

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia de Produção**

**Redução do tempo de setup: Uma proposta de melhoria  
aplicada a uma empresa do setor metal mecânico**

*Rafael Henrique de Souza*

**Maringá - Paraná**  
**Brasil**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção

**REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP*: UMA PROPOSTA DE MELHORIA  
APLICADA A UMA EMPRESA DO SETOR METAL MECÂNICO**

*Rafael Henrique de Souza*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador(a): Prof<sup>(a)</sup>. Msc. Fernanda Cavicchioli Zola

**Maringá - Paraná  
2016**

**DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho aos meus pais e meu irmão,  
que sempre acreditaram e sonharam junto comigo.  
Essa conquista é de vocês, para vocês e por vocês.*

*A única coisa que importa é colocar em prática,  
com sinceridade e seriedade, aquilo que se acredita.  
(Dalai Lama)*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me ajudar a chegar até aqui, pelas experiências vividas e por me dar forças para me superar a cada dia.

Aos meus pais, Antônio Carlos e Sonia, pelo amor incondicional, por sempre estarem ao meu lado, me apoiando e dando condições para que meus sonhos se realizem.

Ao meu irmão, Luiz, que tenho como parceiro para toda a vida.

Aos meus amigos, que conheço desde antes da faculdade pelo apoio, incentivo e por conservarem a amizade mesmo às vezes eu não estando presente.

Aos amigos que adquiri ao longo da graduação, agradeço por todos os momentos vividos, pelas risadas, conversas, companheirismos, enfim, por estes cinco anos. À “Liga da Justiça” por ter feito diferença nesta longa jornada e por tornar este período ainda melhor!

À minha orientadora, Fernanda Cavicchioli Zola, pelo apoio, paciência e compreensão! Por me ajudar e incentivar não somente ao longo desse trabalho, mas ao longo de toda a graduação!

A meus colegas de trabalho e à empresa que me deu a oportunidade de dar os primeiros passos de minha carreira.

## RESUMO

Frente a um mercado cada vez mais exigente, as empresas hoje devem buscar se superar a cada dia através de produtos e processos mais eficientes. Para isso, se faz necessário utilizar de diversas ferramentas disponíveis pela área da Engenharia de Produção. O presente trabalho é um estudo de caso realizado em uma empresa metal mecânica situado na região Noroeste do Estado do Paraná e tem como objetivo implementar uma proposta de redução do tempo de *setup* utilizando da metodologia do ciclo PDCA atrelados a ferramentas da qualidade e TRF – Troca Rápida de Ferramentas. As melhorias implementadas foram em relação aos métodos de esquadreamento e controle do uso de consumíveis, com intuito de reduzir os tempos de *setup* das atividades esquadrear, inspecionar dimensões dos produtos e ajustar *kerf*. Após as implementações realizadas foi possível obter redução de 35,27% no tempo de *setup* e aumento de 6,20% na eficiência do setor de corte a Plasma CNC. Além disso, os planos de melhoria implementados geraram outros resultados que não eram esperados, superando desta forma as expectativas de todos os envolvidos.

**Palavras-chave:** PDCA, Plasma CNC, Redução de *Setup* e TRF.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Justificativa .....	2
1.2	Definição e delimitação do problema .....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Objetivo geral .....	3
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
2	REVISÃO DA LITERATURA .....	4
2.1	Caracterização do Setor Metal-Mecânico.....	4
2.1.1	Corte a Plasma CNC.....	5
2.2	Tempo de <i>Setup</i> .....	6
2.3	Troca Rápida de Ferramenta – TRF .....	6
2.4	Ciclo PDCA.....	8
2.4.1	Etapas do Ciclo PDCA .....	9
2.5	Ferramentas da Qualidade.....	10
2.5.1	Folha de Verificação ( <i>Check Sheet</i> ) .....	10
2.5.2	Gráfico de Pareto .....	11
2.5.3	Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) .....	12
2.5.4	5W2H .....	13
2.5.5	<i>Brainstorming</i> .....	14
2.6	Produção Enxuta .....	15
3	METODOLOGIA.....	17
4	ESTUDO DE CASO .....	19
4.1	Caracterização da Empresa.....	19
4.1.1	Produtos .....	20
4.1.2	Setor de corte a Plasma CNC .....	21
4.2	Aplicação do Método PDCA .....	23
4.2.1	<i>Plan</i> – Planejar .....	23
4.2.2	<i>Do</i> – Executar .....	29
4.2.3	<i>Check</i> – Verificar.....	37
4.2.4	<i>Action</i> – Agir .....	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	39
5.1	Dificuldades e Limitações do Trabalho .....	40
5.2	Proposta de Trabalhos Futuros .....	40
6	REFERÊNCIAS .....	41

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1: Ciclo PDCA .....	9
Figura 2: Exemplo de Gráfico de Pareto .....	12
Figura 3: Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa).....	12
Figura 4: Organograma.....	20
Figura 5: Balanças .....	20
Figura 6: Suportes.....	21
Figura 7: Deslizantes .....	21
Figura 8: Setor de Corte a Plasma CNC em Operação.....	22
Figura 9: Setor em Estudo .....	23
Figura 10: Fluxograma das atividades de Setup.....	24
Figura 11: Tempo Médio de Setup .....	26
Figura 12: Diagrama de Causa e Efeito – Ishikawa .....	28
Figura 13: Posição da Chapa na Mesa de Corte .....	30
Figura 14: Projeto mesa de corte a Plasma CNC com batentes fixadas .....	30
Figura 15: Batente modelo A.....	31
Figura 16: Batente modelo B.....	31
Figura 17: Batente modelo A fixado a mesa .....	32
Figura 18: Batente Modelo B fixado a mesa .....	32
Figura 19: Novo método de esquadreamento .....	33
Figura 20: Conjunto Consumível (Bico, Eletrodo e Capa) .....	34
Figura 21: Exemplo de número de piercings.....	35
Figura 22: Exemplo de número de piercings.....	35

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Folha de Verificação - Controle do Tempo de Setup .....	24
Tabela 2: Controle do uso de Consumíveis .....	36
Tabela 3: Comparativo de Tempos de Setup.....	37

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Etapas para aplicação do 5W2H.....	14
Quadro 2: Parâmetros do Setor de Corte a Plasma CNC .....	22
Quadro 3: Descrição e Classificação das atividades de Setup.....	25
Quadro 4: Plano de Melhoria - 5W2H.....	29

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>5S</b>	<i>Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu, Shitsuke</i>
<b>5W2H</b>	<i>why, what, who, when, where, how, how much</i>
<b>ABM</b>	Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração
<b>CNAE</b>	Classificação Nacional de Atividades Econômica
<b>CNC</b>	Controle Numérico Computacional
<b>CONCLA</b>	Comissão Nacional de Classificação
<b>FIEPR</b>	Federação das Indústrias do Estado do Paraná
<b>HF</b>	Alta Frequência
<b>JIT</b>	<i>Just In Time</i>
<b>OCV</b>	Tensão de Arco Aberto
<b>PDCA</b>	<i>Plan, Do, Check, Action</i>
<b>STF</b>	Sistema Toyota de Produção
<b>TRF</b>	Troca Rápida de Ferramentas

# 1 INTRODUÇÃO

No decorrer dos últimos anos o perfil de muitos mercados vem sofrendo alterações em um curto espaço de tempo. Indústrias têm sido desafiadas a buscar novas formas de inovação devido ao atual contexto econômico, convivendo diariamente com o constante desafio de se reduzir custos para manter a competitividade. Para Falconi (2004), o que realmente assegura a sobrevivência das empresas é a garantia de sua competitividade, sendo que esta competitividade decorre da produtividade, que por sua vez decorre da qualidade.

As empresas perdem parte do seu faturamento em problemas internos. Estas perdas estão associadas aos descontos em vendas por má qualidade nos produtos, perda de produção por paradas de equipamentos, excesso de estoque, excesso de consumo de energia, refugos por qualidade, retrabalho de toda natureza, erro no faturamento etc. (FALCONI, 2004).

Além disso, outro fator que influi diretamente no faturamento da empresa e no valor final do produto é o tempo de *setup*, sendo este um dos principais problemas enfrentados pelas organizações. Segundo Tubino (1999), tempo de *setup* trata-se do tempo gasto com a preparação dos recursos, algo indesejável, entretanto necessário ao processo produtivo. Para Sousa et. al. (2009 *apud* RANGEL et al., 2012) o *setup* é um exemplo típico de resíduos, que não possuem valor algum agregado e, portanto, seu valor deve ser reduzido ao máximo. Com bases nestes princípios, empresas buscam melhorias em seus processos de forma a estudar e agir sobre as causas obtendo como resultado a redução destes efeitos.

Em busca de se minimizar ou até mesmo eliminar o tempo de *setup* se torna indispensável a implementação e combinação das ferramentas disponíveis pela área da Engenharia de Produção. Desta forma se faz necessário buscar os métodos e técnicas que melhor se enquadrem no processo em análise. Uma destas ferramentas é o ciclo PDCA, segundo Werkema (2006, p. 24), “O Ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência da organização”. Para Oakland (1994), o principal objetivo das ferramentas da qualidade é identificar os maiores problemas e através de análise buscar a melhor solução. Fogliatto e Fagundes (2003) destacam que a redução dos tempos de *setup* através da implementação da Troca Rápida de Ferramenta - TRF pode promover melhorias nos sistemas produtivos como reduções de estoques, de retrabalho e de ociosidade das máquinas.

Este trabalho, com auxílio de ferramentas da qualidade, busca identificar as atividades de *setup* e seus respectivos tempos de execução em um setor de corte a plasma CNC -

Controle Numérico Computacional de uma empresa pertencente ao setor metal mecânico localizada no Noroeste do estado do Paraná, com intuito de implantar melhorias para redução dos tempos de *setup* utilizando da metodologia do ciclo PDCA e dos princípios do TRF.

## 1.1 Justificativa

A empresa em estudo se desenvolveu em ritmo acelerado e atualmente atende seus clientes produzindo componentes automotivos e prestação de serviço. A organização é constituída por diversos setores administrativo e produtivo, dentre eles destaca-se o setor de corte a plasma CNC. Este setor atualmente processa em média 32 toneladas de matéria prima por mês, convertendo aproximadamente 80% do material processado em produto final, sendo que a eficiência do setor encontra-se muito abaixo do esperado em torno de 57%.

Existem alguns fatores que interferem diretamente para baixa eficiência do setor, dentre eles destaca-se o tempo de *setup*, que pode ser definido como o tempo gasto com a preparação dos recursos, sendo algo indesejável, entretanto necessário ao processo produtivo. O tempo de *setup* está sempre aberto à melhorias que, na maioria das vezes, não requer grandes investimentos; apenas com análises e planejamento adequado grandes dificuldades podem ser superadas, mesmo que pareçam irrelevantes aos olhos de alguns, tornam-se essenciais para a estratégia da empresa.

Levando em consideração o potencial do setor e os problemas enfrentados pelo mesmo, o presente trabalho objetiva estudar o tempo de *setup* que é um dos efeitos decorrente de várias causas com intuito de implantar melhorias utilizando da metodologia do ciclo PDCA, visando com isso obter melhor eficiência, contribuindo assim com a sobrevivência da organização.

## 1.2 Definição e delimitação do problema

A organização em estudo foi fundada no ano de 1996 e se enquadra no setor metal mecânica. Hoje a empresa encontra-se em constante crescimento e ocupa lugar de destaque no segmento em que atua na região noroeste do estado Paraná.

Atualmente o setor de corte a plasma CNC destaca-se dentre os setores existentes na organização pelos seus elevados tempos de *setup*. Este setor é o início de toda a cadeia

produtiva e não apresenta nenhum tipo de método padrão de preparação de seu maquinário que influencie diretamente no tempo de *setup*.

A proposta de redução do tempo de *setup* do setor de Corte a plasma CNC é delimitada por investimentos em novas máquinas, bem como em acessórios que estejam acima do valor que a diretoria dispõe para investimentos, ou seja, a finalidade deste projeto é introduzir novos métodos e técnicas no processo e incentivar a adoção de uma nova cultura por parte dos colaboradores, a fim de reduzir o tempo de *setup* do setor utilizando da metodologia do ciclo PDCA.

Destacando que um dos principais problemas enfrentados hoje para implantação de mudanças dentro do setor está relacionado à área de gestão de pessoas, um fator que deve ser evidenciado é a dificuldade de assimilação, rotatividade de funcionários e uma grande resistência à mudanças por parte de muitos colaboradores.

### **1.3 Objetivos**

Os objetivos do presente trabalho estão divididos em objetivo geral e objetivos específicos.

#### **1.3.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral reduzir o tempo de *setup* em um setor de corte a plasma CNC utilizando da metodologia do ciclo PDCA.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

O trabalho tem os seguintes objetivos específicos.

- Identificar por quais atividades ocorrem o tempo de *setup*;
- Analisar, com auxílio das ferramentas da qualidade Folha de Verificação, Gráfico de Pareto e Diagrama de Ishikawa, quais atividades necessitam ser investigadas;
- Elaborar planos de ação para redução do tempo de *setup* das atividades priorizadas e implantá-los no setor;
- Analisar de modo geral os resultados obtidos com a implantação do plano de ação dentro da organização.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo descreve os conceitos nos quais esse trabalho se baseia, sendo eles: Caracterização do Setor Metal Mecânico, Tempo de *Setup*, PDCA, TRF e Ferramentas da Qualidade e Produção Enxuta.

### 2.1 Caracterização do Setor Metal-Mecânico

Os primeiros passos no desenvolvimento do setor metal mecânicos no Brasil podem ser percebidos através da carta de Pedro Vaz de Caminha ao rei D. Manuel, onde é possível notar um forte interesse e certa obsessão por ferro, prata e ouro. A nova terra descoberta por Portugal era, sem dúvida, uma grande promessa e, como acontecia na época, o propósito inicial não era ocupá-la, mas extrair tudo o que fosse rentável. Em 1589, Afonso Sardinha descobriu o minério de magnésio no morro de Araçoiaba, na atual região de Sorocaba, no interior de São Paulo. Aproximadamente um ano após a descoberta ele instalou nas proximidades do morro a primeira forja do país, para a produção de ferro a partir da redução de minério (ABM, 2016).

No final do século XVIII, após instalada uma fábrica de ferro em São Paulo, foi autorizado um estudo para instalação de outra na capitania de Minas Gerais. Esse estudo revelou condições acima das expectativas na região, a partir destes resultados surge a primeira usina de ferro e aço do país. Com a instalação da primeira usina o país passa a caminhar rumo ao desenvolvimento, ocorrem investimentos em pesquisas, estradas e portos. Anos mais tarde o setor metal mecânico, já bastante desenvolvido no Brasil, conquistou a sexta maior produção mundial de aço bruto, superando 24 milhões de toneladas exportadas para vários países. Por volta de 1919, as primeiras montadoras automobilísticas começam a ser introduzidas no país e assumem papel de destaque no desenvolvimento da metalurgia e das indústrias metalúrgicas (ABM, 2016).

Atualmente o complexo metal mecânico se expandiu, abrigando empresas que hoje se tornaram as principais responsáveis por movimentar grande parte da economia nacional. As mesmas realizam investimentos constantes em busca do aperfeiçoamento dos processos e desenvolvimento de pesquisas destinadas à produção de produtos de metais e seus derivados com maior valor agregado (FIEPR, 2016).

De acordo com a FIEPR - Federação das Indústrias do Estado do Paraná (2016), o complexo metal mecânico engloba empresas que usam conhecimentos e técnicas relacionados para tratar de produção e processamento, utilizando-se de metais e seus derivados. Macedo e Campos (2011) incluem ao complexo metal mecânico as empresas de bens e serviços intermediários, como: fundição, forjarias, oficinas de corte, soldagem etc. Os autores incluem também estabelecimentos destinados aos produtos finais, como: bens de consumo, equipamentos, maquinário, veículos e materiais de transporte.

De acordo com Rampinelli (2013), a CONCLA (Comissão Nacional de Classificação) classifica as atividades nesses subsetores de acordo com a CNAE (Classificação Nacional de Atividade Econômica), como sendo:

- a. Divisão 24 – Metalurgia;
- b. Divisão 25 – Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos;
- c. Divisão 28 – Fabricação de máquinas e equipamentos;
- d. Divisão 29 – Fabricação de Veículos automotores, reboques e carrocerias;
- e. Divisão 30 – Fabricação de outros veículos de transporte, exceto veículos automotores.

### **2.1.1 Corte a Plasma CNC**

O processo de corte a plasma originou-se por volta da década de 50, entretanto, se destacou entre os processos apenas nos últimos anos, sendo atualmente considerado um dos métodos mais importantes devido ao custo-benefício para corte de metais em espessura acima de 6mm e abaixo de 40mm. Um fato importante no desenvolvimento desse processo se dá pela união de tecnologias do corte mecanizado com o corte manual. Os plasmas manuais são equipados com um sistema de jato coaxial de ar; já no plasma mecanizado, ocorre o comando por controle numérico, nos quais há a presença de manipuladores (XYZ) (LIMA, 2006).

Segundo Lima (2006), toda matéria possui quatro estados físicos na natureza: sólido, líquido, gasoso e plasma. Tomando como exemplo a substância água, que em seu primeiro estado encontra-se em estado sólido (gelo), quando aplicado energia na forma de calor ao gelo, o mesmo muda de estado, tornando-se líquido. À medida que a intensidade aumenta este líquido atinge seu terceiro nível, o de vapor da água e, finalmente, este, quando submetido à alta temperatura, transforma-se em um gás ionizante capaz de conduzir eletricidade. Este

último estado da matéria é denominado de quarto estado da natureza, sendo conhecido também como plasma.

Plasma: uma coleção de partículas carregadas contendo quase a mesma quantidade de elétrons e íons positivos e, embora apresente quase todas as características dos seus gases formadores, se difere deles por ser um bom condutor de eletricidade (LIMA, p. 20, 2006).

## 2.2 Tempo de *Setup*

Existem inúmeros sinônimos e traduções para o termo *setup* tais como *changeover*, preparação, etc. (SUGAI et al., 2006).

Para Tubino (1999), o tempo de *setup* trata-se do tempo gasto com a preparação dos recursos, algo indesejável, entretanto necessário ao processo produtivo. Segundo Sugai et al. (2006), este tempo pode ser definido como o tempo que se leva entre o fim da produção de um ponto A até o início da produção de um ponto B com qualidade. O *setup*, segundo Moura (1996), é o tempo decorrente desde o momento que se completou a última peça do lote anterior até o momento em que se tenha fabricado a primeira peça do lote seguinte. Conforme Sousa et al. (2009 *apud* RANGEL et al., 2012), o *setup* é um exemplo típico de resíduos que não possuem valor algum agregado e, portanto, devem ter seu valor reduzido ao máximo.

Para Shingo (2005), o tempo de *setup* pode ser dividido em duas classes, sendo elas:

- Tempo de *setup* **externo**: denominado o tempo aplicado para preparação da máquina sem com que ela pare de produzir.
- Tempo de *setup* **interno**: denominado o tempo de preparação donde a máquina está sem realizar nenhuma operação.

A literatura apresenta uma diversidade de métodos existentes, elaborados com a finalidade de se reduzir os tempos de *setup* (SUGAI et al., 2006). A escolha do método a ser aplicado dentro de uma organização ocorre de acordo com o processo em estudo e seus envolvidos. De acordo com Fogliatto e Fagundes (2003), as empresas hoje buscam através da redução do tempo de *setup* melhor desempenho, ou seja, melhorias quanto à produtividade, eficiência e qualidade.

## 2.3 Troca Rápida de Ferramenta – TRF

A crise do petróleo durante a década de 70 gerou um grande impacto sobre a capacidade competitiva das empresas e, como consequência, houve a necessidade de

encontrar diferentes maneiras de prosperar em um ambiente conturbado, rodeado de situações desfavoráveis. Neste cenário, a *Toyota Motor Company* destaca-se por apresentar uma boa margem de desempenho diante de tantas dificuldades. [...] Sakichi Toyoda – criador dos primeiros princípios; Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi – fundador da *Toyota Motor Company* e idealizador do JIT; Eiji Toyoda, primo de Kiichiro – presidente e diretor da empresa nas fases iniciais de criação do STP; Taicchi Ohno – vice-presidente da empresa e criador do sistema Kanban. E Shigeo Shingo – criador de ferramentas e técnicas fundamentais relacionadas à qualidade e às trocas rápidas de ferramentas. Esses são os principais nomes que idealizam o que se conhece hoje como Sistema Toyota de Produção (ASSIS, p. 30-31, 2010).

O engenheiro industrial Shigeo Shingo, que ficou conhecido mundialmente por suas habilidades em melhorias de processos produtivos, é o principal pioneiro em estudos e aplicações de técnicas para redução de tempo de *setup* e o grande precursor da ferramenta TRF (WERKEMA, 2006).

Para Black (1998), TRF é um método científico baseado na análise de tempos e movimentos relativos às atividades de *setup*. Para o autor a adoção da ferramenta não requer grandes investimentos em equipamentos, apenas exige a compreensão de todos os envolvidos, pois só se obtém bons resultados com seu uso, se novas práticas forem adotadas.

A TRF é essencial para a obtenção da qualidade necessária à manutenção da estratégia competitiva das empresas em relação aos clientes e mercados e, principalmente, para atingir uma produção *just in time*, em que tais qualidades dependem da redução do *lead time* (FOGLIATTO E FAGUNDES, p. 164, 2003).

Shingo (2005) destaca quatro estágios para implantação da TRF:

- a) **Preliminar:** De acordo com Shingo (2005), a fase preliminar consiste na coleta dos tempos de todas as atividades, não se distinguindo *setup* externo de interno. Esta etapa pode ser realizada de diversas formas, como: filmagem, cronometragem, folha de verificação, dentre outras.
- b) **Estágio 1:** Ocorre a separação das atividades que são realizadas com a máquina parada (**setup interno**) das que podem ser realizadas com a máquina em pleno funcionamento (**setup externo**).

“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%” (SHINGO, p. 82, 2005).

- c) **Estágio 2:** Ocorre uma análise em relação às atividades de *setup* atuais. Desta forma, algumas atividades consideradas de *setup* interno podem ser convertidas em externo.

“Fazer esta conversão envolve o reexame das operações para verificar se qualquer das etapas foi equivocadamente tomada como interna e encontrar maneiras de converter este *setup* interno em externo” (SHINGO, p.82, 2005).

- d) **Estágio 3:** Deve-se promover melhorias para cada uma das atividades básicas do *setup* interno e externo. A cada melhoria alcançada obtém-se como resultado a redução dos tempos de *setup*.
- e) **Estágio 4:** São registrados em detalhes todas as atividades internas e externas, bem como os procedimentos para execução.

## 2.4 Ciclo PDCA

Os primeiros conceitos da metodologia PDCA foram originalmente desenvolvidos no final da década de 30 por *Walter A. Shewhart*, engenheiro americano que foi o introdutor do controle estatístico para o controle da qualidade. Por volta da década de 50 o método de *Shewhart* foi levado ao Japão onde foi aplicado de forma sistemática dentro de conceitos da Qualidade Total por *Ewards Deming*. *Deming* ainda foi responsável por aprimorar e disseminar o método tornando mundialmente conhecido como Ciclo PDCA (ORIBE, 2009).

Agostinetto (2006) afirma que até pouco tempo atrás os conceitos do PDCA eram utilizados apenas nos processo de fabricação. Atualmente as empresas descobriram que o conceito deste ciclo pode ser aplicado em diversos processos, de inúmeras formas, podendo ser adaptados à realidade da empresa, fomentando a cultura da busca pela melhoria contínua da organização.

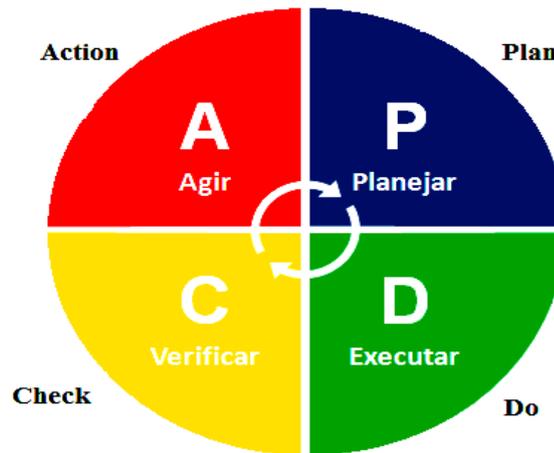
Segundo Werkema (2006), “O Ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência da organização (p. 24)”. Para Campos (2004), o ciclo PDCA pode ser definido como uma sequência de atividades que devem ser seguidas de forma cíclica para melhorar as atividades da organização. O autor afirma ainda que o ciclo PDCA torna as informações mais simples de se entender.

Werkema (2006) descreve o Ciclo PDCA como método de gestão e destaca que na sua utilização poderá ser preciso empregar várias ferramentas, as quais constituirão os recursos necessários para coletar, processar e dispor das informações necessárias para o cumprimento

das etapas do método. Aguiar (2006) ressalta que integração das ferramentas da qualidade ao Ciclo PDCA é extremamente importante para se alcançar, manter e melhorar os resultados.

#### 2.4.1 Etapas do Ciclo PDCA

O controle de processos, exercidos por meio do Ciclo PDCA, é composto pelas etapas (*Plan, Do, Check, Action*), conforme apresentados na figura 1.



**Figura 1: Ciclo PDCA**  
(Fonte: Adaptação Aguiar, 2006)

Abaixo, apresenta-se a descrição de cada etapa do Ciclo PDCA, segundo Agostinetto (2006) e Werkema (2006):

- **(P) Planejar “Plan”:** Nesta etapa realiza-se a identificação do problema, estabelece-se os objetivos e as metas, define-se o método a ser utilizado e analisam-se os riscos, custos, prazos e recursos disponíveis.

“Uma meta mal posicionada pode trazer graves consequências para a empresa”.  
(AGUIAR, p. 66, 2006).

- **(D) Executar “Do”:** Nesta etapa ocorre a execução das tarefas exatamente como foi previsto na etapa de planejamento; ocorre também o treinamento de formar a educar, treinar, motivar e obter o comprometimento das pessoas. Ainda na fase “Do” são coletados dados que serão utilizados nas etapas subsequentes.
- **(C) Verificar “Check”:** Nesta etapa, com os dados coletados, analisa-se se realmente o trabalho está sendo executado de acordo com o padrão definido, se os valores medidos correspondem aos valores dos objetivos.

- **(A) Agir “Action”:** Nesta etapa atua-se no processo em função dos resultados obtidos, de forma a adotar como padrão o plano proposto, caso os objetivos tenham sido alcançados ou caso contrário, agir sobre as causas do não atingimento do objetivo.

## 2.5 Ferramentas da Qualidade

A literatura apresenta inúmeras contribuições feitas por especialistas da qualidade na utilização de métodos de solução de problemas (MACÊDO et al., 2001). Para Miguel (2004), as ferramentas da qualidade fazem parte de um grupo de métodos que visam, por meios estatísticos e de controle, auxiliar no processo de implantação de programa de qualidade nas empresas. Já para Trivellato (2010), as ferramentas da qualidade são técnicas estáticas e gerencias que auxiliam na coleta, organização e análise de dados quantitativos necessários para resolução de problemas.

Segundo Oakland (1994), o principal objetivo das ferramentas da qualidade é identificar os maiores problemas e através de análise buscar a melhor solução. O autor ressalta, ainda, que estes métodos devem ser do conhecimento de todas as pessoas envolvidas desde a alta gerência até operários de “chão de fábrica” ou funcionários de prestadoras de serviço. Abaixo apresenta-se uma abordagem das ferramentas utilizadas na pesquisa: Folha de Verificação, Gráfico de Pareto, Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa-Efeito, *Brainstorming* e 5W2H.

### 2.5.1 Folha de Verificação (*Check Sheet*)

A folha de verificação é uma dentre as sete ferramentas da qualidade existentes, a mesma é utilizada para facilitar e organizar o processo de coleta, registro e análise de dados. Segundo Werkema (2006), a folha de verificação é um formulário no qual itens a serem examinados já estão impressos, com intuito de facilitar o processo de coleta e registro de dados. A autora ressalta, ainda, a existência de alguns tipos de folha de verificação a serem utilizadas dependendo do objetivo da coleta de dados.

1. Folha de verificação para a distribuição de um item de controle de um processo produtivo;
2. Folha de verificação para classificação;
3. Folha de verificação para localização de defeitos;

#### 4. Folha de verificação para identificação de causas e defeitos.

A *Check Sheet*, de acordo com Miguel (2001), consiste em uma planilha na qual um conjunto de dados pode ser coletado e registrado de forma ordenada, o que permite a interpretação rápida dos resultados. Para Aguiar (2002), o objetivo desta ferramenta é organizar, simplificar e otimizar, mantendo as informações das coletas de dados registradas, além disso, a folha poderá ser modificada dependendo do tipo de análise que se deseja obter a partir dos dados a serem coletados.

Conforme aponta Werkema (2006), o uso da folha de verificação pode ser aplicado nas etapas de identificação do problema e observações no ciclo PDCA para melhorar resultados.

### 2.5.2 Gráfico de Pareto

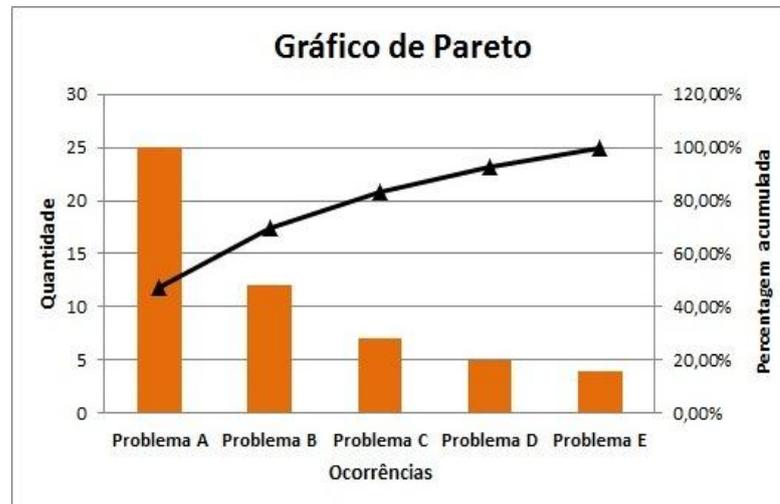
O princípio de Pareto foi inicialmente estabelecido por J. M. Juran, que adaptou aos problemas da qualidade a teoria para modelar a distribuição de renda desenvolvida pelo sociólogo e economista italiano Vilfredo Pareto. Pareto mostrou em 1987, que a distribuição de renda é muito desigual, com a maior parte da riqueza pertencendo a muito poucas pessoas. Juran que foi o primeiro a notar que esta mesma idéia se aplicava aos problemas da qualidade – a distribuição dos problemas e de suas causas é desigual e, portanto as melhorias mais significativas poderão ser obtidas se nossa atenção for concentrada, primeiramente, na direção dos poucos problemas vitais e logo a seguir na direção das poucas causas vitais deste problema (WERKEMA, p. 72, 2006).

O Gráfico de Pareto, que encontra-se exemplificado na figura 2, é um gráfico de barras verticais que dispões a informação de modo a torná-las evidente, priorizando visualmente temas que requerem maior atenção. O gráfico baseia-se no princípio de Pareto, princípio este que afirma que 80% dos problemas relacionam-se com 20% das causas (MIGUEL, 2001). Para Werkema (2006), o princípio do Pareto estabelece que um problema pode ser atribuído a um pequeno número de causas. Desta forma, se forem identificados às poucas causas vitais dos poucos problemas vitais, se torna possível eliminar grande parte das perdas por meio de pequeno número de ações.

Segundo Miguel (2001), um Gráfico de Pareto pode ser dividido em regiões denominadas como ABC, sendo essas:

- **Região A:** a qual representa aproximadamente 20% dos problemas, refere-se aos problemas mais críticos;
- **Região B:** a qual delimita em torno de 50% dos problemas, refere-se aos problemas cuja análise é viável;

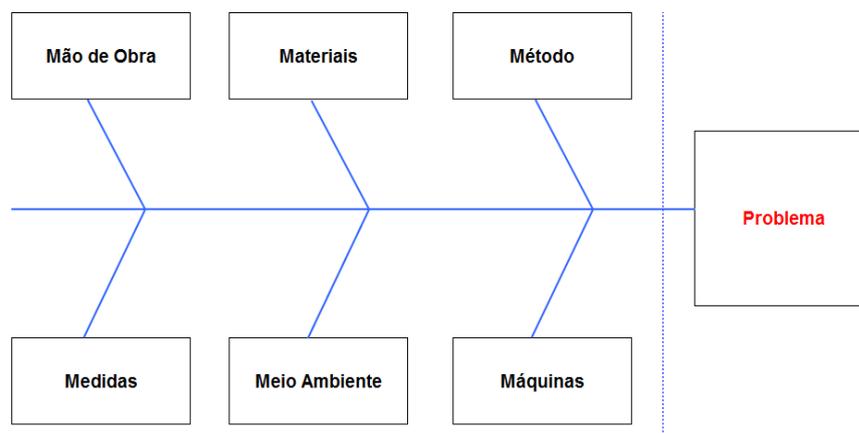
- **Região C:** a qual é responsável pela maior gama de problemas, os menos graves.



**Figura 2: Exemplo de Gráfico de Pareto**  
(Fonte: Adaptação Werkema, 2006)

### 2.5.3 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)

O Diagrama de Ishikawa (figura 3), como conhecido, é em homenagem ao professor Kaouru Ishikawa, responsável por elaborar o primeiro diagrama para explicar como os problemas de uma indústria japonesa estavam interligados. O diagrama ainda é conhecido por “Diagrama de causas-efeito” ou “Diagrama Espinha de Peixe”. Basicamente a ferramenta consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar a relação existente entre os resultados de um processo (efeito) e os fatores do processo (causa) que possam, por razões técnicas, afetar o resultado considerado (WERKEMA, 2006).



**Figura 3: Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)**  
(Fonte: Adaptação Miguel, 2001)

Segundo Macêdo et al. (2001), o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta composta de linhas e símbolos, que representam a relação existente entre um efeito e suas possíveis

causas. O autor ainda descreve que o diagrama de Ishikawa divide-se em famílias de causas que são os chamados 6M's, são elas: máquina, método, meio ambiente, matéria prima, materiais e mão de obra. Para Ramos (2000), esta ferramenta é capaz de descrever situações complexas, que seria muito pouco provável serem descritas utilizando de outras ferramentas.

Dependendo dos resultados obtidos em uma reunião de *brainstorming*, pode existir um elevado número de causas para o efeito em estudo. As causas principais podem ainda ser ramificadas em causas secundárias e/ou terciárias (MACÊDO et al., 2001). Basicamente, o resultado do diagrama é fruto de um *brainstorming*, sendo o diagrama o elemento de registro e representação de dados e informações.

Para se conquistar bons resultados com auxílio do diagrama de causa e efeito se faz necessário o cumprimento de algumas etapas para o desenvolvimento da ferramenta, conforme ressalta Macêdo et al. (2001):

- Estabelecer as causas através de reunião de *brainstorming*;
- Encontrar o maior número possível de causas que podem resultar na geração do problema;
- Relacionar as causas e construir o diagrama de Ishikawa, ligando os elementos com o efeito por relação de causa e efeito;
- Estipular uma importância para cada causa e assinalar as causas particularmente importantes que pareçam ter um efeito significativo na geração do problema (MACÊDO et al., 2001).

#### 2.5.4 5W2H

O 5W1H é uma ferramenta prática, também conhecida como plano de ação, não existe uma concordância sobre quem o desenvolveu (NAKAGAWA, 2016). A ferramenta traduz-se em seis palavras na língua inglesa *why* (por que), *what* (o quê), *who* (quem), *when* (quando), *where* (onde) e *how* (como). Utilizando do 5W1H pode-se elaborar um plano de ação determinando as ações a serem tomadas e como os recursos serão alocados (GERLACH et al., 2016).

Alguns anos após o surgimento da ferramenta, partindo dos princípios do 5W1H e levando em consideração a necessidade de se determinar o quanto custa executar o plano de ação elaborado, a palavra *how much* (quanto custa) passa a integrar a ferramenta, se tornando assim o 5W2H que ficou conhecida mundialmente após ser aplicada primeiramente na área de gestão da qualidade e posteriormente em gestão de projetos (NAKAGAWA, 2016).

Segundo Pontes et al. (2005 *apud* PILZ et al., 2011), a ferramenta pode ser definida como um documento elaborado de forma organizada a fim de identificar as ações e a responsabilidades de quem irá executar, sendo as informações coletadas através de um questionário que orienta as diversas ações que deverão ser implementadas. Para Meira (2003), o 5W2H é uma ferramenta simples, porém eficiente para auxiliar a análise e o conhecimento sobre determinado processo, problema ou ação a serem efetivadas.

Lisbôa e Godoy (2001) destacam que a ferramenta pode ser usada em três etapas na solução de problemas, sendo elas:

- a. **Diagnóstico:** na investigação de um problema, a fim de encontrar causas.
- b. **Plano de ação:** auxiliar na elaboração de um plano de ação sobre o que deve ser implementado para minimizar ou até mesmo eliminar o problema;
- c. **Padronização:** auxiliar na padronização de procedimentos que devem ser seguidos como modelo.

Para se implementar a ferramenta, devem ser respondidas as perguntas apresentadas no Quadro 1:

**Quadro 1: Etapas para aplicação do 5W2H**

Método 5W2H			
5W	What	O que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar a ação?
	Where	Onde?	Onde será executada a ação?
	When	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why	Por quê?	Por que a ação será executada?
2H	How	Como?	Como será executada a ação?
	How much	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: Adaptação Meira (2003).

Existem casos em que os custos não são necessários, desta forma a ferramenta continua sendo utilizada, entretanto, como já dito da forma, 5W1H. Conforme destaca Silva et al. (2013), é possível verificar que as respostas das questões do quadro 1 estão interligadas e que ao final do preenchimento do mesmo obtém-se um plano de ação detalhado e de fácil compreensão, uma espécie de mapeamento das atividades de fácil visualização.

### 2.5.5 *Brainstorming*

O *brainstorming* foi criado por Alex Osborn, um publicitário americano, por volta de 1939, sendo primeiramente chamado de “*Think up*” e posteriormente por *Brainstorming*, que

em português significa “explosão de idéias”. Entretanto, foi só em 1953, com a publicação do livro “*Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Thinking*”, que a ferramenta se tornou mundialmente conhecida (GUSHI, 2011).

Para Carvalho (1999 *apud* HOLANDA e PINTO, 2009), em um mercado cada vez mais competitivo, o conhecimento é considerado fator decisivo para o sucesso da organização frente a seus concorrentes. Neste contexto, o *brainstorming* assume uma importância estratégica cada vez maior. Ademais, o autor destaca que a principal vantagem em se aplicar esta ferramenta é a possibilidade de espontaneidade de ideias entre os envolvidos.

Segundo Santos et al. (2012), o *brainstorming* é usado para estimular o pensamento criativo de cada integrante e gerar um grande número de ideias em relação ao problema em análise. O autor ressalta também que todos os integrantes devem participar sem criticar uns aos outros, e que a técnica é utilizada para criação de ideias e não para debates. Para Holanda e Pinto (2009), a ferramenta é uma forma de identificar as possíveis causas do problema investigado.

Santos et al. (2012), afirma que a ferramenta é indispensável quando se precisa de novas ideias a partir de diferentes percepções, em busca de resultados.

Werkema (2006) descreve regras a serem seguidas para implementação da ferramenta, sendo elas:

- Deve-se montar uma equipe e escolher um líder para conduzir as atividades;
- Todos os membros do grupo devem opinar sobre o assunto, de modo a expor suas idéias e contribuir com a reunião;
- As idéias apresentadas devem ser registradas;
- Sobre hipótese nenhuma as idéias devem ser criticadas;
- Tendência de culpar pessoas deve ser evitada.

## **2.6 Produção Enxuta**

Na perspectiva de Bardal et al. (2016) e Elias & Magalhães (2003), o engenheiro Taiichi Ohno, foi um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção. Os primeiros conceitos surgiram após a segunda guerra mundial, por volta dos anos 50, no interior da fábrica da Toyota no Japão.

Ohno (1997) define que este sistema se baseia na identificação e eliminação dos seguintes desperdícios:

- Transporte desnecessário de mercadorias dentro das fábricas;
- Estoque à espera de processamento ou consumo;
- Superprodução de mercadorias desnecessárias no momento;
- Processamento desnecessário, devido ao projeto inadequado das ferramentas e produtos;
- Tempo de espera, que resulta em baixa eficiência de máquinas e mão de obra;
- Movimento desnecessário de pessoas;
- Produzir produtos defeituosos.

Atualmente o Sistema Toyota de Produção é conhecido com Sistema de Produção Enxuta. Na última década este sistema passou a fazer parte do vocabulário dos gestores das maiores e mais importantes empresas do mundo, pois sua base é eliminar os desperdícios, reduzindo também os custos e conseqüentemente maximizando a satisfação do cliente (BARDAL et al., 2016). Segundo Elias e Magalhães (2003), a implantação de produção enxuta em uma fábrica depende da adoção de algumas técnicas que buscam eliminar atividades que não agregam valor. Essas técnicas são: 5S's, *setup* rápido, *kanban*, manufatura celular, dispositivos a prova de erros (*poka-yoka*), inspeção autônoma, manutenção produtiva total, entre outras.

“A mentalidade enxuta pode ser definida como uma filosofia que requer menores tempos de processamento para entregar produtos ou serviços com qualidade elevada e baixos custos, através da melhoria do fluxo produtivo via eliminação dos desperdícios no fluxo de valor.” (ELIAS; MAGALHÃES, 2003, p. 2).

Para Womack e Jones (1998), a Produção Enxuta é uma forma de organização e gerenciamento que relaciona os aspectos clientes, fornecedores, produtos e operações de produção de forma que seja possível produzir cada vez mais com cada vez menos.

Os capítulos a seguir estão fundamentados de acordo com a revisão de literatura apresentada nesta seção.

### 3 METODOLOGIA

Gil (2010) aponta que uma pesquisa pode ser definida como um procedimento racional e sistemático que parte de um problema definido previamente e tem por objetivo encontrar respostas. O autor destaca que uma pesquisa pode ser classificada mediante alguns critérios.

Quanto à natureza, a pesquisa pode ser classificada como pesquisa aplicada, pois através da aquisição de conhecimento foram implementadas melhorias para solução de um problema específico, envolvendo verdades e interesses locais.

No que se refere à abordagem, pode-se definir como de caráter quantitativo, pois utiliza-se de dados numéricos para investigação e análise.

No que diz respeito aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como de caráter descritivo, pois envolve levantamento de informações e técnicas de coleta de dados.

Em relação ao procedimento técnico, trata-se de um estudo de caso, pois consiste no estudo profundo e exaustivo de um objetivo, de maneira a favorecer seu amplo e detalhado conhecimento.

Para se atingir os objetivos do presente trabalho as seguintes etapas foram realizadas, utilizando da metodologia do ciclo PDCA:

#### **P – Plan (Planejar)**

- Primeiramente, durante os meses de Dezembro de 2015 a Fevereiro de 2016, ocorreu um estudo do processo produtivo do setor de Corte a Plasma CNC. Neste estudo, com auxílio da folha de verificação foram coletados os dados referentes às atividades de *setup* e seus respectivos tempos de execução ao longo de cada mês.
- Após a coleta de dados, com auxílio da ferramenta TRF – Troca Rápida de Ferramenta e gráfico de Pareto, ocorreu uma análise em relação às atividades e seus respectivos tempos de *setup*, desta forma foram priorizadas as principais atividades responsáveis por grande parte dos efeitos;
- A elaboração do plano de ação utilizando da ferramenta 5W2H ocorreu com auxílio do Diagrama de Ishikawa, *Brainstorming* e TRF, para redução do tempo de *setup* referente às atividades priorizadas no gráfico de Pareto. Nesta etapa participaram colaboradores dos departamentos de corte a Plasma CNC, Ponte Rolante, Qualidade e Engenharia.

**D – Do** (Executar)

- Após o planejamento realizado, com auxílio de uma equipe composta por integrantes do departamento de Engenharia, ocorreu, ao longo de todo o mês de Março de 2016, a implantação do projeto de melhoria e o treinamento dos operadores do setor, operadores da ponte rolante e encarregado da produção em relação aos novos métodos implantados.

**C – Check** (Verificar)

- Esta etapa ocorreu no período de Abril de 2016 a Junho de 2016. Os tempos de *setup* coletados com auxílio de uma folha de verificação foram analisados utilizando-se de recursos computacionais: Pacote *Office* – Excel.
- Também ao longo deste período foram coletados os tempos de operação do setor para verificar a eficiência do mesmo após a implementação dos planos de melhorias.
- Posteriormente, ocorreu uma reunião de *brainstorming* na qual participaram integrantes do departamento de engenharia e qualidade, encarregado da produção, operador do setor de corte a Plasma CNC e operadores da ponte rolante, para discutir sobre os resultados obtidos.

**A – Action** (Agir)

- Para finalizar no segundo semestre de 2016, em função dos resultados obtidos, os planos propostos foram adotados como padrão.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 Caracterização da Empresa

A empresa foi fundada em Junho de 1996, no noroeste do estado do Paraná. Inicialmente produzia rolete para caminhões, com o passar dos anos, devido à alta demanda do mercado por componentes automotivos a empresa se expandiu e hoje ocupa lugar de destaque no seguimento em que atua.

Devido à atual crise financeira que encontra-se o país e a um mercado cada vez mais competitivo, a empresa em estudo busca se superar a cada dia através do desenvolvendo de novos produtos e aprimoramento dos já existentes. Atualmente a organização encontra-se em fase de implantação de ISO9001, em busca de padronizar seus processos se tornando melhor e mais preparada frente aos concorrentes.

No momento atual a empresa presta serviços de corte e dobra e também contempla um catálogo com aproximadamente 1300 itens denominados componentes automotivos, dentre eles destaca-se os produtos das famílias balanças, sapatas, deslizantes, braços do tensor, buchas de balança, buchas do tirante, mancais, dentre outros.

A organização possui hoje em seu quadro de funcionários aproximadamente 100 colaboradores distribuídos em turnos. Vale ressaltar que não são todos os setores que operam em turnos, somente os setores de corte a laser CNC, solda e usinagem, os demais setores operam em horário comercial.

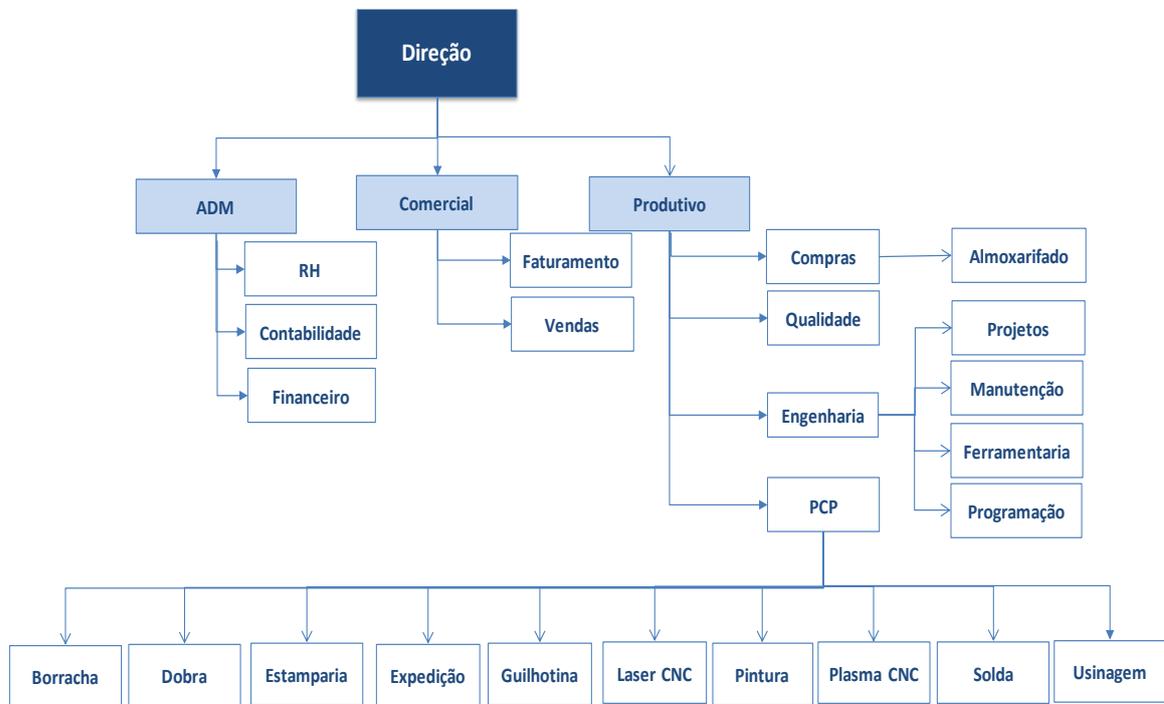
A estratégia da empresa em estudo, de modo geral, pode ser definida como um conjunto de objetivos, metas e diretrizes, como apresentados a seguir:

**MISSÃO:** Ser a solução em desenvolvimento e produção de peças automotivas de linha pesada, com eficiência, qualidade e tecnologia. E obter uma entrega ágil e eficaz, garantindo a segurança dos clientes internos e externos.

**VISÃO:** Ser reconhecida internacionalmente pela excelência em desenvolvimento e produção de peças automotivas da linha pesada, servindo as necessidades e superando as expectativas dos nossos clientes, por meio da melhoria contínua de todos os nossos processos.

**VALORES:** Foco no cliente: Estamos comprometidos com o resultado e o sucesso do cliente, buscamos assim levar soluções para os seus problemas.

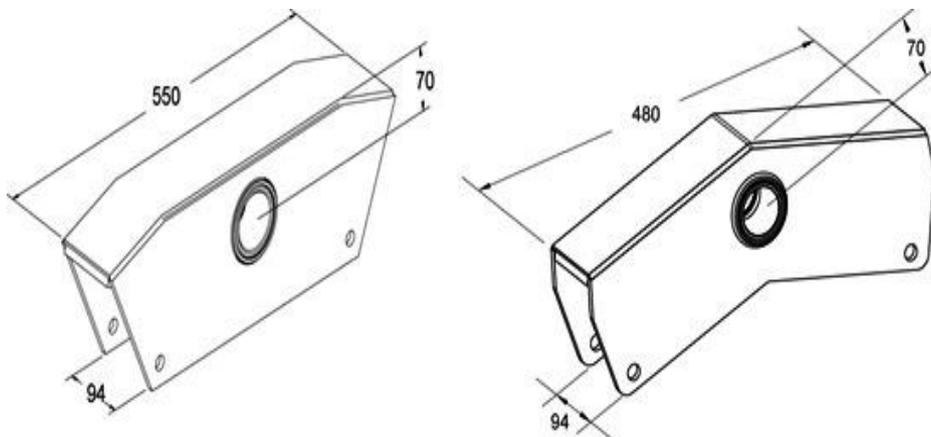
A figura 4 apresenta a estrutura organizacional da empresa, na qual verificam-se a diretoria, departamentos e setores.



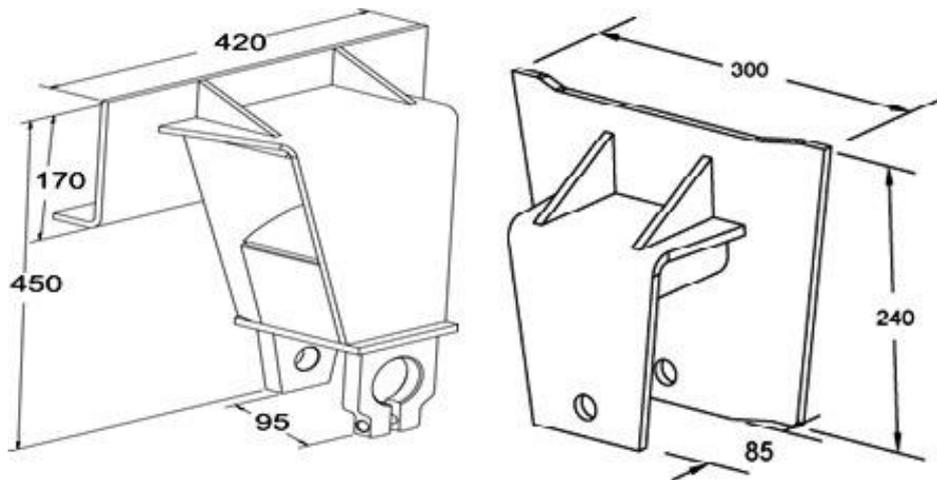
**Figura 4: Organograma**  
(Fonte: Adaptação empresa concedente, 2016)

#### 4.1.1 Produtos

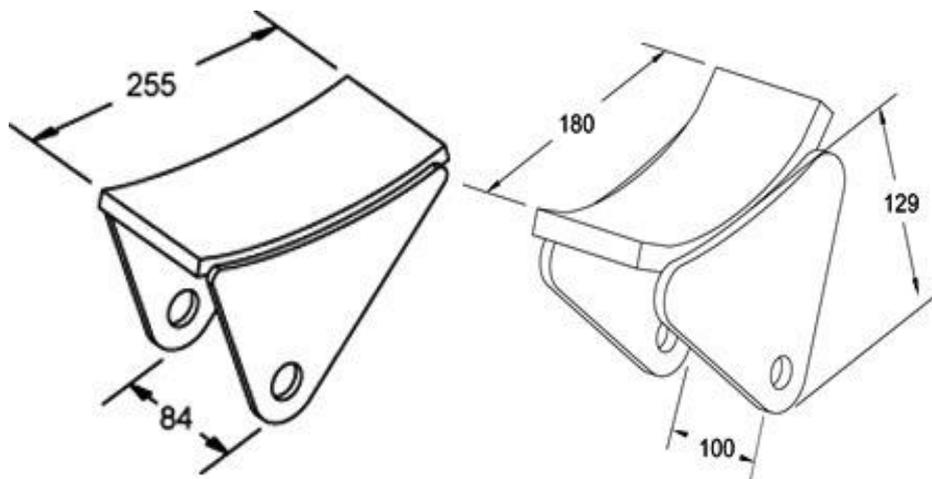
A empresa, como citado anteriormente, possui um catálogo com aproximadamente 1300 itens, apresenta-se a seguir (figura 5 a 7) o projeto técnico de algumas das principais linhas de produtos produzidos pela organização.



**Figura 5: Balanças**  
(Fonte: Empresa concedente, 2016)



**Figura 6: Suportes**  
(Fonte: Empresa concedente, 2016)



**Figura 7: Deslizantes**  
(Fonte: Empresa concedente, 2016)

As Balanças (figura 5), são constituídas por um processo produtivo bastante complexo, atualmente esta linha de produto é responsável por aproximadamente 23% do faturamento mensal da organização. Os Suportes (figura 6) e os Deslizantes (figura 7) ocupam lugar de destaque no faturamento mensal da empresa, entretanto possuem alto custo de produção devido aos processos e materiais envolvidos.

#### 4.1.2 Setor de corte a Plasma CNC

No setor de corte a Plasma CNC, a atividade inicia-se com a mesa do equipamento sendo abastecida com a chapa a ser cortada, o operador do setor realiza algumas atividades de ajuste e configuração do equipamento. Partindo destes conceitos o processo de corte a plasma CNC (figura 8) inicia-se com o acionamento de um sinal *START* que é enviado à fonte

plasma. Ao mesmo tempo a tensão de arco aberta (OCV) e os gases são transmitidos à tocha. Quando a vazão é estabilizada, a alta frequência (HF) é ativada. Posteriormente, o gás se ioniza ao passar pelo arco formado entre o eletrodo e o bico no interior da tocha. Este gás eletricamente condutor cria um caminho para corrente entre o eletrodo e o bico e dele resulta a formação do arco plasma. Quando o arco plasma entra em contato com o metal acontece a fusão do mesmo e, através da injeção de gás oxigênio em alta vazão, ocorre a expulsão do metal líquido da poça de fusão. Ao fim deste processo obtêm-se como resultado as peças cortadas, que seguirão para os processos subsequentes para compor o produto final.



Figura 8: Setor de Corte a Plasma CNC em Operação  
(Fonte: autor, 2016)

Os principais parâmetros do setor em análise encontram-se no quadro 2:

Quadro 2: Parâmetros do Setor de Corte a Plasma CNC

Parâmetro	Descrição
<b>Turno:</b>	Comercial - 7:30h às 17:30h.
<b>Horário:</b>	Segunda-feira á Sexta-feira.
<b>Número de Operadores:</b>	Um colaborador.
<b>Matéria-prima:</b>	Chapa de aço carbono (SAE 1006, SAE 1010, SAE 1020 e SAE 1045) em espessura que decorre de 6mm a 32mm.
<b>Principais Consumíveis</b>	Gás oxigênio (O2) ou gás nitrogênio (N), água (H2O), líquido refrigerante, tocha, difusor de gás, eletrodo, bico e capa.

(Fonte: Autor, 2016)

Por mês são processadas aproximadamente 32 toneladas de matéria prima – chapa de aço carbono. O tempo produtivo disponível é, em média, de 172 horas por mês, entretanto, o equipamento encontra-se operando com uma eficiência em torno de 57% devido ao elevado tempo de *setup* requerido pelo mesmo, dentre outros fatores.

## 4.2 Aplicação do Método PDCA

Nas seções a seguir apresenta-se as etapas do ciclo PDCA aplicado ao projeto de redução do tempo de *setup* de um setor de Corte a Plasma CNC.

### 4.2.1 Plan – Planejar

Na etapa Planejar serão apresentados os dados coletados e o plano de ação desenvolvido em relação à realização das tarefas no setor de corte a Plasma CNC, como apresentado na figura 9.



**Figura 9: Setor em Estudo**  
(Fonte: Autor, 2016)

#### 4.2.1.1 Coleta e Análise de Dados

Inicialmente foi desenvolvida uma folha de verificação, conforme tabela 1, com intuito de identificar as principais atividades de *setup* e seus respectivos tempos.

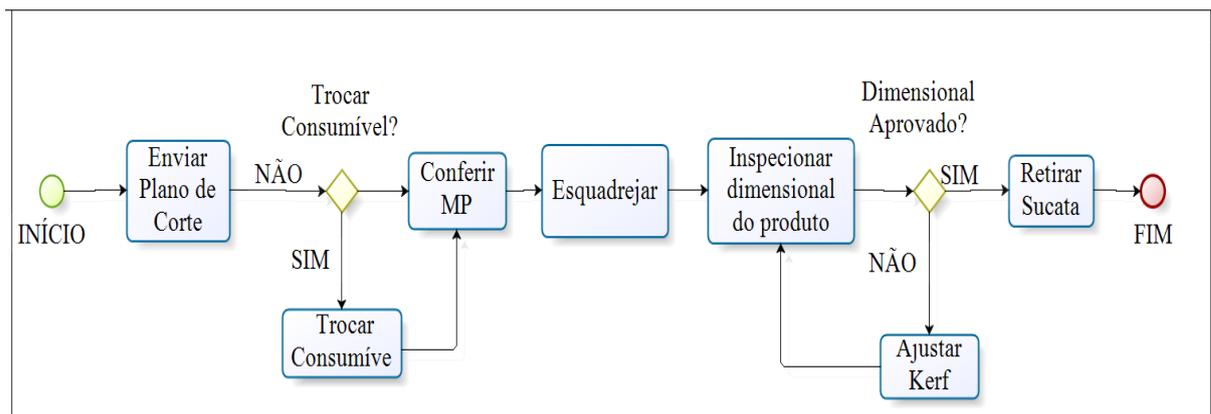
**Tabela 1: Folha de Verificação - Controle do Tempo de Setup**

LOGO DA EMPRESA	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE  Folha de Verificação: Controle do Tempo de Setup Corte a Plasma CNC	SGQ - 005 REV:001 DATA: 25/11/2015 Elaborado por: Rafael Souza
--------------------	--	---

Data	Plano de Corte	Horário de Início da atividade de Setup	Horário de Término da atividade se setup	Atividade de Setup	Responsável

(Fonte: autor, 2015)

A folha de verificação foi implantada no início do mês de Dezembro de 2015. O operador responsável pelo setor de Corte a Plasma CNC foi treinado para realizar o preenchimento adequado da ficha. Os dados foram coletados durante os meses de Dezembro de 2015 a Fevereiro de 2016. Através dos dados coletados foi possível aplicar o **estágio preliminar** do TRF, ou seja, a identificação das principais atividades, a qual se encontra na figura 10.

**Figura 10: Fluxograma das atividades de Setup**

(Fonte: Autor, 2016)

Após identificadas as atividades existentes no processo, apresenta-se no quadro 3 a aplicação do **estágio 1** da ferramenta TFR, estágio este que classifica as atividades de *setup* como: **interno** – realizado com o equipamento desligado ou **externo** – realizado com o

equipamento em pleno funcionamento, além disso, apresenta-se também uma breve descrição de cada uma das atividades evidenciadas na figura 10.

**Quadro 3: Descrição e Classificação das atividades de Setup**

Atividade de <i>Setup</i>	Classificação	Descrição da Atividade
<b>Enviar Plano de Corte</b>	Interno	Os planos de corte são desenvolvidos pelo setor de programação e encaminhados ao setor de Corte a Plasma CNC onde devem ser enviados pelo operador através do software Lantek a máquina.
<b>Trocar Consumível</b>	Interno	Consumível é o conjunto formado por eletrodo, bico e capa. Os mesmos são trocados de acordo com o plano de corte ou com a necessidade devido ao desgaste.
<b>Conferir Matéria Prima</b>	Interno/Externo	Utilizando do plano de corte, o operador deve conferir se as dimensões da chapa comprimento, largura e espessura estão de acordo com o especificado.
<b>Esquadrear</b>	Interno	Nesta atividade o operador identifica a orientação (xyz) de 3 pontos da chapa através da máquina, esta tarefa se faz necessária para o equipamento reconheça exatamente a onde a matéria prima está posicionada.
<b>Inspecionar as dimensões do produto</b>	Interno	As dimensões do produto são conferidas duas ou mais vezes ao longo da execução de cada plano de corte, o número de conferências ocorre de acordo com o produto a ser cortado ou devido a variações existentes.
<b>Ajustar Kerf</b>	Interno	Ocorre apenas quando o dimensional da peça inspecionada anteriormente não está de acordo com as especificações. Geralmente quanto mais danificado se apresenta o consumível maior o número de ajuste de Kerf.
<b>Retirar Sucata</b>	Interno/Externo	Ao final do corte da chapa o operador retira a sucata da mesa do plasma e acomoda ao lado do equipamento para ser encaminhado a caçamba pela empilhadeira.

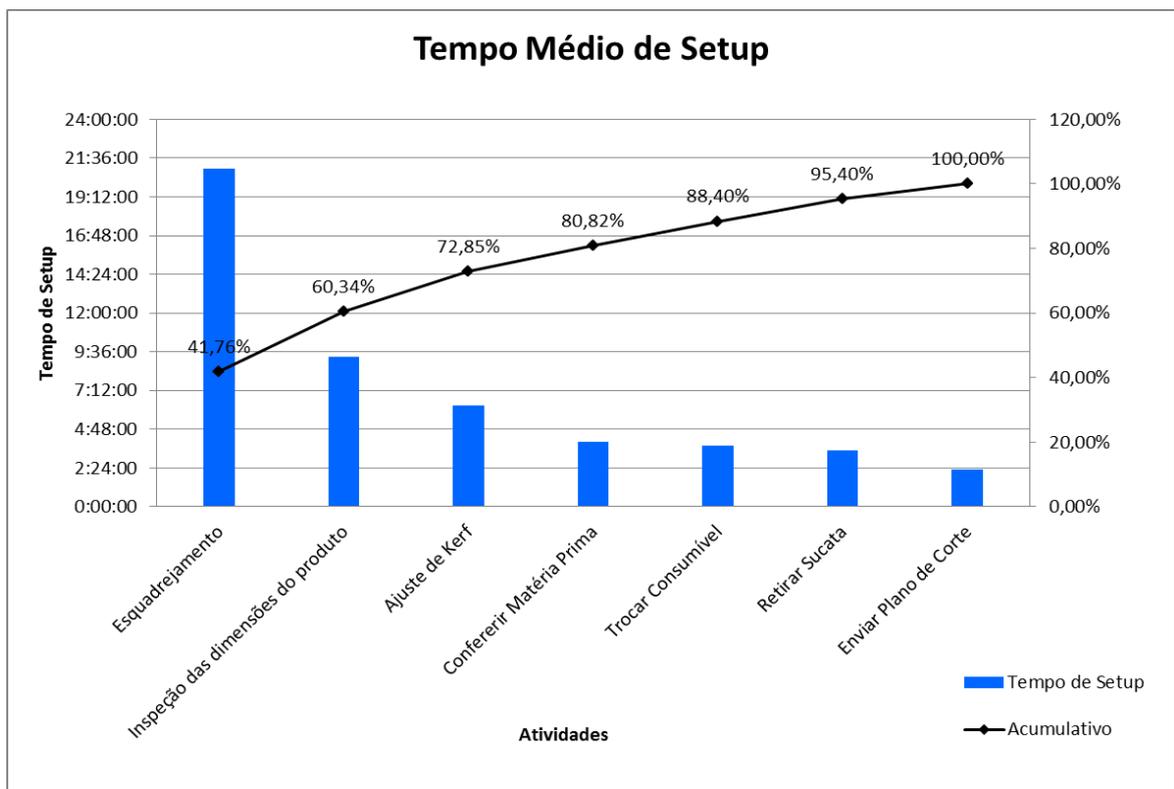
(Fonte: Autor, 2016)

O trabalho desenvolvido analisou os dados em relação ao acúmulo do tempo de cada atividade no mês. Não foi possível realizar uma análise com base no tempo unitário, devido ao fato de algumas atividades não ocorrerem periodicamente, ou seja, em todo plano de corte/ordem de produção.

Os dados foram coletados nos meses de Dezembro 2015, Janeiro 2016 e Fevereiro de 2016, devido à necessidade de maior confiabilidade para tomada de decisão. A análise foi

realizada apenas ao final do período de coleta dos tempos de *setup*. Os dados coletados foram analisados utilizando de recursos computacionais - *software* Excel.

Ao longo dos meses analisados constatou-se que as horas empregadas para realização das atividades foram: em Dezembro-2015 - 50:56:37 horas, Janeiro-2016 - 52:15:50 horas e Fevereiro-2016 - 47:02:55 horas. Em média são despendidos para preparação da produção um tempo de aproximadamente (50:05:07 horas/mês). Para melhor compreensão, apresenta-se na figura 11 o gráfico de Pareto desenvolvido com base na média dos tempos de *setup* coletados para cada atividade existente.



**Figura 11: Tempo Médio de Setup**  
(Fonte: Autor, 2016)

Através dos dados apresentados, constatou-se a necessidade de agir sobre as causas que resultam em 72,85% dos efeitos em média, ou seja, agir sobre as atividades esquadrejamento, inspeção das dimensões do produto e ajuste de *kerf*.

Estas atividades representam aproximadamente 36 horas de máquina parada. Este fato pode ser reflexo de alguns fatores, dentre eles falta de padronização na realização das atividades, falta de controle em relação à utilização de insumos e consumíveis, avarias existentes na matéria prima, métodos utilizados para realização das atividades, alta rotatividade de funcionários no setor, dentro outros.

Em busca de se otimizar os tempos destas atividades, apresenta-se a seguir uma análise de maior abrangência utilizando das ferramentas disponíveis pela área da Engenharia de Produção em busca de se determinar as principais causas, a fim de se propor plano de melhoria a ser implementado.

#### 4.2.1.2 Plano de Melhoria

Inicialmente para se determinar as causas relevantes dos problemas investigados, foi realizado uma reunião de *Brainstorming* que levou em consideração os materiais, ferramentas e técnicas aplicadas para realização das atividades. Junto a esta reunião foi desenvolvido o Digrama de Ishikawa. Em seguida, utilizando das informações coletadas foram desenvolvidos planos de melhoria através da ferramenta 5W2H.

Para a atividade de esquadrejamento, devido a todos os envolvidos terem conhecimento da causa principal resultante dos elevados tempos, não ocorreu a aplicação do Diagrama de Ishikawa.

**Esquadrejamento da chapa**, antes do início da atividade o operador de ponte rolante abastece a mesa do equipamento com a chapa especificada na ordem de produção, a chapa é posicionada na mesa da forma que o operador da ponte rolante julgue correta. Nesta tarefa, o operador do setor em estudo configura a máquina de forma que ela identifique a posição da chapa na mesa, ou seja, esta atividade identifica os pontos (x,y,z) das extremidades da chapa, para isso são utilizados três dos quatro cantos da chapa.

Sendo assim, verificou-se que a principal causa diz respeito ao método de esquadrejamento utilizado, ou melhor, isto envolve a forma que a chapa é posicionada na mesa e também a maneira que se utiliza para configurar a máquina, ou seja, necessitando de três pontos (cantos) da chapa.

A **inspeção das dimensões do produto** é realizada pelo próprio operador do setor e ocorre duas ou mais vezes ao longo da execução de cada plano de corte, geralmente o número de inspeção está relacionado a problemas que ocorrem durante a execução da ordem de produção. Esta atividade ocorre com auxílio de uma ficha para registro da análise dimensional.

O **ajuste de *kerf*** ocorre toda vez que uma peça ao longo da execução do plano de corte é reprovada na atividade de inspeção das dimensões do produto. Este ajuste é denominado a

configuração dos parâmetros da máquina para adequar as dimensões do produto ao especificado em projeto técnico, ressaltando que este ajuste ocorre apenas se a peça for reprovada por estar com variação de no máximo 1,5 mm do especificado no projeto técnico. Vale destacar que o ajuste de *kerf* pode ocorrer diversas vezes durante a execução de uma mesma ordem de produção, tudo isto influenciado por outros fatores.

Em relação às atividades de inspeção das dimensões do produto e ajuste de *kerf*, apresenta-se, na figura 12, um único diagrama de Ishikawa, devido às atividades estarem relacionadas.

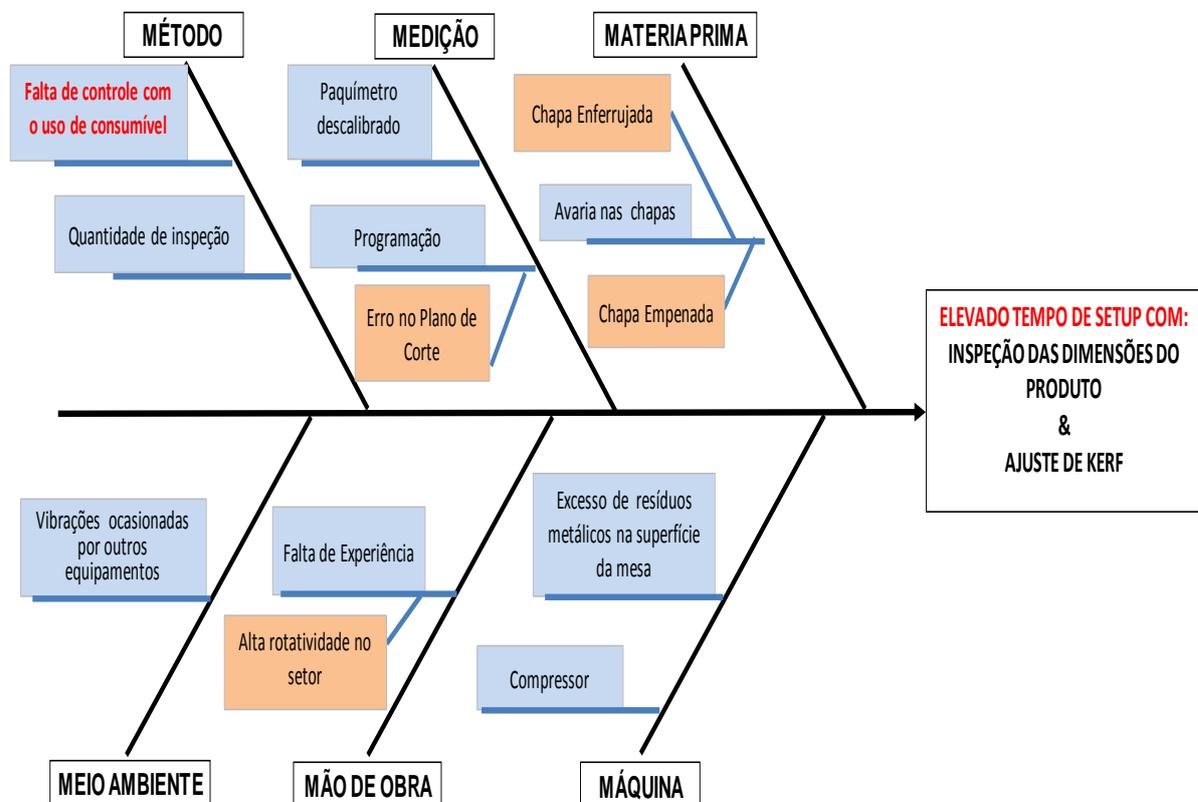


Figura 12: Diagrama de Causa e Efeito – Ishikawa  
(Fonte: Autor, 2016)

Após levantadas as causas através do Diagrama de Ishikawa para as duas atividades analisadas, constatou-se que a falta de controle com o uso de consumíveis é uma das principais causas que resulta nos altíssimos tempos de *setups* destas atividades.

Atualmente os consumíveis são utilizados sem controle de sua vida útil. Sendo assim, verificou-se a necessidade de elaborar um plano de melhoria no qual ocorra maior controle do (eletrodo, bico e capa) de forma a utilizá-los apenas no período de vida útil.

O quadro 4, apresenta os planos de melhoria levantados e seus detalhamentos, através da ferramenta 5W2H.

**Quadro 4: Plano de Melhoria - 5W2H**

Parâmetro		Plano de Melhoria	
<b>What</b>	<b>O que?</b>	<b>Método de Esquadrejamento</b>	<b>Controle do Uso de Consumíveis</b>
<b>Who</b>	<b>Quem?</b>	Engenharia, Qualidade, Encarregado do setor de corte, Operador do setor de Plasma e Ponte Rolante.	Engenharia, Qualidade, Encarregado do setor de corte e Operador do setor de Plasma.
<b>Where</b>	<b>Onde?</b>	Setor de Corte a Plasma.	Setor de Corte a Plasma.
<b>When</b>	<b>Quando?</b>	Março 2016.	Março 2016.
<b>Why</b>	<b>Por quê?</b>	Para redução do tempo de <i>setup</i> na atividade de Esquadrejamento,	Para redução do tempo de <i>setup</i> nas atividades de Inspeção das Dimensões do Produto e Ajuste de <i>Kerf</i> .
<b>How</b>	<b>Como?</b>	Através da implantação de batentes para esquadrejamento e treinamento dos operadores para o abastecimento e execução do novo método.	Através da implantação de um procedimento para controle do uso do conjunto consumíveis composto por (eletrodo, bico e capa).
<b>How much</b>	<b>Quando Custa?</b>	A empresa possui os equipamentos e material necessário para produção e fixação dos batentes, desta forma não serão necessários investimentos externos.	O número de consumíveis utilizados mensalmente varia de acordo com a produção do mês, desta forma o custo mensal será diferente.

(Fonte: Autor, 2016)

Utilizou-se da ferramenta 5W2H (quadro 4) para esta atividade, devido à eficiência desta em organizar as informações necessárias ao desenvolvimento do projeto.

#### 4.2.2 Do – Executar

Na etapa Executar será apresentado à implantação dos planos de melhoria elaborados após a análise dos dados coletados. Esta etapa ocorreu durante todo o mês de Março de 2016. Ressalta-se que esta seção abrange os conceitos do **estágio 3** da ferramenta TRF – implementação de melhoria para redução do tempo de *setup*. O **estágio 2** desta ferramenta – conversão de *setup* interno em externo não foi implementado devido a não ser possível converter em *setup* externo as atividades em análise. É importante considerar que existem

algumas atividades que não foram priorizadas por este trabalho, mas que podem ser convertidas em *setup* externo, sendo elas conferência de matéria prima e retirada de sucata.

#### 4.2.2.1 Implantação do Plano de Melhoria – Método de Esquadrejamento

A implantação das melhorias iniciou-se pela atividade de esquadrejamento. A figura 13 mostra como as chapas eram posicionadas para execução da atividade antes de qualquer mudança.



Figura 13: Posição da Chapa na Mesa de Corte  
(Fonte: Autor, 2016)

Com o novo método foram desenvolvidos batentes para serem fixados nas laterais da mesa. As figuras 14, 15 e 16 apresentam o projeto elaborado.

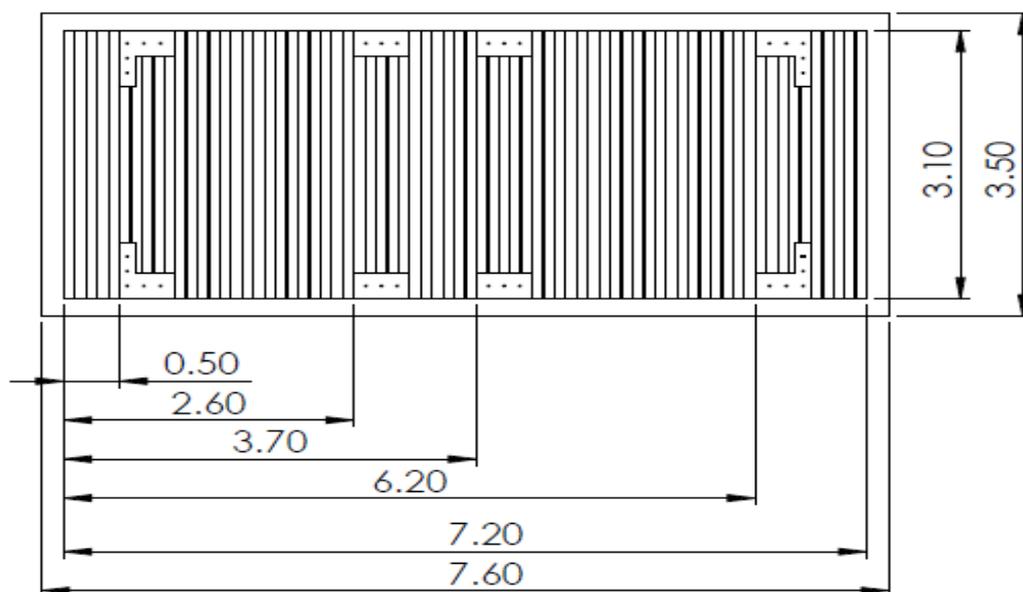
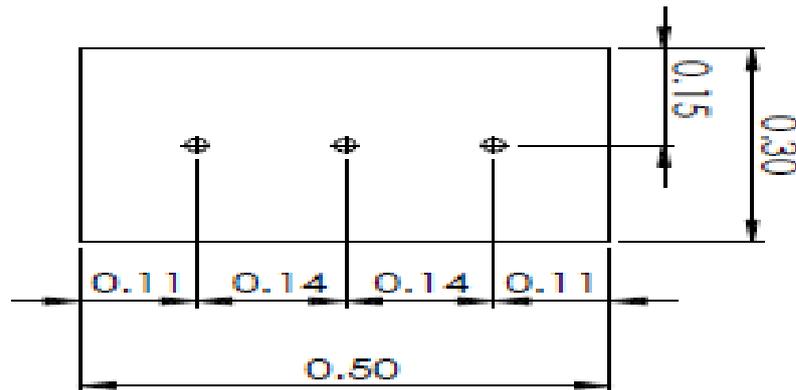
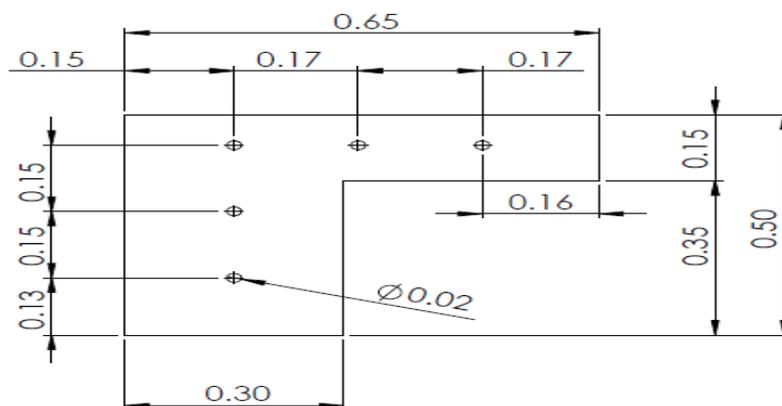


Figura 14: Projeto mesa de corte a Plasma CNC com batentes fixadas  
(Fonte: Autor, 2016)

A figura 14 expõe como estão distribuídos os batentes sobre a mesa de corte. Vale destacar que, o projeto levou em consideração todas as variáveis envolvidas para melhor posicionamento dos batentes sobre a mesa de corte do equipamento. Em toda a mesa foram fixados quatro batentes de cada modelo apresentado, desta forma criou-se a possibilidade de operar o equipamento em quatro posições distintas.



**Figura 15: Batente modelo A**  
(Fonte: Autor, 2016)



**Figura 16: Batente modelo B**  
(Fonte: Autor, 2016)

As figuras 15 e 16 apresentam as dimensões de cada batente desenvolvido. Estes batentes foram projetados levando em consideração as dimensões da patola da ponte rolante, as dimensões das chapas a serem cortadas e as restrições do equipamento. É importante destacar que, a largura das batentes 0,30m está diretamente relacionada às dimensões da patola da ponte rolante, a espessura de 0,012m respeita o bom desempenho da tocha do equipamento durante a operação de corte, o comprimento de 0,50m do modelo A e B e 0,65m

do modelo B está associado às dimensões da chapa de aço carbono. As figuras 17 e 18 evidenciam os batentes fixados na mesa do equipamento de corte a Plasma CNC.

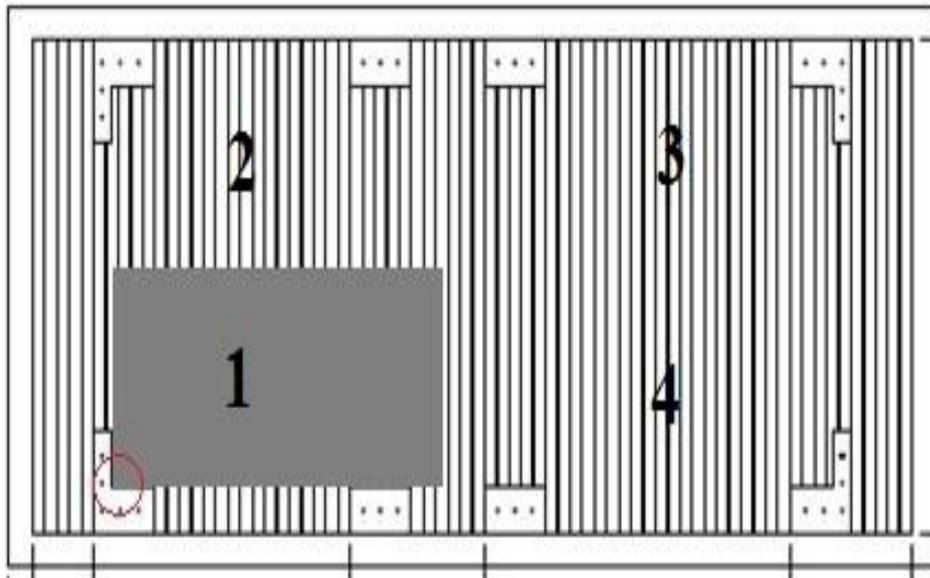


**Figura 17: Batente modelo A fixado a mesa**  
(Fonte: Autor, 2016)



**Figura 18: Batente Modelo B fixado a mesa**  
(Fonte: Autor, 2016)

A figura 19 demonstra a aplicação do novo método. Com este o operador da ponte rolante pode abastecer a chapa apenas em quatro posições diferentes, cada posição ocupa dois batentes, um de cada modelo. A máquina foi programada de forma a salvar a origem de cada posição. Partindo destes princípios e da chapa posicionada da forma correta, o operador do setor na atividade de esquadreamento apenas busca, através da máquina, a origem em que a chapa se encontra (canto da chapa). Com a origem identificada e a chapa estando posicionada de forma correta, paralela aos dois modelos de batente, não existe a necessidade de identificar outros pontos da chapa.



**Figura 19: Novo método de esquadramento**  
(Fonte: Autor, 2016)

O ponto em vermelho na figura 19 é a origem (canto da chapa), é o único ponto que precisa ser identificado pela máquina com este novo procedimento, ressaltando que em cada uma das quatro posições existentes somente um ponto deve ser identificado na execução de cada plano de corte. Com o nova técnica descarta-se a necessidade de identificação de 3 pontos em cada chapa a ser cortada, como executado no método antigo.

Com este novo procedimento estabeleceu-se também um ciclo para o corte das chapas, ou seja, cada chapa vai ser cortada em uma posição diferente (1, 2, 3 e 4) e apenas depois de terem sido realizadas operações em todas as posições, volta-se a operar na posição 1. Esta lógica foi instituída para distribuir melhor os resíduos provenientes do corte que acumula-se na superfície da mesa. Com a distribuição destes resíduos sobre a mesa os batentes têm maior eficácia, já que desta forma a chapa se encaixa melhor aos batentes.

#### **4.2.2.2 Implantação do Plano de Melhoria – Controle do uso de consumíveis**

Antes da implementação de mudança em relação ao controle do uso de consumíveis a atividade era realizada da forma em que o operador julgasse correta. O responsável por operar o equipamento utilizava do consumível até o mesmo estar completamente danificado, ou seja, os consumíveis eram avaliados visualmente para serem substituídos, desta forma não se considerava sua capacidade, vida útil ou funcionalidade. Muitas vezes o consumível era substituído por outro e, em algum momento ao longo de outros planos de corte, voltava a ser utilizado, ou seja, era inserido no processo mesmo estando completamente desgastado e

praticamente não exercendo sua função. Apresenta-se na figura 20 o conjunto consumível (bico, eletrodo e capa).



**Figura 20: Conjunto Consumível (Bico, Eletrodo e Capa)**  
(Fonte: Autor, 2016)

Partindo dos princípios anteriormente mencionados e dos efeitos que a falta deste controle acarretavam em outras atividades, decidiu-se desenvolver um estudo quanto ao seu uso, ou seja, a vida útil deste consumível.

A implantação do plano de melhoria ocorreu também no mês de Março de 2016. Primeiramente, ocorreu um estudo para verificar como seria mensurada a vida útil deste consumível. Através de contato com os fabricantes do consumível e do equipamento de corte a plasma CNC, constatou-se que a melhor forma de mensurar a vida útil do mesmo seria através do número de *piercings*, que pode ser definido como: número de vezes que ocorre a furação da chapa para obtenção do produto final ou número de tiros/aberturas necessários para obtenção do produto final.

Desta forma, um experimento foi conduzido com intuito de se determinar a vida útil dos consumíveis. O experimento ocorreu da seguinte forma: os consumíveis em análise eram inseridos no equipamento e a cada 100 *piercings* realizados, os consumíveis eram analisados. Nesta análise alguns parâmetros eram avaliados, dentre estes as dimensões das peças cortadas, o desgaste sofrido pelo mesmo, a necessidade em efetuar ajuste de *kerf* e o acabamento das peças cortadas. Com este experimento verificou-se que após 1700 *piercings* as peças cortadas já começavam a apresentar divergências em relação às medidas, necessitando, assim, de inspeção constante quanto ao dimensional e ajuste de *kerf*. Além disso, constatou-se também uma baixa qualidade em relação ao acabamento das peças cortadas. O experimento prosseguiu e com isso verificou-se que ao atingir aproximadamente 2500 *piercings* os consumíveis se apresentavam completamente danificados e não exerciam sua função com excelência.

Após o experimento realizado e com auxílio dos dados obtidos determinou-se que ao atingir 1650 *piercings* o consumível deveria ser substituído. Optou-se por este número, pois desta forma estaria abaixo do limite crítico, sendo assim, mesmo que o consumível atinja o número de *piercings* estipulado para substituição durante a execução do plano de corte, pode-se aguardar até o termino do plano de corte em execução, já que existe uma margem de segurança de 50 *piercings* a mais que o valor estipulado para substituição. Com este método descarta-se a constante necessidade de inspeção das dimensões do produto e diminui-se a quantidade de ajuste de *kerf* a ser realizado ao longo do processo.

Os dados necessários para que ocorra o controle do uso do consumível encontram-se no plano de corte, como apresentado nas figuras 21 e 22.

<i>Peso</i>	81.601 kg	<i>Perímetro de Corte</i>	Nº de <i>Piercings</i>
<i>X</i>	1146.5	38336.507 mm	
<i>Y</i>	1484.2		

Figura 21: Exemplo de número de piercings  
(Fonte: Autor, 2016)

<i>Peso</i>	168.912 kg	<i>Perímetro de Corte</i>	Nº de <i>Piercings</i>
<i>X</i>	2773.5	61997.708 mm	
<i>Y</i>	1507.5		

Figura 22: Exemplo de número de piercings  
(Fonte: Autor, 2016)

O número de *piercings* coletado no plano de corte passou ser inseridos em uma planilha eletrônica, desenvolvida através do *software* Excel. Esta planilha foi elaborada de forma a deixar visível o número total de *piercings* já utilizados e o *status* do consumível. O principal objetivo desta planilha é evidenciar o momento adequado de se efetuar a substituição do conjunto consumível. A tabela 2 demonstra como é realizado o atual controle após implementação do plano de melhoria. Ressaltando que o preenchimento da planilha se tornou de inteira responsabilidade do operador.



### 4.2.3 Check – Verificar

A etapa de Verificação ocorreu nos meses de Abril, Maio e Junho de 2016. Para coleta dos dados novamente foi utilizada a folha de verificação apresentada na etapa *Plan* (tabela 1).

Verificou-se que no mês de Abril os tempos de *setup* diminuíram consideravelmente, entretanto, as mudanças eram recentes e estavam na fase de adaptação. Durante os meses de Maio e Junho, foi possível notar que os tempos diminuíram em relação a Abril, com isso constatou-se que as mudanças realizadas realmente surtiram efeitos positivos no processo. A tabela 3, apresenta uma comparação entre os tempos médios de *setup* antes e depois da implementação de melhorias no setor em estudo.

**Tabela 3: Comparativo de Tempos de Setup**

Atividade	Antes	Depois
Ajuste de kerf	06:15:41	03:05:30
Esquadreamento	20:54:54	09:33:36
Inspeção das dimensões do produto	09:18:31	05:06:08
Trocar consumível	03:47:50	05:41:48
Outras atividades	09:48:11	08:58:14
<b>TOTAL</b>	<b>50:05:07</b>	<b>32:25:16</b>

(Fonte: Autor, 2016)

Através dos dados coletados foi possível verificar que as atividades investigadas tiveram uma redução considerável nos tempos de *setup*. Com a implementação de um novo método de esquadreamento, como apresentado na seção anterior, a atividade obteve uma redução em média de 54,29% em seu tempo. Já com a execução do controle do uso de consumíveis a atividade de ajuste de *kerf* teve uma redução em média de 50,62% em seu tempo e a inspeção das dimensões do produto reduziu em média 45,19% do seu tempo.

O novo método de esquadreamento não interferiu negativamente em nenhuma das outras atividades, enquanto a implantação do controle do uso de consumíveis acarretou em um aumento de 50,02%, em média, nos tempos para realização da atividade “trocar consumível”, ou seja, houve um aumento de aproximadamente duas horas nesta atividade, entretanto, este mesmo plano de melhoria reduziu em aproximadamente oito horas as atividades de ajuste de *kerf* e inspeção das dimensões do produto.

Em relação ao controle do uso de consumível, anteriormente eram utilizados no mês aproximadamente 15 conjuntos (eletrodo, bico e capa). Após a implementação do plano de melhoria em média são utilizados por mês 23 consumíveis. Este fato acarretou em acréscimo

no custo mensal de em média R\$ 608,00 reais. Devido aos bons resultados obtidos com o plano de ação, o acréscimo no centro de custo do setor foi aprovado pela diretoria.

De modo geral, obteve-se como resultado uma redução do tempo de *setup* em média de 35,27%, verificou-se também ao longo dos meses analisados que a eficiência do equipamento aumentou em média 6,2%, atingindo hoje em média 63,43%.

Além disso, com o novo método de esquadreamento no qual se instituiu um ciclo de corte com intuito de distribuir uniformemente os resíduos sobre a mesa, verificou-se que a realização da limpeza geral da mesa, que antes acontecia de dois em dois meses e necessitava parar o equipamento por completo durante todo um período de trabalho, agora ocorre de quatro em quatro meses. Desta forma, reduziu-se em 50 % o número de limpeza geral a ser realizada no equipamento ao longo do ano.

Com o controle do uso de consumíveis ocorreu um aumento significativo na qualidade dos produtos provenientes deste processo, ou seja, hoje as peças se apresentam dentro das tolerâncias especificadas. Antes da implementação de melhorias era frequente o registro de reclamações em relação ao dimensional e principalmente ao acabamento do corte, em média entre reclamações e devoluções eram registrados mensalmente 6 ocorrências. No período de verificação não foi registrada nenhuma devolução ou reclamação em relação aos produtos provenientes do processo estudado.

Os dados coletados e as análises realizadas anteriormente foram apresentados a todos os envolvidos através de uma reunião de *brainstorming*, onde o principal objetivo era coletar sugestões de melhorias dos novos métodos implantados, entretanto, não obteve-se sugestões. Desta forma, verificou-se que os métodos implantados surtiram efeitos, sendo assim, concluiu-se a etapa de verificação.

#### **4.2.4 Action – Agir**

Após todas as etapas anteriores realizadas e devido a não ter ocorrido falhas no plano de melhoria implantado adotou-se como padrão o plano desenvolvido, desta forma, a Instrução de Trabalho do setor de corte a Plasma CNC foi atualizado, incorporando então os novos métodos tanto de esquadreamento quando de controle do uso de consumíveis, esta etapa corresponde também ao **estágio 4** da ferramenta TRF.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A empresa na qual o trabalho foi desenvolvido apresentava muitas ineficiências em seu fluxo de produção. Dentre os departamentos existentes o que mais necessitava de atenção e investimentos era o setor de Corte a Plasma CNC. O primeiro passo rumo à obtenção de grandes resultados se deu através do desenvolvimento deste projeto, no qual buscou-se, utilizando da metodologia do ciclo PDCA atrelados às ferramentas da qualidade e TRF, otimizar os tempos de *setup*, visando maior disponibilidade do equipamento com intuito de um aumento considerável na produção.

Inicialmente, foi realizado um estudo para se identificar quais as atividades de *setup* existentes no setor e seus respectivos tempos. Através do estudo realizado, constatou-se que as atividades que necessitavam de intervenção eram esquadrear, inspecionar as dimensões dos produtos e ajustar *kerf*. Com estes pontos levantados, foi possível traçar os planos de melhoria, e definir as estratégias a serem seguidas.

Posteriormente os planos de melhoria saem do papel e se tornam realidade dentro da organização. Primeiramente foi implantado um novo método de esquadramento com intuito de tornar a atividade mais ágil. A segunda mudança ocorreu em relação ao controle do uso de consumíveis, com o propósito de reduzir o número de inspeção das dimensões do produto e ajuste de *kerf*.

A implantação dos planos de melhoria só se tornou possível devido ao grande apoio e incentivo fornecido a toda a equipe pela alta gerencia. Inúmeras barreiras tiveram de ser superadas ao longo do desenvolvimento deste projeto, dentre elas mudança na cultura organizacional, treinamentos, orçamento disponível, dentre outros.

O objetivo do projeto foi alcançado e muitas das expectativas foram superadas. Os resultados obtidos foram visíveis, o tempo total de *setup* foi reduzido em 35, 27% com a disponibilidade deste tempo para operação. A eficiência do setor hoje é de 63,43%, ou seja, ocorreu um aumento de 6,2% em média na eficiência do mesmo. Além disso, obteve-se como resultado a redução de 50% do número de limpeza geral do setor no ano e também reduziu-se em praticamente 100% as devoluções e reclamações com problemas relacionados ao dimensional e acabamento do corte provenientes deste processo.

Finalmente, pode-se concluir que unir de forma estratégica diversas ferramentas para alcançar um objetivo pode proporcionar inúmeros benefícios, contudo, deve-se ressaltar que a

essência das ferramentas devem ser respeitadas e que bons resultados só serão atingidos com ousadia. Desta forma, deve-se sempre buscar realizar algo da melhor forma possível, reduzindo desperdício, aumentando a eficiência, trabalhando de forma enxuta e com qualidade.

### **5.1 Dificuldades e Limitações do Trabalho**

Ao longo deste trabalho inúmeras dificuldades tiveram de ser superadas, em relação a restrição quanto a novos investimentos, devido a isso ocorreu uma busca constante por soluções com a qual não se necessitasse de grandes aquisições.

Em relação à coleta de dados, a principal dificuldade foi em relação ao método utilizado: folha de verificação. A maior dificuldade neste caso estava relacionada a fazer com que os operadores preenchessem as fichas de forma correta, de modo a não perder informações, para isso se fez necessário mostrar aos operadores tanto do setor de corte a plasma CNC quanto da ponte rolante a cada dia a importância destes dados para o futuro da organização.

Um dos pontos mais importantes se deu na etapa *Do*, na qual foram realizadas algumas mudanças na cultura organizacional. Realizar mudanças dentro de uma organização não é tarefa fácil. Independentemente dos benefícios a serem gerados sempre haverá resistência do lado oposto.

Destaca-se também como dificuldade a alta rotatividade de funcionários no setor, devido a este fato cada novo colaborador que ingressava no setor necessitava de novo treinamento, com isso alguns dados podem ter sido perdidos ou distorcidos ao longo do período de coleta.

### **5.2 Proposta de Trabalhos Futuros**

Para uma empresa se manter competitiva e sobreviver no atual mercado, ela deve buscar diariamente por melhorias em seus produtos e processos. Seguindo esta linha de pensamento para trabalhos futuros, destaca-se a necessidade da empresa em aplicar um estudo para redução do tempo de *setup* no setor de Corte a Laser CNC. Este setor é considerado o “coração” da empresa, buscar por melhorias neste processo pode garantir diversos benefícios para organização dentre eles o aumento da eficiência, aumento da produtividade e a redução do *Lead Time*, principalmente na atividade de prestação de serviço.

## 6 REFERÊNCIAS

ABN – Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. **500 Anos de Metalurgia no Brasil**. Disponível em: <<http://www.abmbrasil.com.br/quem-somos/historico/>>. Acesso em: 7 mai. 2016.

AGOSTINETTO, J. S. **Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho**: o caso de uma empresa de autopeças. Dissertação de Mestrado - USP, São Carlos, 2006.

AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2006.

ASSIS, V.V. **Controle de Estoque com a Utilização do Sistema Kanban**. Dissertação de Mestrado – PUC-RJ, Rio de Janeiro, 2010.

BARDAL, M; MALTACA, L. I; MICHELASSE, D. B. **A implantação da produção enxuta nas pequenas empresas**. Curitiba: OPET, 2016.

BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.

ELIAS, S.J.B; MAGALHÃES, L. C.M. **Contribuição da Produção Enxuta para obtenção da Produção mais Limpa**. In ENEGEP, Ouro Preto, 2003.

FALCONE, V. **TQC Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. 2ª ed., Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 1999.

FIEPR – Federação das Indústrias do Estado do Paraná. **Complexo Metal Mecânico**. Disponível em: <[http://www.fiepr.org.br/fomentoedesarvolvimento/cadeiasprodutivas/uploadAddress/metal\\_mecanico\[19560\].pdf](http://www.fiepr.org.br/fomentoedesarvolvimento/cadeiasprodutivas/uploadAddress/metal_mecanico[19560].pdf)>. Acesso em: 07 mai. 2016.

FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. **Gestão & Produção**, v. 10, n. 2, São Carlos: UFSCAR, 2003.

GERLACH, G; PACHE, R; POLACINSKI E. **Aplicação de ferramentas da qualidade no processo de recebimento de materiais em uma empresa metal-moveleira**. Disponível em: <[http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2011\\_Aplicacao\\_ferramentas\\_recebimento\\_materiais\\_empresa.pdf](http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2011_Aplicacao_ferramentas_recebimento_materiais_empresa.pdf)>. Acesso em: 19 mai. 2016.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. Ed., São Paulo: Atlas, 2010.

GUSHI, E. **Brainstorming – Planejamento, Tomada de Decisão, Diagnóstico e Inovação**. CRIAVIVA – Consultoria, São Paulo - SP 2011. Disponível em: <<http://www.criaviva.com.br/brainstorming.pdf>>. Acesso em: 09 mai. 2016.

HOLANDA, M. A.; PINTO, A. C. B. R. F. **Utilização do Diagrama de Ishikawa e Brainstorming Para Solução de um Problema de Assertividade de Estoque em uma Indústria da Região Metropolitana de Recife.** Anais do XXIX ENEGEP – Salvador, 2009. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TN\\_STO\\_103\\_685\\_13053.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_103_685_13053.pdf)>. Acesso em: 09 mai. 2016.

LIMA, E. **Revista da soldagem: Corte a Plasma.** Ano 2, N9, Belo Horizonte: ABS - Associação Brasileira de Soldagem, 2006.

LISBÔA, M.G.P; GODOY, L.P. **Aplicação do Método 5W2H no processo produtivo do produto: A Joia.** *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering – IJIE* e periódicos UFCS, Florianópolis, 2012. Disponível em: <<http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/viewFile/1585/pdf>>. Acesso em: 09 mai. 2016.

MACEDO, A.L.O; CAMPOS, R.R. **Diagnóstico do complexo metal - mecânico: Brasil e Santa Catarina.** Revista de Tecnologia e Ambiente, V.7, Criciúma, 2001.

MACÊDO, R; ROCHA, S; SANTOS, E; MELO M. **O uso das ferramentas da qualidade no gerenciamento do lixo hospitalar.** In ENEGEP, Natal, 2001.

MEIRA, R. C. **As ferramentas para a melhoria da qualidade.** Porto Alegre: SEBRAE, 2003.

MIGUEL, P.A.C. **Qualidade: Enfoque e Ferramentas.** São Paulo: Artiliber – SP, 2001.

MOURA, R. A.; BANZATO, E. **Redução do Tempo de Setup: Troca Rápida de Ferramentas e Ajustes de Máquinas.** São Paulo: IMAM, 1996.

NAKAGAWA M. **Estratégia e Gestão – Ferramenta: 5W2H – Plano de Ação para Empreendedores.** –Movimento Empreenda- Ed. Globo. Disponível em: <[http://cms-empresenda.s3.amazonaws.com/empresenda/files\\_static/arquivos/2014/07/01/5W2H.pdf](http://cms-empresenda.s3.amazonaws.com/empresenda/files_static/arquivos/2014/07/01/5W2H.pdf)>. Acesso em: 09 mai. 2016.

OAKLAND, J. **Gerenciamento da qualidade total.** São Paulo: Nobel, 1994.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de produção.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

ORIBE, C.Y; PDCA: **Origem, conceitos e variantes dessa idéia de 70 anos.** Disponível em: <<http://www.qualitypro.com.br/artigos/pdca-origem-conceitos-e-variantes-dessa-ideia-de-70-anos>>. Acesso em: 03 jul. 2016.

PILZ, D.M; DOCKHORN, B.S; GARLET, E; PLACINSKI, E. **Ferramentas da qualidade: uma aplicação em um IES para desenvolvimento de artigos científicos.** Horizontina: SIEF – Inovação Tecnológica, 2011.

RAMOS, A. **CEP para processos contínuos e em bateladas.** V.1, São Paulo: Fundação Vanzolini, 2000.

RAMPINELLI, M.M; RODRIGUES, I. N; MIGUEL, P.A.C. **Uma análise do perfil, crescimento econômico e importância da indústria metal mecânica catarinense.** ENEGEP, Salvador, 2013.

RANGEL, D.A; FREITAS, L.M; ASSIS, O.R; REGÔ, T.P. **P&D Pesquisa e Desenvolvimento de Engenharia de Produção: *Increasing production efficiency by the setup time reduction: applying the single-minute exchange of die on a company the beverage industry.*** Itajubá: UFPB, 2012.

SANTOS, O.S; PEREIRA, J.C.S; OKANO, M.T; **A implantação da ferramenta da qualidade MASP para melhoria contínua em uma indústria vidreira.** SIMPOI, Barueri – SP, 2012.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

SILVA, A.O; RORATTO, L; SERVAT, M.E; DORNELES, L; ROLACINSKI, E. **Gestão da Qualidade: Aplicação da ferramenta 5W2H como plano de ação para projeto de abertura de uma empresa.** SIEF, 3ª Semana Internacional das Engenharias da Fabor, Horizontina, 2013.

SUGAI, M.; NOVASKI, O.; MORAES, F. D. **Proposta de um modelo para classificação da fase pós setup conforme características do período de aceleração – Pesquisa ação em uma empresa metal mecânica.** Anais SIMPOI – FGV, 2006.

TRIVELLATO A. **Aplicação das Sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: Estudo de caso numa empresa de autopeças.** São Carlos: USP, 2010.

TUBINO, D.F. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica.** Porto Alegre: Bookman, 1999.

WERKEMA, M.C.C. **Lean Seis Sigmas: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing.** Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WOMACK, J. P. & JONES, D.T. **Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.** New York – EUA: Simon & Schuster, 1996.

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900**  
**Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196**