desperdícios mais comuns durante a manufatura dos produtos, são eles: superprodução, tempo de espera, transporte, processamento desnecessário, estoque, movimentação e defeito. Tais desperdícios afetam o desempenho da organização porque são atividades que não agregam valor aos produtos e aumentam o tempo e o custo de produção (SANTOS et al., 2012). Para facilitar o entendimento sobre os desperdícios segue abaixo uma breve explanação sobre os mesmos.

A superprodução basicamente ocorre quando é produzido mais que o necessário para atender a demanda, ou antecipadamente ao tempo desejado. Desta forma, acaba gerando um estoque desnecessário (SHINGO, 1996). Outra forma de desperdício é o tempo de espera que é gerado quando algum recurso (material, mão-de-obra, máquina, matéria-prima) precisa aguardar para ser utilizado no processo seguinte (SANTOS et al., 2012).

Assim, sempre que um posto de trabalho executa as operações de manufatura os produtos são transportados para o processo seguinte. Desta forma, ocorre desperdício sempre que um determinado material sofre algum tipo de movimentação desde que não seja para o seu destino final. O desperdício no transporte normalmente ocorre durante os processos de manufatura entre os postos de trabalho. Entretanto também é observado quando ocorrem transportes de estoques por longas distâncias ou por meio de movimentação ineficaz

(FAVONI; GAMBI; CARETA, 2013). Na sequência, o processamento desnecessário é caracterizado por todo e qualquer processo que poderia ser eliminado durante a manufatura e não representaria qualquer alteração na qualidade ou característica do produto. Geralmente, o processamento desnecessário implica em aumento do tempo e conseqüentemente do custo de produção (ONHO, 1997).

Outra perda presente nas organizações é o estoque. Assim, é comum nas organizações encontrar estoques de produtos acabados ou em processamento. É uma das perdas mais difíceis de eliminar, visto que é extremamente complicado para as empresas atuarem com um nível de estoque zero. Dentre os problemas causados pelo estoque estão o custo em manter materiais parados, além da utilização do espaço onde o mesmo está armazenado (SANTOS et al., 2012). A geração de estoque também acaba tornando necessária a movimentação de produtos acabado e semi-acabados. Desta forma, o deslocamento dos funcionários durante os processos de manufatura e que não agregam valor ao produto acabam gerando perdas. Segundo Shingo (1996) o desperdício normalmente ocorre quando o layout é mal planejado, dificultando as operações de processamento dos produtos.

Finalizando a lista dos sete desperdícios apontados por Shingo (1996) encontra-se o defeito que é o desperdício causado pelas não-conformidades durante a manufatura dos produtos. Os defeitos normalmente são causados por falhas no processo, podendo ser essas causadas por máquinas, equipamentos ou mão-de-obra (SANTOS et al., 2012). Tais falhas além de causar problemas de atraso também elevam o custo de produção, pois os produtos com defeito necessitam de retrabalho para seguir no processo.

Portanto, o Sistema Toyota de Produção caracteriza-se principalmente pelo aumento da eficácia organizacional através da eliminação ou redução dos desperdícios. Desta forma, o foco principal da Produção Enxuta é reduzir custos operacionais e assim possibilitar uma maior competitividade de mercado (SANTOS et al., 2012). Porém, o STP é um modelo complexo de gestão. Portanto, para alcançar os resultados desejados é necessário utilizar-se das principais técnicas, ferramentas e filosofias do sistema.

### 3.4.2 Ferramentas, filosofias e técnicas do STP

O Sistema Toyota de Produção agrupa inúmeras estratégias de produção, influenciando diretamente nos processos de manufatura dos produtos. Para Krajewski e Ritzman (2004, p. 401) o STP “concentra-se em estratégias de operações, processos, tecnologia, qualidade, capacidade, arranjo físico, cadeias de suprimento, estoque e planejamento de recursos”. Portanto, frente a gama de processos em que o STP atua se faz necessária a implementação de uma série de ferramentas, filosofias e técnicas de gestão que formam o sistema. Para facilitar o entendimento serão descritas as principais características do conjunto de especialidades do STP.

O *Just In Time* (JIT) é uma filosofia de gestão que auxilia na administração dos recursos necessários para a produção (MOREIRA, 2008). Desta forma, o JIT contribui para a melhoria da performance da organização através da eliminação de perdas do processo produtivo (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). Portanto, auxilia na organização da produção através do gerenciamento dos recursos, fluxos de informações e bens manufaturados, eliminando estoques e controlando a qualidade dos produtos (SANTOS et al., 2012). O sistema JIT está fundamentado sobre a eliminação do desperdício através da prática de fabricar o produto desejado no tempo certo e na quantidade necessária (MOREIRA, 2008). Assim, não existem estoques de produtos semi-acabados entre os processos ou mesmo produtos prontos para a destinação final (SANTOS et al., 2012).

Porém, Shingo (1996) alerta para o fato de que utilizar o JIT apenas para produzir no tempo determinado pode acabar gerando superprodução ou produção antecipada. Portanto, o sistema de controle de produção deve estar apto para identificar possíveis situações de desequilíbrio e evitar a geração de estoques intermediários no processo produtivo. Segundo Moreira (2008) o JIT utiliza-se do sistema de produção puxado. Portanto, o fluxo de materiais se dá através da demanda do cliente para o último processo de produção e deste para o processo anterior e assim sucessivamente. Desta forma, cada estação de trabalho só deve iniciar a produção após receber a solicitação da unidade posterior (MOREIRA, 2008).

Entretanto, para a implementação do sistema JIT é necessário que a planta produtiva esteja ajustada de forma que permita utilizar-se das práticas adotadas pelo mesmo. Assim, o layout deve ser configurado de maneira que permita a criação de pequenos estoques entre as células de manufaturas, evitando a necessidade de centralização de estocagem de peças,

matéria-prima e produtos semi-acabados em grande quantidade (SANTOS et al., 2012). Também é importante que a formação da equipe de trabalho seja focada em operadores multifuncionais, possibilitando a realocação dos mesmos quando necessário para equilíbrio dos processos (SANTOS et al., 2012).

Portanto, para facilitar a realocação de mão-de-obra temos o mapeamento de fluxo de valor. O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta do Sistema Toyota de Produção que permite mapear e controlar os processos, verificando se agregam ou não agregam valor aos produtos durante a manufatura (SANTOS et al., 2012). Segundo Silva et al. (2007), é possível aumentar significativamente a eficiência da organização através do mapeamento do fluxo de valor, pois possibilita diminuir o lead time dos produtos. Segundo os mesmos autores a aplicação do mapeamento do fluxo de valor permitiu visualizar desperdícios nos processos de manufatura dos produtos. Vieira e Forcelini (2007), afirmam que mapeando cada atividade do processo é possível eliminar atividades que não agregam valor ou mesmo otimizar atividades que não agregam valor mais são necessárias.

Desta forma, após mapeado os processos é necessário planejar e controlar os mesmos. Para isso utiliza-se de uma ferramenta do JIT, o sistema *Kanban* que é uma forma de controle de produção através de um cartão que contém informações sobre os produtos (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). Portanto o *Kanban* é uma ferramenta de gerenciamento do sistema de produção puxado (MOREIRA, 2008). Desta forma, o *Kanban* evita que seja produzido além do necessário, uma vez que a solicitação de produção é feita pelo processo posterior (SANTOS et al., 2012). Segundo o mesmo autor, é possível sincronizar a produção através da utilização desse sistema, pois a ferramenta *Kanban* não permite a manufatura de produtos sem que o processo posterior esteja pronto para o processamento do mesmo.

O objetivo do cartão *Kanban* é levar consigo informações sobre o produto a ser produzido. Desta forma, sempre que for necessário, um posto de trabalho entrega um cartão para o posto anterior solicitando o produto que precisa para dar sequência ao processo. Assim, o sistema *Kanban* contribui com Produção Enxuta principalmente através da eliminação de desperdício com a geração de estoques desnecessários (MOREIRA, 2008).

Porém, para tornar possível a eliminação de estoque é necessário que os produtos atendam os padrões de qualidade esperados. Assim, o STP utiliza-se de um dispositivo chamado *Poka-Yoke*. O *Poka-Yoke* é um dispositivo que funciona como uma ferramenta de controle para evitar falhas durante o processo produtivo (SANTOS et al., 2012). Portanto, tal dispositivo é acionado sempre que uma peça é produzida fora dos padrões de qualidade especificados para a mesma. Segundo Shingo (1996), existem duas maneiras para correção

dos defeitos através do sistema *Poka-Yoke*: o método de controle e o método de advertência, que serão explicados a seguir:

No método de controle sempre que ativado o *Poka-Yoke* faz com que a máquina pare seu funcionamento para que o problema seja corrigido imediatamente. Assim, o operador do equipamento deve corrigir o defeito para que a máquina volte a operar normalmente. Já no método de advertência quando ativado, o dispositivo emite um sinal sonoro ou luminoso para indicar a ocorrência de uma falha. Porém a máquina ou equipamento pode seguir sua operação normalmente, não sendo necessária a correção imediata da falha.

Portanto, cabe aos gestores escolherem o método a ser utilizado. Geralmente são analisados o tipo e a frequência dos defeitos para a escolha do método (SHINGO, 1996). Entretanto, cabe ressaltar que o método de controle é mais eficiente frente a eliminação dos defeitos de produção, pois o mesmo obriga que a falha seja corrigida para continuar o processo (SHINGO, 1996). Desta forma, uma das práticas para eliminação de falhas no STP é a filosofia de melhoria contínua, sendo o *Kaizen* sua principal ferramenta.

*Kaizen* são práticas de melhorias contínuas que vão se encontro a ideia central da Produção Enxuta, ou seja, eliminar desperdícios e agregar mais valor aos produtos. Portanto, *Kaizen* trata-se de uma ferramenta utilizada nas empresas para melhorar seu desempenho produtivo através de um processo contínuo de melhoria (RENTES; ARAUJO, 2006). Conforme os mesmos autores, um evento *Kaizen* é uma forma de aplicação rápida dos métodos e ferramentas de produção enxuta dentro de um local e tempo determinado. Como a rapidez e agilidade são premissas fundamentais no STP, foram desenvolvidas práticas para redução do tempo de ociosidade das máquinas. Neste contexto, a troca rápida de ferramenta foi desenvolvida visando minimizar períodos não-produtivos no chão-de-fábrica.

A troca rápida de ferramenta é amplamente utilizada para reduzir o tempo de *setup* das máquinas, otimizando o tempo de manufatura dos produtos (SHINGO, 1996). Andrade et al. (2008) comprovaram a melhoria do processo produtivo através da redução do *setup* dos equipamentos, diminuindo o tempo das trocas de ferramentas e desta forma aumentando o tempo disponível da máquina para a produção. Segundo Shingo (1996) existem dois tipos de operação de *setup*: o *setup* interno que necessita que o equipamento pare de operar para possibilitar a troca das ferramentas. E o *setup* externo que pode ser executado sem parar a produção da máquina.

Desta forma, a redução do tempo de *setup* pode contribuir para a eliminação de desperdício através da diminuição dos lotes de fabricação, reduzindo os estoques (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003). Assim, percebe-se a correlação entre o tempo de *setup* e

a capacidade de manufatura do sistema produtivo (MCINTOSH; NOVASKI; SUGAI, 2007). Desta forma, buscando o aumento da capacidade produtiva, Shingo (1996) apresenta oito técnicas de troca rápida de ferramentas que contribuem para a diminuição do tempo de *setup*. São elas a separação das operações de *setup* internas e externas, a conversão de *setup* interno em externo, a padronização da função e não da forma, a utilização de grampos funcionais ou eliminação de grampos, o uso de dispositivos intermediários, a adoção de operações paralelas, a eliminação de ajustes, e por fim a mecanização. As mesmas são descritas na sequência.

Durante a Separação das Operações de *Setup* Internas e Externas deve-se identificar quais as operações de *setup* podem ser executadas com a máquina em operação (externa) e quais são necessárias interromper a produção (internas). Desta forma, é possível realizar toda preparação do *setup* externo antes de parar a máquina, reduzindo o tempo de parada e consequentemente aumentando a produtividade do equipamento. Conforme Shingo (1996 p. 82), “através, simplesmente, da separação e organização das operações internas e externas, o tempo de *setup* interno (paradas inevitáveis da máquina) podem ser reduzidos de 30 a 50%”.

Após a separação das operações deve-se buscar converter *Setup* interno em externo Segundo Shingo (1996), é o princípio que mais aumenta o tempo de disponibilidade da máquina através da redução do tempo de troca de ferramenta. Consiste em reavaliar as operações de *setup* verificando se não existe a possibilidade de migrar um *setup* tido como interno para externo.

A próxima técnica busca padronizar a função e não a forma através da padronização das dimensões das ferramentas. Porém Shingo (1996) atenta para o fato de que a padronização da forma das ferramentas representa uma perda. Portanto esse princípio deve ser trabalhado na padronização da função. Desta forma é possível utilizar os mesmos dispositivos de fixação para todas as ferramentas.

Outra técnica amplamente difundida no TRF é o uso de grampos funcionais ou a eliminação de grampos. A utilização de grampos fixadores facilita a troca rápida de ferramentas. Outros dispositivos como por exemplo os parafusos acarretam em perda de tempo para sua total fixação. Porém, os dispositivos de fixação devem ser selecionados conforme a necessidade e distribuição de cargas e forças que serão exercidas sobre os mesmos.

Quanto ao uso de dispositivos intermediários trata-se da utilização de dispositivos auxiliares para facilitar o ajuste na máquina durante o *setup* interno. Portanto o objetivo dos dispositivos intermediários é diminuir o tempo de máquina parada. Desta forma, são utilizados para padronizar as ferramentas. A padronização das ferramentas facilita a adoção

das operações paralelas, eliminando movimentos desnecessários dos operadores. Neste princípio sugere-se utilizar mais de um operador para a troca de ferramenta. Desta forma é possível diminuir o tempo da troca, aumentando significativamente o tempo de máquina disponível para a operação.

Porém, o maior ganho de eficiência de setup está na eliminação de ajustes. Shingo (1996 p. 85) defende que, “ajustes e testes-piloto são responsáveis por 50 a 70% do tempo de *setup* interno”. Assim, a eliminação ou redução dos ajustes possibilita aumentar consideravelmente a disponibilidade da máquina para a operação. Entretanto, a busca por eliminar ajustes pode acabar modificando as características das ferramentas. Alterações de dimensão, peso e forma geométrica podem influenciar diretamente no tempo de *setup*. Desta forma a mecanização mostra-se uma técnica eficaz para facilitar a TRF. A mecanização consiste empregar recursos mecanizados para a troca de ferramentas. Geralmente são usados mecanismos motorizados, ar comprimido ou óleo hidráulico para facilitar e agilizar a TRF.

Portanto, verifica-se que o Sistema Toyota de Produção atua sobre muitas dimensões do sistema produtivo. Seus objetivos principais são eliminar desperdícios, aumentar o valor agregado dos produtos, reduzir custos de produção e garantir que os produtos atendam a qualidade desejada. Entretanto, o STP necessita de outras ferramentas de gestão para melhorar a performance organizacional. Dentre elas, a Teoria das Restrições que permite identificar as restrições dos processos e auxiliar na melhoria contínua da organização.

### **3.5 Teoria das Restrições**

A teoria das Restrições (TOC) é um método de gerenciamento que busca identificar e administrar as restrições organizacionais. Desta forma, seu principal objetivo é atuar sobre as restrições da empresa, possibilitando o aumento da sua capacidade produtiva (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). Assim, sempre que é identificada uma restrição, a mesma deve ser explorada ao máximo, otimizando seus recursos e desta forma melhorando sua performance (COELHO et al., 2012). Albuquerque et al. (2006) atentam para utilização de pequenas melhorias nos processos produtivos, desta forma as restrições são reduzidas através de um método de melhoria contínua.

Porém, muitas empresas possuem *mix* de produtos variados, em especial as organizações orientadas por projetos. Assim, sempre que mudar o *mix* de produtos manufaturados mudará também as restrições dos processos produtivos (OENNING et al.,

2004). Segundo os mesmos autores, mudança das restrições dificulta a utilização das técnicas de gerenciamento da TOC, pois não existirá uma restrição fixa. Assim, sempre que mudar o *mix* de produção é necessário reavaliar o processo, identificando a restrição e agindo sobre a mesma.

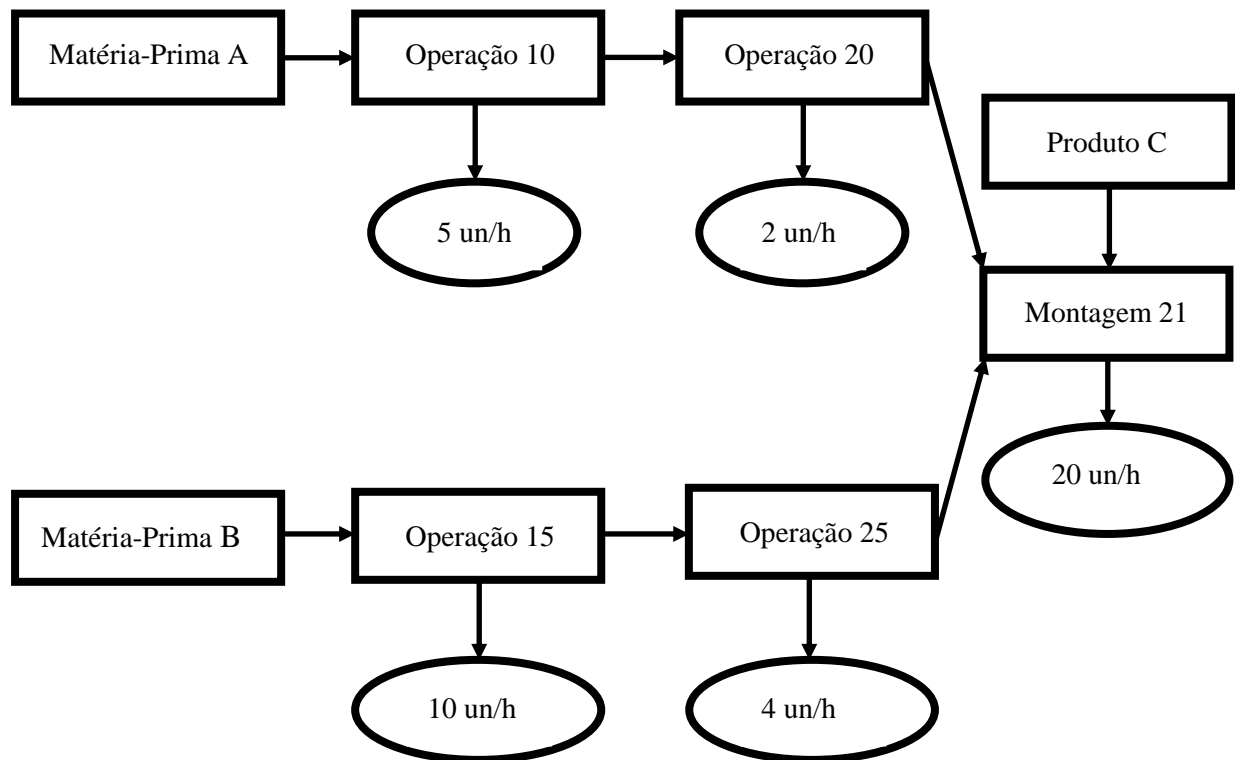
Portanto, sempre que identificado uma nova restrição é necessário reorganizar os processos a fim de aumentar a capacidade produtiva da planta (PLANTULLO, 1994). Portanto, deve-se criar uma nova cultura na tratativa das restrições, reorientando as pessoas envolvidas no processo produtivo (PLANTULLO, 1994). Assim, a avaliação dos processos produtivos nas empresas com variação do seu *mix* de produtos deve ser constante.

Segundo Antunes et al. (2008) as restrições dos processos pode ser definidas como gargalos ou recursos com capacidade restrita (CCRs). Os gargalos são processos que possuem recursos com capacidade produtiva inferior a demanda dos demais processos (ANTUNES et al., 2008). Segundo o mesmo autor, os CCRs de um modo geral têm capacidade superior aos demais processos, porém sofrem variabilidades do sistema produtivo que faz com que diminuam sua capacidade de manufatura.

Assim pode-se verificar que os gargalos são restrições que afetam o desempenho organizacional como um todo, pois sua capacidade de processamento é inferior aos demais processos (COX III; SPENCER, 2002). Antunes et al. (2008) afirma que normalmente os processos gargalos são poucos no ambiente fabril e podem ser reduzidos a somente um por determinado tempo. A figura abaixo representa parte de um processo onde é possível identificar uma operação gargalo.



**Figura 1 – Processo de operação de gargalo**



**Fonte:** Adaptado de (Cox III e Spenser, p. 71, 2002).

Para maximizar a manufatura dos produtos aumentando a capacidade produtiva é necessário aplicar as técnicas da teoria das restrições (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). Segundo os mesmos autores, para a aplicação da TOC devem ser executados cinco passos conforme descritos a seguir:

O primeiro busca identificar o(s) gargalo(s) do sistema a fim de verificar qual o processo que está restringindo a capacidade total da empresa (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). Antunes et al. (2008) afirma que “As restrições podem ser internas ou externas. Quando a demanda total de um dado *mix* de produtos é maior do que a capacidade da fábrica, diz que há um gargalo de produção. Quando a capacidade de produção é superior a demanda de produção, a restrição é externa”. Portanto, as restrições podem estar no macro ambiente da organização, como demanda de mercado e fornecedores (ANTUNES et al., 2008).

Já o segundo passo tem como objetivo explorar o(s) gargalo(s) no qual deve-se utilizar o máximo possível dos recursos do gargalo, maximizando a produção do mesmo (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). Para aumentar a capacidade produtiva do gargalo é necessário executar ações de curto prazo que possibilitem otimizar seus processos (COX III; SPENCER, 2002). Porém, se a restrição é externa significa que não há gargalo da fábrica

(ANTUNES et al., 2008). Portanto os ganhos estarão limitados as restrições do ambiente externo da organização.

No passo seguinte busca-se subordinar todas as outras decisões ao passo anterior, neste passo não há diferença se o gargalo é interno ou externo (ANTUNES et al., 2008). Os demais processos do sistema devem ser planejados para auxiliar o processo gargalo (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004).

Aumentar os gargalos é a quarta fase, a qual, basicamente é aumentar a capacidade produtiva do gargalo (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). Para adicionar capacidade produtiva ao gargalo devem ser tomadas ações para aumentar os seus recursos de manufatura (ANTUNES et al., 2008).

Por fim não deve-se permitir que a inércia se instale, no momento em que uma restrição é elevada existe a possibilidade que possam surgir novas restrições no sistema (ANTUNES et al., 2008). Portanto, é necessário voltar ao primeiro passo para reavaliar o sistema. Após a eliminação ou diminuição dos gargalos as organizações passam a utilizar-se de outras ferramentas de gestão para melhorar sua performance. Dentre elas, a agregação de valor ao produto final destaca-se por contribuir efetivamente na distribuição da carga de trabalho nas operações de manufatura.

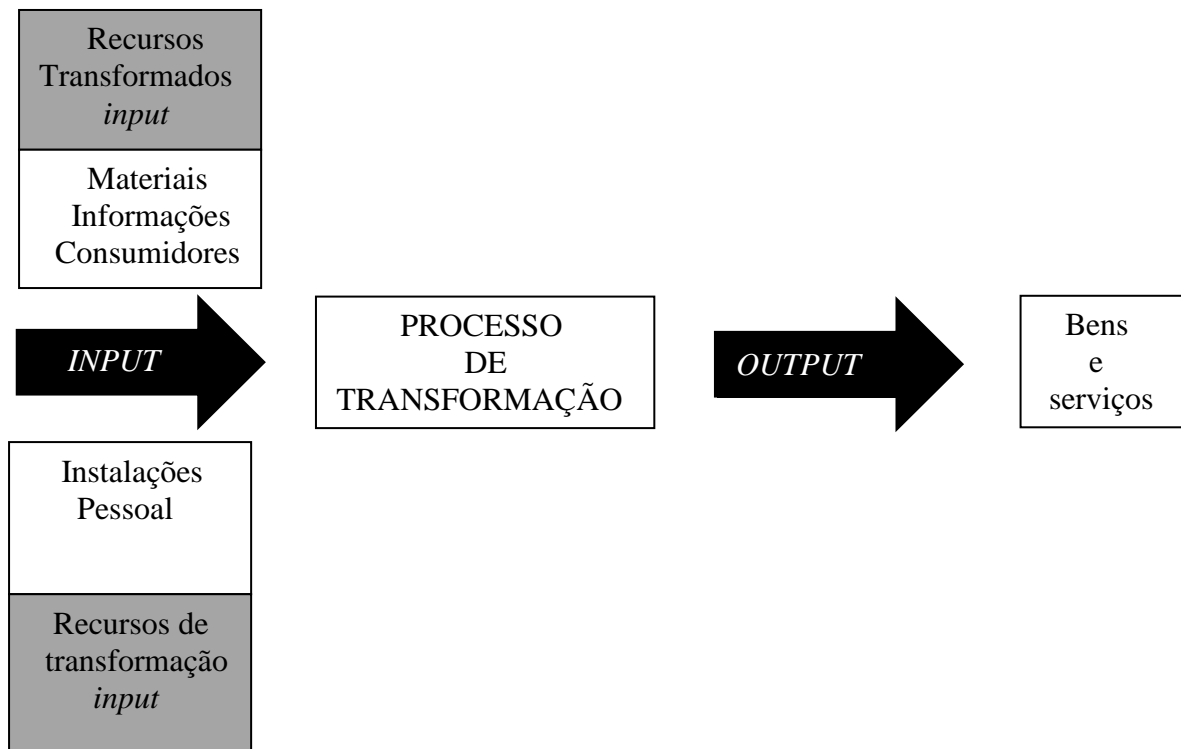
### **3.6 Valor Agregado**

O principal objetivo das operações de produção é agregar ou adicionar valor durante os processos de manufatura (STEVENSON, 2001). Portanto, as operações são projetadas e gerenciadas para gerar valor ao produto final que é entregue para o cliente (CORRÊA; CORRÊA, 2009). Desta forma, faz-se necessário o estudo e análise dos processos produtivos afim de aumentar a eficácia organizacional através de ajustes dos processos produtivos, visando concentrar esforços nas atividades que agregam valor ao produto.

Segundo Stevenson (2001), a função produção tem como principal característica agregar valor aos produtos durante o processo de transformação. Para Fullmann (2009), a Agregação de Valor se dá através da transformação do produto, seja ele físico ou de informação, criando valor através das etapas da cadeia produtiva da empresa. Segundo Stevenson (2001 p. 4) “Valor agregado ou adicionado é o termo utilizado para descrever a diferença entre o valor ou preço dos *outputs* e o custo dos *inputs*”. Porém, entre os *inputs* e *outputs* existe um processo de transformação. Tal processo é caracterizado pela utilização de

recursos para alterar o estado ou condição de algo, ou seja, o input passa por uma transformação que resulta em *output* (SLACK, et al. 2007).

**Figura 2 – Processo de transformação**



**Fonte:** Adaptado de (Slack et al., p. 32, 2007).

A ilustração acima descreve um processo de transformação, onde a alimentação do processo se dá através das entradas (*inputs*), composto por elementos de matéria-prima, informações, instalações, mão-de-obra, demanda do cliente. Na sequência o processo de transformação utiliza-se dos recursos de *input* para modificar ou transformar o produto/serviço. O *output* é o resultado da transformação, podendo ser um produto ou serviço.

Porém, durante o processo de transformação existem perdas nas operações de manufatura. Assim, o estudo dos tempos e movimentos são importantes para gerenciar os processos produtivos e aproveitar o máximo do tempo possível em atividades que agregam valor ao produto. Desta forma, Ohno (2002) classificou as operações de produção em trabalho e desperdício. Segundo Ohno (2002) o desperdício é formado pelo conjunto de operações e atividades que não agregam valor ao produto e são dispensáveis para o processo, sendo que os mesmos aumentam os custos de produção, são repetitivos e desnecessários. O mesmo autor afirma que o trabalho agrega valor porque seu processamento altera ou transforma a

característica do produto. Porém, também ressalta que algumas operações de trabalho não alteram as características dos produtos mas são necessárias para o processo.

## **4 MÉTODO**

No presente capítulo, serão apresentados os aspectos metodológicos utilizados para elaboração deste estudo. Assim, o método utilizado neste estudo busca alcançar uma resposta a problemática identificada. Portanto, serão apresentados a seguir o tipo de pesquisa utilizado, a população na qual foi aplicada a pesquisa, o instrumento empregado para coleta, a técnica de coleta e as técnicas para análise dos dados.

### **4.1 Tipo de Pesquisa**

O presente trabalho caracteriza-se por verificar o impacto da eliminação de operações envolvidas no processo de soldagem de peças no tempo de agregação de valor do soldador. Portanto, foram observados os fenômenos relacionados ao processo de soldagem. Assim, trata-se de uma pesquisa causal, em que houve a manipulação de uma variável independente e a relação de causa e efeito do experimento (MALHOTRA, 2012). Segundo Yin (2010, p. 32) “os experimentos são realizados quando o pesquisador pode manipular o comportamento direta, precisa e sistematicamente”. Neste trabalho, a manipulação se deu através da eliminação da operação de limpeza de peças pelos soldadores.

A pesquisa é classificada como quantitativa, visto que identificou, classificou e analisou as operações do soldador e em seguida mensurou os tempos de agregação de valor. Segundo Diehl e Paim (2002), a pesquisa quantitativa é caracterizada pelas quantificações, tanto no momento da coleta de dados quanto na aplicação de técnicas estatísticas para o tratamento das informações. Trata-se de um estudo de corte transversal, pois as informações foram coletadas em um único momento.

### **4.2 População**

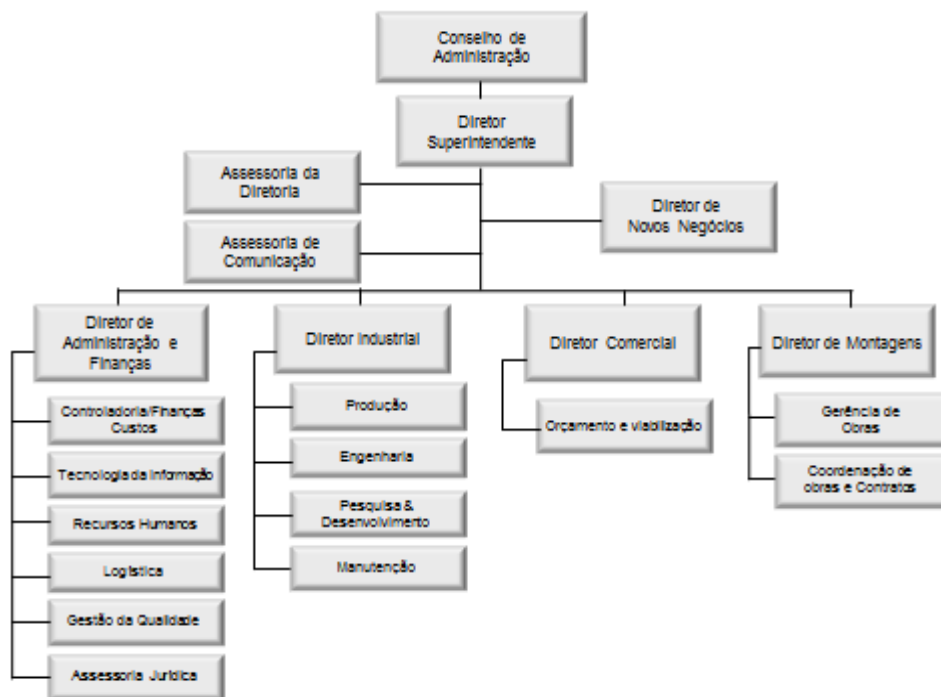
Para alcançar o objetivo do estudo, a população constitui-se de colaboradores do setor de solda de uma indústria metalmeccânica, localizada na região norte do Rio Grande do Sul. A empresa atua no ramo de estruturas metálicas, atendendo os mercados de Papel e Celulose, Petroquímica, Mineração e Siderurgia, Infraestrutura e Energia, Óleo e Gás e Componentes Metálicos.

Portanto, a organização foi escolhida como elemento do estudo por tratar-se de uma empresa orientada por projetos. Em decorrência da grande variação do *mix* de produtos, algumas peças produzidas possuem maior complexidade em determinadas operações, dificultando o fluxo contínuo de produção. Desta forma, faz-se necessário atuar sobre as restrições do processo produtivo, equilibrando-as com os demais processos. Assim, O setor de solda foi selecionado como objeto de estudo por tratar-se da restrição do processo produtivo da empresa.

A organização utiliza-se de um sistema de governança corporativa contribuindo para a dinâmica dos processos gerenciais e tomada de decisão. A empresa possui um Sistema de Gestão Integrada (ERP) para auxiliar no gerenciamento de seus processos. O ERP é alimentado com informações fornecidas por cada departamento. Desta forma, facilita a visualização dos indicadores setoriais, verificando a eficiência da organização e avaliando os desdobramentos das diretrizes corporativas.

A estrutura organizacional da empresa conta com um Conselho de Administração que participa ativamente nas decisões estratégicas da organização. As principais atividades do conselho são monitorar o desempenho da corporação, tomar decisões e fazer aconselhamentos para a diretoria. Assim, a estrutura organizacional está disposta conforme a figura 3.

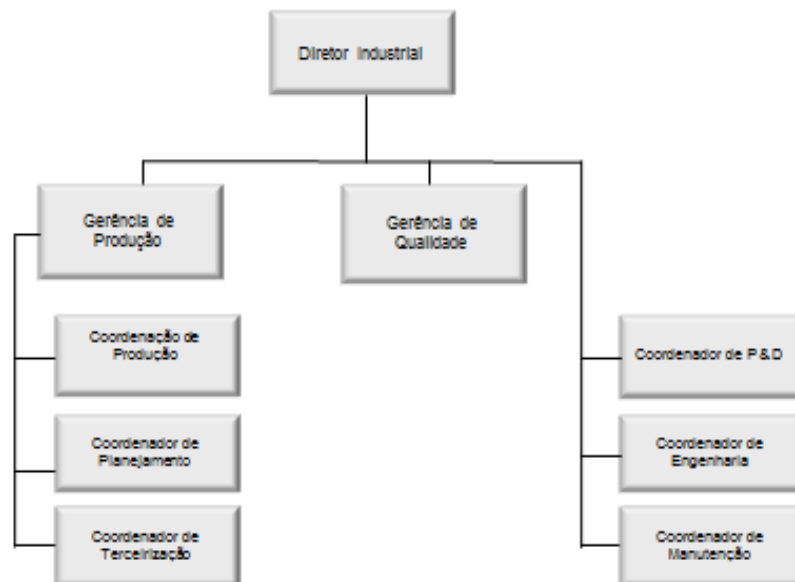
**Figura 3 – Organograma geral da organização**



**Fonte:** Fornecido pela empresa, 2014.

Como pode ser observado no organograma, cada diretoria é responsável por uma série de departamentos. Assim, os diretores agem sobre setores inter-relacionados a sua área de atuação. Portanto, a estrutura da empresa está definida e organizada de forma que cada diretor mantenha controle sobre os processos produzidos por sua área. Porém, através do software de sistema de gestão integrada (ERP) é possível que os diretores obtenham uma visão sistêmica da organização, independentemente da área de atuação. Entretanto, os desdobramentos da estratégia organizacional devem ser analisados individualmente pelos gestores. Desta forma, cabe ao diretor industrial a responsabilidade pelos setores produtivos e demais setores de suporte da área fabril conforme demonstrado no organograma 4.

**Figura 4 – Organograma diretoria industrial**



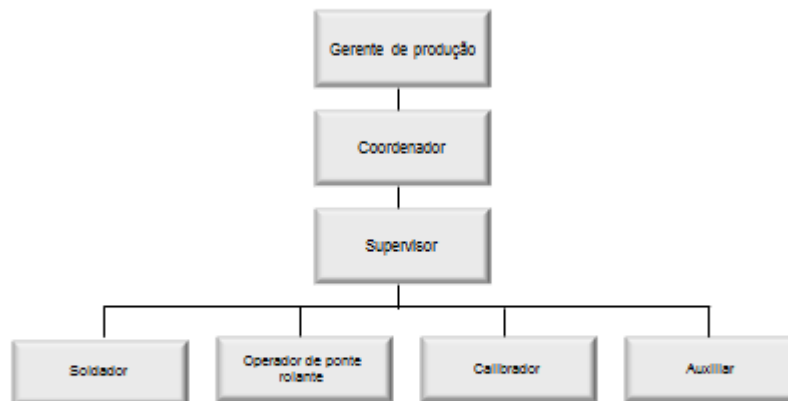
**Fonte:** fornecido pela empresa, 2014.

Quanto a estrutura de produção, os níveis hierárquicos estão subdivididos entre gerência de produção, coordenação de produção, coordenador de planejamento e coordenador de terceirização. Sendo que a coordenação de produção engloba três setores da área produtiva. Desta forma, cada coordenador de produção possui a estrutura hierárquica necessária para atender as demandas de produção do seu setor.

Desta forma, a figura 5 demonstra o organograma do setor de solda, sendo que o mesmo representa 36,40% de toda mão-de-obra direta do departamento de produção. Os

soldadores por sua vez representam 32,35% do setor de solda e conseqüentemente 11,77% da mão-de obra direta do processo produtivo.

**Figura 5 – Organograma setor de solda**



**Fonte:** fornecido pela empresa, 2014.

Diehl e Paim (2002, p. 92), afirmam que “população ou universo é um conjunto de elementos passíveis de serem mensurados, com respeito as variáveis que se pretende levantar”. Segundo Malhotra (2012), a população é o conjunto de elementos que compartilham de características em comum. Portanto, no caso deste estudo as principais características em comum da população é que todos os colaboradores observados são soldadores do setor de solda da empresa e executam as mesmas operações.

### 4.3 Amostra

Porém, há dificuldade em aplicar as técnicas de pesquisa em todos os soldadores. Desta forma, é necessário utilizar-se da técnica de amostragem não probabilística para selecionar a amostra do estudo. Segundo Diehl e Paim (2002), a técnica não probabilística é caracterizada por não utilizar formas de seleção aleatórias, onde o pesquisador opta por obter elementos para a amostragem através da conveniência. Portanto, os elementos da amostra



foram escolhidos através da observação das características que podem influenciar seu desempenho durante a execução de suas atividades.

Desta forma, verifica-se a importância da observação das principais características que podem afetar o desempenho dos soldadores. Portanto, faz-se necessário que a escolha dos elementos da amostra seja baseada na seleção de soldadores que possuam características semelhantes as da população. Assim a amostra representará a população da qual foi retirada (COLLIS e HUSSEY, 2005). Portanto, o quadro 1 facilita a comparação das principais características entre a população e a amostra.

***Quadro 1 – Características da população e amostra***

Características	População	Amostra
Idade	Entre 21 e 50 anos	Entre 26 e 45 anos
Tempo de empresa	Entre 1 e 22 anos	Entre 1 e 13 anos
Tempo na função	Entre 1 e 22 anos	Entre 1 e 11 anos
Grau de instrução	Entre 7º série e ensino médio	Entre 7º série e ensino médio

Fonte: elaborado pelo autor, 2014.

Assim, o experimento foi dividido em duas etapas, onde na primeira o grupo de soldadores observados foi nomeado como grupo de controle. O grupo de controle retrata o cenário em que os soldadores executam suas operações normalmente. Neste grupo não houve qualquer tipo de alteração ou manipulação, o processo transcorreu normalmente não havendo diferença em relação aos demais soldadores. Os soldadores deste grupo foram observados através de controladores de processo de soldagem (CPS), durante as coletas de dados.

Na segunda etapa, houve manipulação das operações executadas pelo soldador. Este grupo foi denominado de grupo experimental.

#### **4.4 Instrumento de Coleta de Dados**

O instrumento de coleta de dados constitui-se da utilização de cronoanálises para a verificação do tempo que o colaborador observado efetivamente executa o processo de soldagem. Durante a observação pela cronoanálise, é mensurado o tempo das principais operações executadas pelo soldador. Desta forma, através da cronoanálise é possível verificar qual é o percentual do tempo efetivo de soldagem, que é considerado o tempo de agregação de valor (AAV). Os demais tempos do processo de soldagem estão divididos entre processos que não agregam valor mas são necessários (ANAVN) e desperdício (ANAVD), conforme pode ser visualizado a seguir:

**Quadro 2 – Tempos do processo de soldagem**

Processo	Classificação
Em manutenção	ANAVD (desperdício)
Espera por ponte rolante	ANAVD (desperdício)
Falta de peças para soldar	ANAVD (desperdício)
Grafitar	ANAVN (não agrega valor mas é necessário)
Limpar	ANAVD (desperdício)
Pré-aquecer	ANAVN (não agrega valor mas é necessário)
Retrabalhar	ANAVD (desperdício)
Setup	ANAVD (desperdício)
Soldar	AAV (agrega valor)

Fonte: elaborado pelo autor, 2014.

Para facilitar a categorização das intervenções executadas pelo soldador, a empresa optou por utilizar as siglas AAV, ANAVN e ANAVD para representação da classificação das operações.

## 4.5 Coleta de Dados

A coleta de dados tem por objetivo a busca por informações pertinentes ao objeto de pesquisa. Assim, existem inúmeras técnicas para coletar os dados. Portanto, cabe ao pesquisador utilizar a mais adequada conforme o contexto de seu estudo (DIEHL e PAIM, 2002). Assim, o presente estudo utilizou-se de dados secundários internos, prontos para a aplicação, onde a empresa que forneceu os dados necessários através de relatórios.

O estudo utilizou-se da técnica de observação mecânica para a coleta dos dados. Segundo Malhotra (2012, p. 157), a observação mecânica é caracterizada quando “dispositivos mecânicos, e não observadores humanos, registram o fenômeno que está sendo observado”. Porém, segundo o mesmo autor, tais dispositivos podem ter ou não interação com os elementos pesquisados, assim possibilitam registrar o comportamento para verificações futuras (MALHOTRA, 2012).

Assim, para a coleta deste estudo, foram usados Controladores de Processo de Soldagem (CPS) instalado nas máquinas de solda dos soldadores observados. O CPS é um equipamento que permite através das cronoanálises o monitoramento das principais operações executadas pelos soldadores. As operações são disponibilizadas em tempo real, sendo atualizadas a cada minuto. Trata-se de um dispositivo de coleta de dados *wireless* que envia as informações coletadas para o servidor da empresa. Disponibilizando os gráficos e relatórios

necessários para a análise do processo de soldagem. Também há a opção de acesso *on-line*, possibilitando o monitoramento da produção em tempo real.

Desta forma, foram realizadas duas etapas de coleta de dados através das observações mecânicas. A primeira foi nos meses de novembro e dezembro de 2013, onde o processo produtivo transcorreu normalmente. Esta etapa da coleta foi composta por um grupo de 10 soldadores que executavam suas operações habituais normalmente. Durante este período foram observados os tempos de 205 cronoanálises onde os soldadores executavam soldagem e ajudavam na limpeza de peças quando necessário. Este grupo foi chamado de grupo de controle, visto que suas operações eram controladas através do controlador de processo que mensurava todas as atividades executadas pelo soldador.

Na sequência no mês de abril de 2014, foi realizada a manipulação do processo, onde foi eliminada a operação de limpeza por parte dos soldadores. A este grupo foi dado o nome de grupo experimental, sendo que seus membros foram orientados a não executar a operação de limpeza de peças soldadas. Desta forma, os soldadores do grupo experimental puderam utilizar seu tempo para a soldagem de peças e demais operações relacionados ao processo.

Porém, no grupo experimental houve dificuldade em manter o mesmo número de amostras do grupo de controle. Ocorreu que a eliminação da operação de limpeza por parte dos soldadores poderia gerar impactos diretos na produção do setor de solda. Isto porque sem a ajuda dos soldadores na limpeza poderiam acumular peças soldadas para limpar, afetando o desempenho do setor e conseqüentemente prejudicando o desempenho da empresa.

Portanto, a amostra limitou-se a quantidade de soldadores que poderiam participar do experimento sem prejudicar o andamento do processo produtivo. Assim, o grupo experimental foi composto por 5 soldadores do grupo de controle, com um total de 70 observações. Os soldadores do grupo experimental foram selecionados observando o posicionamento de seus postos de trabalho, sempre mantendo o cuidado para não afetar o processo produtivo.

Como nos meses de janeiro, fevereiro e março haviam soldadores no período de férias, optou-se por não utilizar as cronoanálises deste período. A decisão de não utilizar as medições do primeiro trimestre de 2014 se deve ao fato de evitar que variáveis incontroláveis como, alterações no ritmo de trabalho próximo a período de férias influenciasse nos resultados. Como a mensuração estava pautada na construção de dois cenários distintos, também optou-se por coletar todos os dados do grupo de controle antes do período de férias e, passados dois meses, formatar o grupo experimental e iniciar a medição das cronoanálises.

## **4.6 Análise dos Dados**

Segundo Diehl e Paim (2002), a necessidade de interpretação dos dados coletados faz com que os pesquisadores utilizem-se de instrumentos específicos para cada tipo de pesquisa. Portanto, a análise de dados facilita o entendimento sobre a problemática em estudo. Desta forma, faz-se necessário utilizar-se de técnicas estatísticas para auxiliar a análise dos dados coletados. Assim, o presente estudo utilizou-se da técnica estatística Teste t com o objetivo de parametrizar os dados coletados.

Collis e Hussey (2005, p. 230), afirmam que “as investigações estatísticas envolvendo experimentos controlados costumam comparar os parâmetros de duas populações”. Os mesmos autores afirmam que é comum em experimentos separar os elementos em duas amostras, que normalmente são conhecidas como grupo de controle e grupo experimental. No caso do presente estudo o grupo de controle faz referência a primeira fase do experimento onde as cronoanálises foram coletadas nas condições normais de trabalho, ou seja, sem qualquer tipo de manipulação. O grupo experimental constitui-se das cronoanálises coletadas após a eliminação de limpeza de peças pelos soldadores.

### **4.6.1 Análise da Organização**

O elevado nível de competição faz com que as empresas busquem constantemente o aperfeiçoamento de seus processos e conseqüentemente aumentem a eficácia da organização. Neste contexto, são frequentes as movimentações para ajustar a estrutura organizacional e produtiva, e desta forma melhorar o desempenho da empresa. Assim, o cenário empresarial extremamente competitivo estimula as organizações a buscarem inovações que facilitem a manufatura de seus produtos.

Portanto, tornou-se indispensável possuir um sistema de produção que atenda as demandas organizacionais. Neste sentido, há dificuldade em gerir a cadeia produtiva sem que existam perdas durante o processo. Para obter resultados expressivos nos processos de manufatura é necessário identificar e eliminar desperdícios gerados nas operações produtivas.

Desta forma, é fundamental o entendimento dos ambientes interno e externo da organização, e desta forma mapear quais são as restrições da empresa. Assim, utilizando-se da do método de gerenciamento da Teoria das Restrições a empresa atua sobre suas restrições e busca potencializar a capacidade produtiva, eliminando ou reduzindo os gargalos da

organização, compartilhando os conceitos de Krajewski e Ritzman (2004). Neste contexto realizou-se o estudo sobre as operações executadas pelos soldadores porque o processo de soldagem trata-se da restrição produtiva no cenário atual e conseqüentemente tem impactos relevantes a cerca do desempenho organizacional.

Conseqüentemente, os resultados da área de produção onde foi concebido o estudo estão diretamente relacionados ao desempenho do setor de solda. Assim, para melhorar o desempenho organizacional é necessário agir sobre o gargalo produtivo, ou seja, aumentar a produtividade dos soldadores. Portanto, foi necessário classificar as operações dos soldadores, observando quais operações alteravam as características do produto após sua execução. Durante o processo de análise das operações, observou-se que algumas operações não alteravam as características do produto, porém eram indispensáveis para o processo, essas operações foram denominadas pela empresa estudada como ANAVN.

Também foi constatado que qualquer tipo de parada do equipamento de soldagem representava desperdício porque com as paradas o soldador ficava impedido de agregar valor ao produto, estas paradas a empresa nomeou como ANAVD. Desta forma, a única operação do soldador que agrega valor ao produto é a operação de soldagem. Assim, a empresa adotou o termo AAV para representar a operação de soldagem de peças. Portanto, as terminologias ANAVN (não agrega valor mas é necessário), ANAVD (desperdício) e AAV são utilizadas para identificar todas as operações executadas pelos soldadores.

Para a classificação das operações utilizou-se da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor do Sistema Toyota de Produção permitindo o controle e mapeamento dos processos produtivos, verificando quais agregam e quais não agregam valor ao produto final, anuindo as tratativas de Santos et al.; (2012). Na seqüência, durante a análise das operações executadas pelos soldadores verificou-se que era possível aumentar o tempo de agregação de valor através da eliminação de operações que eram consideradas desperdícios ou que eram necessárias para o processo mas não agregavam valor ao produto.

A análise foi realizada após as coletas de dados do grupo de controle, onde a operação de limpeza de peças destacou-se frente as demais. A limpeza de peças é uma operação considerada desperdício porque embora seja uma operação necessária para a sequencia do fluxo de produção pode ser executada por auxiliares, possibilitando que os soldadores executem o processo de soldagem em outra peça, agregando valor a mesma. Assim, ao observar que os soldadores do grupo de controle ficaram 24,09% do seu tempo útil da jornada de trabalho limpando peças, frente a 13,38% de agregação de valor foi verificado que havia uma grande possibilidade de melhoria.

Desta forma, a operação de limpeza de peças por parte do soldador foi selecionada para ser o objeto de manipulação durante as observações do grupo experimental, porque possuía alto tempo de execução dos soldadores e porque não necessitava de grandes modificações na estrutura do setor de solda. Portanto, durante o estudo, o grupo experimental não executava a limpeza de peças. Assim, sempre que o soldador acabava o processo de soldagem, a peça era substituída, possibilitando que o soldador voltasse a soldar e desta forma aumentasse o seu tempo de agregação de valor.

Portanto, foi possível elevar o percentual do tempo de agregação de valor do grupo experimental, ou seja, no grupo de controle o percentual foi de 13,38% enquanto no grupo experimental foi de 22,26%. Assim, o grupo experimental apresentou um aumento de 66,76% no tempo de agregação de valor em relação ao grupo de controle. Portanto, a eliminação da operação de limpeza por parte dos soldadores do grupo experimental representou diferença no tempo de agregação de valor (AAV) dos soldadores. Assim, a manipulação mostrou-se benéfica, pois com o aumento do tempo de agregação de valor do soldador faz com que mais peças sejam soldadas e conseqüentemente aumente o volume de produção do setor de solda.

Todavia, o aumento de produtividade representa apenas um dos benefícios gerados com a manipulação da operação de limpeza, visto que esta é uma operação que deve ser realizada por auxiliares. Portanto, cabe ressaltar que existem grandes diferenças entre os soldadores e auxiliares. Essas diferenças podem ser visualizadas no quadro 3.

***Quadro 3: Comparação entre características de soldadores e auxiliares.***

	Média salarial	Qualificação	Formação nível inicial	Formação nível médio
Soldador	100%	Certificadora	6 meses	48 meses
Auxiliar	66%	Não necessita certificadora	2 meses	6 meses

Fonte: elaborado pelo autor, 2014.

Pode-se observar no quadro acima que existem particularidades entre soldadores e auxiliares. A média salarial dos auxiliares é 34% menor que a média salarial dos soldadores. Desta forma, quando soldadores executam operações destinadas a auxiliares, como a operação de limpeza de peças isto representa que está ocorrendo um desperdício financeiro. Observando as médias salariais é possível afirmar que com o recurso financeiro utilizado para pagar o salário de 2 soldadores poder-se-iam pagar o salário de 3 auxiliares, ou seja, seria possível aumentar consideravelmente o número de colaboradores utilizando-se dos mesmos valores financeiros.

Assim, levando em consideração o quadro funcional de 55 soldadores pode-se afirmar que se todos os soldadores apenas limpassem peças durante um mês, com o mesmo recurso financeiro utilizado para pagar seus salários seria possível manter um quadro de 85 auxiliares. Desta forma, financeiramente é inviável manter os soldadores limpando peças, pois eleva o custo final do produto. Também ocorre que o grupo de soldadores são certificados por empresas especializadas no processo de soldagem. Desta forma, é necessário investimento financeiro para manter os soldadores qualificados.

A qualificação é obtida através de teste prático onde o soldador precisa simular um processo de soldagem em um corpo de prova que passa pelos mesmos ensaios de qualidade que são realizados nas peças. Assim, sempre que necessário é obrigatória a requalificação dos soldadores. A qualificação, manutenção ou requalificação dos soldadores envolvem valores financeiros e tempo útil dos soldadores para realizarem os testes. Para os auxiliares não são necessárias as realizações de testes para qualificação. Portanto, a utilização de profissionais qualificados para executar a operação de limpeza representa mais um tipo de desperdício financeiro.

Outro aspecto importante que deve ser observado é o tempo para formação de auxiliares e soldadores. Segundo a empresa, para a formação inicial de um soldador são necessários 6 meses. Sendo que os 3 primeiros meses os soldadores recebem treinamento teórico e prático, e nos 3 meses seguintes são acompanhados por colaboradores mais experientes durante a execução de suas operações. Os auxiliares por sua vez recebem treinamento teórico e prático de apenas 2 dias quando são contratados e na sequência iniciam suas atividades com o auxílio de colaboradores mais experientes.

Desta forma, pode-se afirmar que existe grande diferença financeira e também de tempo na formação dos profissionais. Onde a empresa informou que os auxiliares necessitam de 2 meses de treinamento e acompanhamento para executar suas atividades a um nível inicial de conhecimento, enquanto os soldadores necessitam de 6 meses para estarem aptos a desempenharem as atividades de um soldador de nível inicial.

Porém, a diferença é ainda maior quando comparado o tempo de formação de um colaborador de nível médio. Enquanto forma-se um auxiliar de nível médio em 6 meses, são necessários 48 meses para formar um soldador de nível médio. Isto ocorre porque as operações executadas pelo soldador possuem alto grau de complexidade em relação as operações executadas pelos auxiliares. Desta forma, a empresa entende que utilizar profissional altamente qualificado para executar operações menos complexas caracteriza desperdício de recurso.

Deste modo observou-se que a eliminação da operação de limpeza de peças pelos soldadores impactou positivamente na organização, pois aumentou o tempo de agregação de valor do soldador, conseqüentemente aumentou a capacidade produtiva do processo de soldagem, eliminando desperdício de recursos de mão-de-obra qualificada, portanto melhorou a eficiência organizacional. Conclui-se que é altamente vantajoso não utilizar tempo dos soldadores com limpeza de peças, pois desta forma otimizam-se os recursos dos processos de soldagem.



## 5 Resultados

### 5.1 Classificação e análise das operações do soldador

No setor de solda são realizadas inúmeras operações referentes ao processo de manufatura de peças. Dentre elas destacam-se a operação de soldagem de peças, a operação de limpeza de peças soldadas e a operação de calibração de peças. Destas, observou-se que a principal atividade de agregação de valor ao produto é a operação de soldagem. Desta forma, embora as demais operações são necessárias para dar sequência ao fluxo de produção, o processo de soldagem foi considerado o mais significativo perante as operações executadas no setor.

A soldagem é considerada a operação que agrega valor porque modifica o produto, ou seja, é através deste processo que as peças são ligadas entre si. Embora o setor de montagem una as peças com a utilização de travas, é através do processo de soldagem que o produto recebe seu formato final. Assim, visando melhorar a eficiência do processo de soldagem, as operações executadas pelo soldador foram analisadas e classificadas conforme a figura 6.

#### *Quadro 4 – Operações do soldador*

Operação	Classificação
Grafitar	ANAVN (não agrega valor mas é necessário)
Limpar	ANAVD (desperdício)
Pré-aquecer	ANAVN (não agrega valor mas é necessário)
Retrabalhar	ANAVD (desperdício)
Setup	ANAVD (desperdício)
Soldar	AAV (agrega valor)

Fonte: elaborado pelo autor, 2014.

O quadro apresenta todas as operações executadas pelo soldador durante sua jornada de trabalho. A operação de grafitar é o ato de remoção de material base (matéria-prima) ou solda através da utilização do processo de goivagem. Foi classificada como operação que não agrega valor ao produto mas é necessária ao processo pois é amplamente utilizada principalmente em soldagem de peças com ensaio de ultrassom. A limpeza trata-se de remover a escória dos cordões de solda, retirar respingos provenientes do processo de soldagem, lixar cantos vivos das peças, retirar rebarbas e corrigir imperfeições dos cordões de solda. A limpeza foi tratada como desperdício porque é uma operação executada por auxiliares, porém, os mesmos recebem ajuda dos soldadores. O pré-aquecimento refere-se a

e elevar a temperatura das juntas a serem soldadas ao nível descrito no procedimento de soldagem. As juntas são aquecidas com a utilização de maçaricos ou resistências elétricas, dependendo da matéria-prima da peça. Foi considerada uma operação necessária ao processo, porém sem agregar valor ao produto.

A operação de retrabalhar classificada como desperdício, indica a necessidade de corrigir imperfeições ocasionadas por desvios durante o processo de soldagem. O setup refere-se a preparação da máquina de solda para executar a operação. É considerado desperdício porque durante o processo de setup não é possível agregar valor ao produto. Assim, soldar é a única operação executada pelo soldador que agrega valor ao produto. Desta forma, o soldador agrega valor quando está com o arco de solda aberto, ou seja, está efetivamente executando a operação que corresponde a sua função.

A classificação das operações executadas pelo soldador foi feita através da análise do processo de soldagem como um todo, ou seja, foram analisadas todas as operações, verificado quais alteravam ou modificavam o produto (agregar valor), quais não alteravam o produto mas eram necessárias e quais poderiam ser executadas pelos auxiliares. Esta classificação foi fornecida pela empresa, pois já estavam determinadas pelos gestores de produção em conjunto o setor de engenharia de processos. Assim, durante a análise do grupo de controle constatou-se que o soldador passava muito tempo executando operações que não agregavam valor ao produto, e desta forma possuía baixo tempo de valor agregado.

## **5.2 Identificação de desperdício**

Durante o processo de soldagem existem algumas operações executadas pelo soldador que são consideradas desperdícios pela organização. A empresa considera desperdício toda operação que não agrega valor ao produto final e que não faz parte das operações determinadas para cada função. Desta forma, sempre que o soldador deixa de soldar para executar outra operação está diminuindo seu tempo de agregação de valor. Porém, foi constatado que durante o processo de soldagem haviam outras perdas conforme pode ser visualizado no quadro 5.

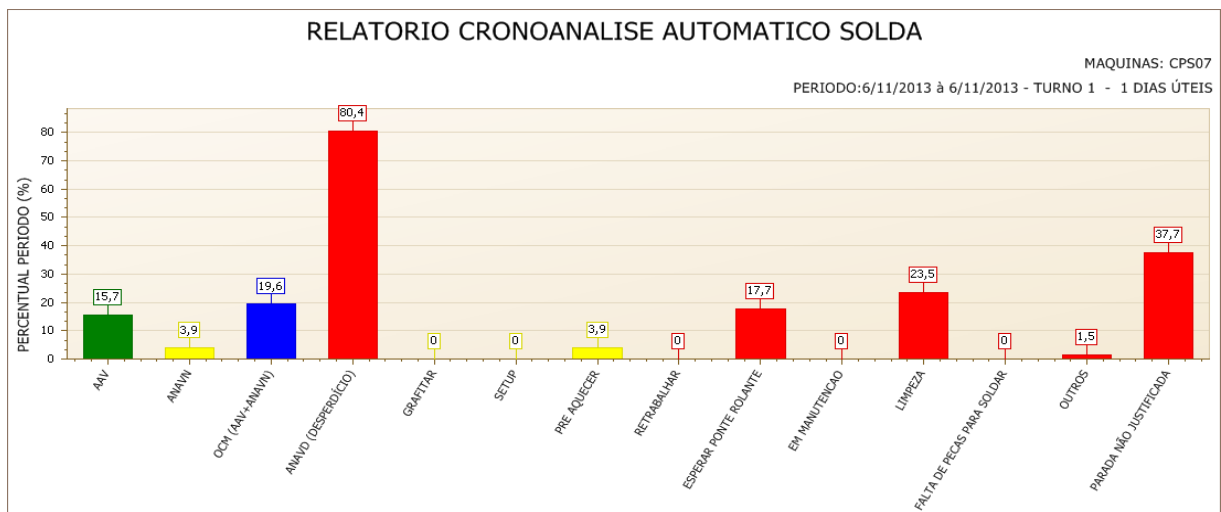
**Quadro 5**– Desperdícios do processo de soldagem

Operação	Classificação
Em manutenção	ANAVD (desperdício)
Espera por ponte rolante	ANAVD (desperdício)
Falta de peças para soldar	ANAVD (desperdício)
Limpar	ANAVD (desperdício)

Fonte: elaborado pelo autor, 2014.

Toda manutenção do equipamento de solda que necessite interromper a operação é tratada como desperdício porque impede o soldador de executar o processo de soldagem. Cabe ressaltar que trata-se de manutenção corretiva, ou seja, o equipamento está danificado e é necessário substituí-lo ou consertá-lo. A espera por ponte rolante está ligada a movimentação de peças. Cada soldador tem uma peça disponível para soldagem em seu posto de trabalho, sempre que termina sua peça ou necessita trocar a mesma de posição para continuar o processo é necessário solicitar que o operador de ponte rolante execute a movimentação desejada.

Como uma ponte rolante atende a vários soldadores e auxiliares algumas vezes o soldador necessita aguardar o atendimento do operador de ponte rolante. O item falta de peças para soldar retrata um cenário onde não exista peças prontas para executar a soldagem. Neste caso, não há estoque de peças montadas para soldar, desta forma o soldador fica aguardando a chegada de uma nova peça. A operação de limpeza é caracterizada quando o soldador deixa de soldar para ajudar o auxiliar na limpeza de peças. A figura 6 é um exemplo de cronoanálise extraída através do observador mecânico (CPS).

**Figura 6** – Exemplo de cronoanálise grupo de controle

Fonte: fornecido pela empresa, 2013.

A cronoanálise demonstra todas as operações executadas pelo soldador e qual foi o percentual de tempo destinado a cada uma delas naquela amostra. Pode ser visualizado no canto superior direito da cronoanálise a máquina observada (CPS 07), o data da coleta (06/11/2013), o turno de trabalho (1) e a quantidade de dias úteis utilizados para gerar o relatório (1).

Neste exemplo, o percentual de valor agregado ao produto (AAV) foi de 15,7% do tempo da jornada de trabalho, enquanto o desperdício (ANAVD) foi de 80,4%. Observa-se que o percentual de paradas não justificadas foi de 37,7%, sendo o maior entre todas as operações observadas na cronoanálise. Tal fato ocorre porque durante o processo de soldagem existem inúmeras paradas que não são possíveis cronometrar através da observação mecânica. Dentre as quais destacam-se a remoção da camada protetora (escória) formada sobre os cordões de solda, o tempo utilizado para posicionamento do soldador antes de iniciar a soldagem e a troca de ferramentas para remoção da escória.

### **5.3 Eliminação da operação limpeza de peças**

Assim, como as paradas não justificadas são compostas por inúmeros fatores que não são passíveis de controle ou manipulação, foram observadas as demais situações de desperdício. Desta forma, foram analisadas as duas operações que mais influenciaram no tempo de agregação de valor do soldador (AAV): a espera por ponte rolante e a limpeza de peças soldadas. Durante a análise das variáveis, observou-se que a espera por ponte rolante se dá devido a dificuldade em manter todos os soldadores abastecidos com peças para soldar. Desta forma, para manipular tal variável seria necessário um estudo aprofundado sobre o Layout de disposição das peças, bem como o estudo de viabilidade financeira e estrutural para aquisição e instalação de novos equipamentos de movimentação.

Desta forma, optou-se por manipular a variável limpeza de peças soldadas, pois esta é uma operação executada por auxiliar. Porém, devido a complexidade das peças e alto grau de exigência de procedimentos e normas técnicas, muitas vezes o soldador acabava de soldar uma peça e ajudava o auxiliar executar a limpeza para que fosse possível dar o fluxo de produção necessário. Porém, tratava-se de desperdício do tempo do soldador, pois a operação de limpeza é uma atividade menos complexa que a soldagem e desta forma não necessita da qualificação e experiência que possuem os soldadores. Portanto, o tempo da operação de

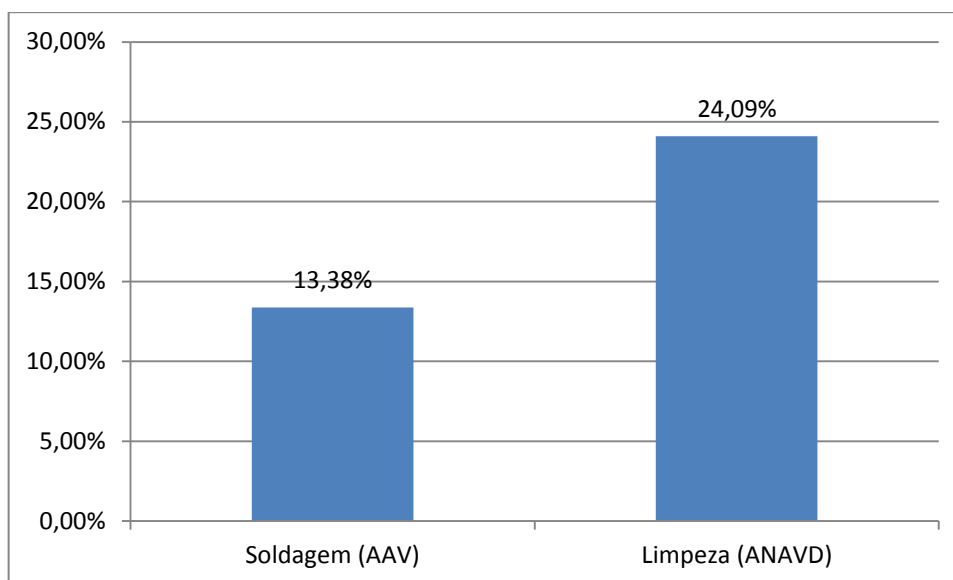
limpeza de peças foi analisado juntamente com o tempo de agregação de valor para que fosse possível uma comparação entre os mesmos.

Assim, ficou evidente que o soldador estava utilizando tempo da sua jornada de trabalho na operação de limpeza. Durante o período de coleta de dados os soldadores observados ficaram em média 13,38% do tempo de sua jornada de trabalho agregando valor. Portanto, estava deixando de executar o processo de soldagem, caracterizando desperdício. Nesta mesma amostra o tempo de limpeza de peças pelos soldadores ficou acima do desejado pela empresa. Em média os soldadores passaram 24,09% de seu tempo útil limpando peças, caracterizando um alto número de desperdício.

Como o setor de solda trata-se do gargalo da organização aumentar a capacidade produtiva passa necessariamente por aumentar o volume de peças soldadas. Desta forma, devem-se desenvolver ações para que o volume de peças soldadas seja a quantidade necessária para alcançar as metas de produção.

Desta forma, se fez necessário uma comparação entre os tempos de agregação de valor (AAV) e tempo de limpeza de peças pelos soldadores (ANAVD) conforme pode ser visualizado no gráfico abaixo.

**Figura 7 – Médias do grupo de controle**



**Fonte:** elaborado pelo autor, 2014.

## 5.4 Grupo Experimental

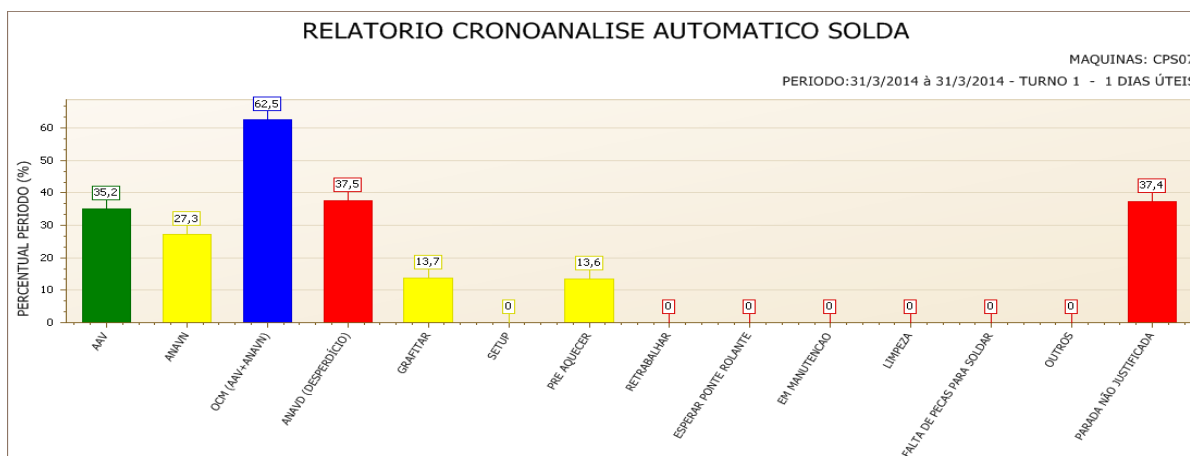
O Lay-Out do setor de solda está arranjado com duas peças por posto de trabalho, onde uma das peças está em processo de soldagem e logo a sua frente tem outra peça em processo de limpeza. No cenário encontrado durante o estudo, a limpeza da peça era executada por auxiliares. Porém quando o soldador terminava de soldar sua peça e o auxiliar ainda estava limpando a outra, era necessário ajudar na limpeza até que a peça fosse liberada pelo inspetor de qualidade.

A operação de limpeza tem por objetivo eliminar imperfeições geradas nos processos anteriores de manufatura. Portanto é composto de uma série de operações, dentre as quais destacam-se a retirada de respingos gerados no processo de soldagem, eliminação de mordeduras (deformações no material base das peças) ocasionadas durante a soldagem, eliminação de poros (pequenas defeitos de solda) e lixamento dos acabamentos da solda para corrigir imperfeições. Após a correção das imperfeições das peças o inspetor da qualidade executa o ensaio visual do processo de soldagem. Nesta inspeção são analisados aspectos descritos em procedimento e normas técnicas, e somente após todos esses aspectos serem atendidos é que a peça é liberada para seguir o fluxo de produção.

Assim, o processo de limpeza acaba sendo em alguns momentos mais complexo que o processo de soldagem porque podem ser encontrados defeitos gerados nos processos manufatureiros anteriores ao setor de solda. Portanto, existe dificuldade em balancear as operações de solda e limpeza.

Desta forma, durante o experimento sempre que o soldador terminava de soldar a peça em que estava trabalhando, a mesma era substituída, sem a necessidade de ajudar na liberação pelo inspetor de qualidade da peça que estava em processo de limpeza. Assim, a operação de limpeza foi totalmente extinta das atividades executadas pelo soldador. No exemplo de cronoanálise a seguir é possível verificar que o percentual de agregação de valor aumenta significativamente quando o soldador deixa de executar a operação de limpeza.

Figura 8 – Exemplo de cronoanálise grupo experimental



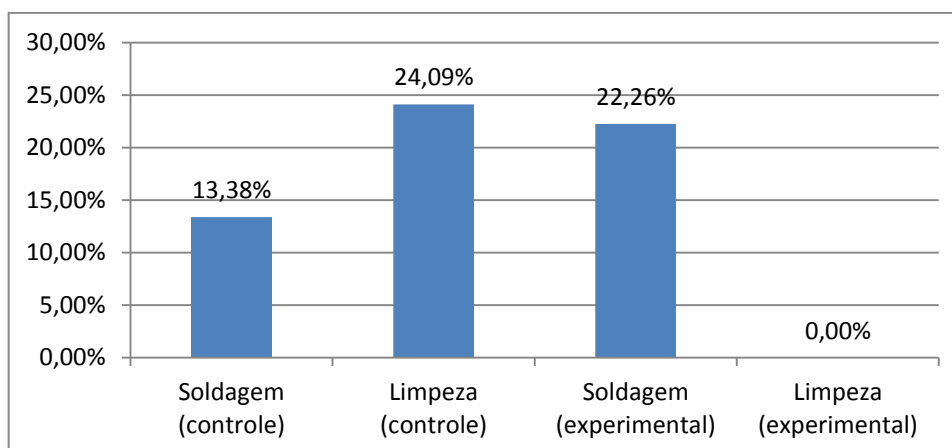
Fonte: fornecido pela empresa, 2014.

Como pode ser observado na cronoanálise, o percentual de tempo de soldagem (AAV) neste exemplo ficou em 35,2% do tempo útil total, enquanto o tempo de limpeza não teve representatividade, ou seja ficou zerado.

Entretanto, a eliminação da operação de limpeza pelos soldadores poderia impactar negativamente no volume produzido pelo setor de solda. Desta forma, foi necessário reduzir a quantidade de coletas. Porém, a homogeneidade dos resultados do grupo experimental foram testados estatisticamente e o resultado das variâncias mostrou-se como sendo homogêneas, validando as informações.

Desta forma, após a aplicação dos testes estatísticos e verificação da validade das informações, o grupo de controle foi analisado e ficou com média de agregação de valor de 22,26% do tempo útil nas cronoanálises utilizadas. Assim, conforme pode ser observado no gráfico abaixo o grupo experimental teve aumento de tempo de agregação de valor frente ao grupo de controle.

Figura 9 – Médias grupo de controle x grupo experimental



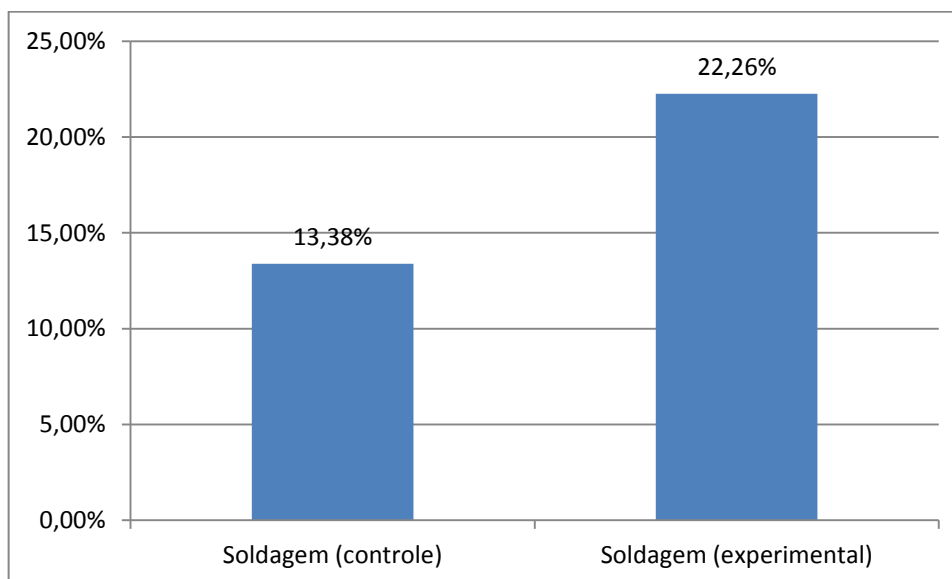
Fonte: elaborado pelo autor, 2014.

No gráfico acima pode-se observar que o percentual de tempo de soldagem no grupo experimental (22,26%) foi muito superior ao tempo de soldagem do grupo de controle (13,38%). Também ficou evidente que no grupo de controle os soldadores passaram tempo limpando peças, sendo a maior média das operações observadas tanto no grupo de controle quanto no grupo experimental, sendo de 24,09% do tempo.

## 5.5 Grupo de Controle x Grupo Experimental

Na análise dos grupos de controle e experimental foi possível verificar que houve uma diferença significativa entre o tempo de agregação de valor. Porém, para validação dos resultados foram aplicados uma série de testes estatísticos. Inicialmente, todos os dados foram testados quanto a sua homogeneidade e o resultado das variâncias confirmou que se tratava de dados homogêneos. Em seguida os percentuais de tempos de agregação de valor (soldagem) passaram a ser comparados para verificar o impacto da eliminação da operação de limpeza no grupo experimental frente ao grupo de controle. Conforme pode ser observado na figura 10.

*Figura 10 – Comparativo grupo de controle x grupo experimental*



Fonte: elaborado pelo autor, 2014.

Analisando o gráfico acima é possível verificar que existe um aumento de 66,76% no tempo de agregação de valor do grupo experimental em relação ao grupo de controle. Assim, foi aplicado o teste t para comparar os dados e foi confirmado que estatisticamente os percentuais dos grupos de controle e grupo experimental são diferentes ( $t = -8,46$ ;  $P < 0,001$ ).



Após a aplicação do teste t a manipulação foi considerada estatisticamente vantajosa. As estatísticas descritivas utilizadas para aplicação dos testes podem ser visualizadas na tabela 1.

***Tabela 1: Estatísticas descritivas de porcentagens de tempos no processo de soldagem***

Situação	Média	Mediana	CV	P25	P75	Mínimo	Máximo	n
			(%)					
Controle	13,38	12,50	54,55	7,60	18,00	0,30	34,80	205
Experimental	22,26	21,45	37,72	15,75	26,77	11,20	56,00	70

**Fonte:** elaborado pelo autor, 2014.

Na tabela acima é possível observar que houve grande variação entre os tempos mínimos e máximos nos dois grupos. Tal fato ocorre devido a variação do *mix* de produtos fabricados pela organização, havendo diferença de complexidade, quantidade e tipo de solda executado nas peças. Porém, tal variação não afeta os resultados porque houve o cuidado de observar a similaridade das peças soldadas pelos dois grupos. O número de amostras foi definido com o objetivo de eliminar possíveis distorções que poderiam ocorrer caso fosse utilizada apenas uma coleta de cada soldador.

Porém, também se observou que não há uma relação diretamente proporcional do percentual de tempo entre a eliminação da operação de limpeza e o tempo de soldagem. Dentre os fatores analisados destacaram-se o tempo de espera por ponte rolante, o tempo de pré-aquecimento e o tempo utilizado para grafitar, visto que aumentando o número de peças soldadas também aumentam os tempos das demais operações envolvidas no processo de soldagem.

Ainda foi verificado que as melhores médias dos dois grupos ficaram entre as amostras representadas entre 25% e 75% do total dos dados. Desta forma, pode-se considerar que os extremos das amostras foram menos expressivos frente a grande maioria das coletas. No grupo de controle a média entre 25% e 75% foi de 18%, enquanto no grupo experimental a mesma parcela das amostras ficou com média de 26,77%. Assim, é possível afirmar que embora haja grande variação de *mix* de produtos na grande maioria das amostras o tempo de agregação de valor ficou muito próximo da média final dos dois grupos.

## 6 CONCLUSÃO

Durante a realização do estudo foi possível verificar a importância do conhecimento teórico no cotidiano das organizações. A aplicabilidade da teoria permite melhores avaliações e auxilia na tomada de decisão dos gestores. Desta forma, o conhecimento teórico possibilitou identificar o modelo de sistema de produção utilizado pela organização e observar como a empresa está aplicando as teorias e ferramentas de gestão no seu ambiente corporativo. Assim, o conhecimento teórico também contribuiu para identificar a restrição produtiva da organização, utilizando-se de filosofias da Teoria das Restrições foi possível identificar e tratar o gargalo do processo produtivo. Desta forma, o conhecimento teórico mostrou-se fundamental para a gestão empresarial.

Portanto, as aplicações das teorias contribuíram para melhorar o desempenho dos soldadores no quesito agregação de valor. Através da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor identificou-se as operações dos soldadores que agregam valor ao produto, possibilitando aumentar o tempo de agregação de valor do soldador e também eliminar desperdícios de mão-de-obra. Assim, houve ganho significativo de produtividade dos soldadores a partir do momento em que houve a manipulação do grupo experimental. Desta forma, mesmo antes da conclusão do estudo empresa adotou a prática de eliminar a operação de limpeza de peças pelos soldadores. Portanto, após a apresentação dos resultados do grupo de controle, os gestores da organização optaram por replicar o experimento para todos os soldadores do setor de solda.

Portanto, a partir do aumento de AAV dos soldadores do grupo experimental ficou evidenciado que o percentual poderia ser maior do que estava sendo praticado na organização. Assim, os gestores implementaram a eliminação da operação da limpeza pelos soldadores e estipularam meta de AAV de 25% para os soldadores. Desta forma, pode-se afirmar que haverá uma especialização das operações dos soldadores e auxiliares, visto que as operações serão bem definidas. Também houve consenso entre os gestores que havia desperdício de recurso financeiro, pois a média salarial dos auxiliares é bem inferior a média salarial dos soldadores.

Outra economia importante se dará através da diferença de tempo entre a formação dos auxiliares e a formação dos soldadores. Sendo que a formação implica em tempo útil de trabalho dos soldadores e tempo dos instrutores do processo de soldagem. Segundo

informações fornecidas pela empresa, existe uma diferença média de aproximadamente 42 meses entre formar um auxiliar de nível médio e um soldador de nível médio. Desta forma, o investimento é muito superior na formação do soldador. Assim, com os soldadores focado apenas em operações do processo de soldagem é possível utilizar o tempo de treinamento para aperfeiçoar operações de maior complexidade.

## **6.1 Limitações**

Durante o estudo houveram algumas limitações que dificultaram a execução do mesmo. Inicialmente percebeu-se que existem poucos estudos sobre agregação de valor ao produto, assim, foram encontrados poucos autores que tratam exclusivamente do tema. Desta forma, houve dificuldade em comparar o resultado encontrado neste estudo com outros estudo correlacionados. Assim, a literatura utilizada para construção deste estudo apresenta na sua maioria passagens teóricas.

Quanto ao experimento, inicialmente buscava-se aplicar a manipulação em todos os soldadores do setor de solda da empresa. Porém, em análise juntamente com gestores da organização verificou-se que seria inviável aplicar o experimento em todos os soldadores. No momento em que iniciou-se a coleta de dados não havia controladores de processo disponíveis para todos. Desta forma, não teria possibilidade de cronometrar todos os soldadores do setor de solda.

Entretanto, a maior limitação refere-se ao comportamento dos soldadores. Embora os objetivos do estudo tenham sido explicados antes do início das coletas de dados, não houve acompanhamento individual durante o experimento. Desta forma, as coletas aconteceram através da observação mecânica realizada pelos controladores de processo e informada através das cronoanálises. Também houve período de férias entre as coletas dos grupos de controle e grupo experimental, porém as cronoanálises próximas ao período de férias foram descartadas.

## **6.2 Estudos futuros**

Como indicação para estudos futuros existem aspectos estruturais, financeiros e de produtividade. Durante o experimento observou-se que a empresa não está estruturada para manter todos os soldadores abastecidos para executar apenas as operações relacionadas ao

processo de soldagem. Desta forma, sugere-se estudo sobre arranjo físico do setor de solda, viabilizando alteração de lay-out para facilitar a disponibilidade de peças para os soldadores.

Durante a análise do grupo experimental verificou-se que embora o tempo de agregação do valor tenha aumentado consideravelmente, não foi diretamente proporcional ao tempo utilizado na operação de limpeza de peças soldadas. Analisando os resultados percebeu-se que houve desperdício gerado pela dificuldade durante a movimentação de peças. Assim, estudos futuros podem ser direcionados para a movimentação das peças durante os processos de manufatura do setor de solda.

Também se sugere realizar estudo sobre a economia financeira gerada com a eliminação de operações menos complexas por parte dos soldadores. Também deve ser levada em consideração a dificuldade em contratar soldadores, sendo que o mercado apresenta carência deste tipo de especialista. Desta forma pode-se mensurar o impacto financeiro do aumento de agregação de valor obtido neste estudo.

Entretanto, com o aumento do tempo de agregação de valor do soldador criou-se dificuldade em absorver o volume de peças soldadas. Assim, pode-se determinar qual é o tempo médio de agregação de valor dos soldadores, qual é o volume produzido com esse tempo médio e qual é a relação entre o tempo de agregação de valor dos soldadores e o tempo de agregação dos auxiliares. Desta forma, recomenda-se futuramente desenvolver maneiras de balancear os processos de soldagem e limpeza de peças. Assim, o quadro de colaboradores do setor de solda poderá ser redimensionado de acordo com a necessidade de cada função.

Portanto, o presente estudo evidenciou que é possível aumentar a capacidade produtiva dos soldadores. Porém, embora a empresa tenha adotado a manipulação do grupo experimental, e aumentado o tempo de agregação de valor do soldador e conseqüentemente atuado sobre o gargalo produtivo da organização, é necessário verificar qual será o aumento efetivo do tempo de AAV quando aplicado a todos os soldadores. Embora a empresa tenha estipulado meta de 25% de tempo de AAV do soldador baseado no grupo experimental deste estudo, recomenda-se um novo trabalho para definir qual será o tempo médio de AAV quando aplicado a todos os soldadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Alexandre Saul; et al.,. Aplicação da teoria das restrições e do indicador de eficiência global do equipamento para melhoria de produtividade em uma linha de fabricação. *Revista Gestão Industrial*, v. 2, n. 1, 2006.

ANDRADE, Gilberto J. P. O et al.,. *Manufatura enxuta*, Gemba Kaizen e TRF: uma aplicação prática no setor têxtil. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 28, 2008, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar>>. Acesso em: 4 jul. 2013.

ANSELMO, Jefferson Leandro; MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. *Administração Estratégica em Organizações Orientadas para Projetos*. *Revista de Gestão e Projetos-eISSN: 2236-0972*, v. 2, n. 2, p. 03-25, 2011.

ANTUNES, Junico; et al,.. *Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARAUJO, Cesar Augusto Campos; RENTES, Antonio Freitas. *A metodologia kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta*. *Revista Gestão Industrial*, v. 2, n. 2, 2006.

COELHO, Clarimar Jose. *Aplicação dos cinco passos da melhoria contínua da Teoria das Restrições em uma indústria de Cal*. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 32, 2012, Bento Gonçalves. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar>>. Acesso em: 18 ago. 2013.

COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. *Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação*. ed. 2. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CORRÊA, Henrique L; CORRÊA, Carlos A. *Administração de produção e de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. ed. 1. São Paulo: Atlas, 2009.

COX III, J. F., SPENCER, M.S. *Manual da Teoria das Restrições*. Porto Alegre: Bookman, 2002.

DIEHL, Astor Antônio; PAIM, Denise Carvalho Tatim. *Metodologia e técnica de pesquisa em ciências sociais aplicadas: (uma proposta de estudos)*. Passo Fundo: Clio Livros, 2002. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154>> Acesso em: 17. out .2013.

FAVONI, Célio; GAMBI, Lillian do Nascimento; CARETA, Catarina Barbosa. *Oportunidades de implementação de conceitos e ferramentas de produção enxuta visando melhoria da competitividade de empresas do APL calçadista de Jaú/SP*. *Revista Produção Online*, v. 13, n. 3, p. 1118-1142, 2013.

FESTUGATTO, Jefferson R. et al., *Aplicação da metodologia de balanceamento de linhas na empresa Atlas Eletrodomésticos Ltda.* In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 16, 2006, Fortaleza. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar>>. Acesso em: 2 set. 2013.

FERNANDES, Flavio César Faria; GODINHO FILHO, Moacir; *Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras.* Gestão e Produção, v. 11, n. 1, p. 1-19, 2004.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; FAGUNDES, Paulo Ricardo Motta. *Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso.* Gestão & Produção, v. 10, n. 2, p. 163-181, 2003.

FULLMANN, Claudinei. *O Trabalho. Mais Resultado com Menos Esforço/Custo.* São Paulo: Educator, 2009.

KRAJEWSKI, Lee J.; RITZMAN, Larry P. *Administração da Produção e Operações.* São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Metodologia científica.* São Paulo: Atlas, 2011.

MALHOTRA, Naresh K. *Pesquisa de marketing: Uma Orientação Aplicada.* ed. 6. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MAYER, Raymond R. *Administração da Produção.* ed.1 São Paulo: Atlas, 1988.

MCINTOSH, Richard Lan; NOVASKI, Olívio; SUGAI, Miguel. *Medotologia de Shingeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso.* Revista Gestão e Produção, v. 14, n. 2, p. 323-335, 2007.

MELLO, Ana Emília Nascimento Salomon. *Aplicação do Mapeamento de Processos e da Simulação no Desenvolvimento de Projetos de Processos Produtivos.* Itajubá: UNIFEI, 2008. 116 p. TCC. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2008.

MERCADO, Carlos Navarro; CLETO, Marcelo Gechele. *O valor agregado no Balanceamento de linha de montagem com abordagem da Teoria das Restrições: estudo de caso em multinacional no brasil.* IN: Semana de la Ingeniería de Producción Sudamericana, 7, 2012, Assunção. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar>>. Acesso em: 7 jul. 2013.

MOELLMANN, Artur Henrique et al., *Aplicação da Teoria das Restrições e do Indicador de Eficiência Global do Equipamento para Melhoria de Produtividade em uma Linha de Fabricação.* Revista Gestão Industrial, v. 2, n. 1, 2006.

MOREIRA, Daniel Augusto. *Administração da produção e operações.* 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

OENNING, Vilmar et al., *Teoria das Restrições e Programação Linear*. Uma análise sobre o enfoque de otimização da produção. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 14, 2004, Florianópolis. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar>>. Acesso em: 10 jul. 2013.

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

PACHECO, Diego Augusto de Jesus, et al., *Uma análise crítica entre a Teoria das Restrições e o Lean Manufacturing*. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 32, 2012, Bento Gonçalves. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar>>. Acesso em: 2 jul. 2013.

PLANTULLO, Vicente Lentini. *Um pouco além do just-in-time: uma abordagem à teoria das restrições*. Revista de Administração de Empresas, v. 34, n. 5, p. 32-39, 1994.

ROSSETI, Jose Paschoal. *Introdução à economia*. ed. 20. São Paulo, Atlas 2003.

SALGADO, Eduardo Gomes et al., *Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos*. Gestão e Produção, v. 16, n. 3, p. 344-356, 2009.

SANTOS, Eduardo Bezerra et al., *Análise da implantação da produção enxuta e suas ferramentas em uma fábrica de automóveis situada em Gravataí RS*. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 32, 2012, Bento Gonçalves. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar>> Acesso em: 4 jul. 2013.

SHINGO, Shigeo. *O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção*. ed. 2. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SILVA, Glauco GMP et al., *A manufatura enxuta aplicada no setor de serviços: um estudo de caso*. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, 2007, Foz do Iguaçu. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar>>. Acesso em: 8 ago. 2013.

SILVA, Maisa Mendonca; DE GUSMAO, Ana Paula Henriques; DE MELO, Renata Maciel. *Aplicação da técnica de balanceamento de linhas em uma indústria de produtos de pvc*. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 31, 2011, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar>>. Acesso em: 7 jul. 2013.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Cristine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. ed. 1. São Paulo: Atlas, 2007.

SOUZA, Fernando Bernardi de; PIRES, Sílvio R. I. *Análise e proposições sobre o balanceamento e uso de excesso de capacidade em recursos produtivos*. Revista Gestão & Produção, v. 6, n. 2, p. 111-126, 1999.

STENVENSON, Willian J. *Administração das Operações de Produção*. ed. 6. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

VIEIRA, Carla A.; FORCELLINI, Fernando A. *Mapeamento do fluxo de valor na fase de planejamento do processo de desenvolvimento de produtos. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, 2007, Foz do Iguaçu. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/scholar>>. Acesso em: 10 jul. 2013.*

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