

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

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PDCA PARA MELHORIA NO
PROCESSO PRODUTIVO DE TANQUES CILÍNDRICOS EM
UMA EMPRESA METAL-MECÂNICA**

Rafael Araujo Motta Ramos

TCC-EP-91-2013

Maringá - Paraná
Brasil

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

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PDCA PARA MELHORIA NO
PROCESSO PRODUTIVO DE TANQUES CILÍNDRICOS EM
UMA EMPRESA METAL-MECÂNICA**

Rafael Araujo Motta Ramos

TCC-EP-91-2013

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientador: MSc. Rafael Germano Dal Molin Filho

**Maringá - Paraná
2013**

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais Roberto Xavier Motta
e Neuda Maria Pereira de Araujo

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer meus pais pela oportunidade que me ofereceram quando me proporcionaram uma graduação, pela liberdade dada, chance de uma mudança de vida, de cidade e de metas futuras. Ao meu pai pelo apoio, preocupação, zelo e confiança.

Aos amigos que fiz em Maringá, em especial aos meus companheiros de República Mavis, Tada e Minotti, aos meus amigos de Santa Fé do Sul, que tornaram possível a passagem desses 5 anos distante de minha cidade de origem, sempre mantendo a paz.

Aos professores que me passaram seus conhecimentos com entusiasmo e dedicação. Em especial ao MSc. Rafael Germano Dal Molin Filho que me orientou durante todo esse trabalho.

Aos colegas da Empresa Noma do Brasil S/A por me ajudarem em todas as etapas de meu trabalho, me fornecendo conhecimento e experiência para lidar com os problemas encontrados.

RESUMO

A gestão de melhorias de processos é de grande importância em qualquer empresa para que sejam atingidos os resultados necessários e para que haja constante desenvolvimento no sistema produtivo. O presente trabalho teve como objetivo a aplicação do PDCA para melhorias em uma empresa metal-mecânica tendo como meta a redução do Tempo *Takt* da linha de tanques cilíndricos. Foram realizadas diversas análises no setor de tanques, onde priorizou-se os processos de soldagem. Esta decisão foi assumida pelo fato de que este processo era crítico no setor de produção de tanques. Além do ciclo PDCA foram utilizadas diversas ferramentas da qualidade como: Diagrama de causa e efeito, Diagrama de Pareto, 5W 1H. Essas ferramentas serviram para identificação das causas e elaboração do plano de ações que foi executado em busca da melhoria na qualidade dos processos. Foram analisadas várias questões que influenciam no resultado do processo de soldagem, várias delas não tinham procedimento ou padronização, como a parametrização das máquinas. Durante o trabalho foram executadas diversas ações para encontrar os valores corretos para esses parâmetros e encontraram-se sugestões para padronização dos mesmos, para atingir a meta de reduzir o Tempo *Takt* da linha de tanques cilíndricos.

Palavras-chave: Ciclo PDCA, Processo de Soldagem, Tempo *Takt*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	1
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 PRINCÍPIOS DA QUALIDADE.....	4
2.2 CONTROLE DE PROCESSOS.....	5
2.2.1 CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE	6
2.2.2 GERENCIAMENTO PELAS DIRETRIZES.....	6
2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	7
2.3.1 CICLO PDCA	7
2.3.2 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO.....	9
2.3.3 5W1H.....	10
2.3.4 FOLHA DE VERIFICAÇÃO.....	10
2.3.5 DIAGRAMA DE PARETO.....	11
2.4 PROCESSOS DE SOLDAGEM.....	12
2.5 TIPOS DE PROCESSOS DE SOLDAGEM	12
2.5.1 SEGURANÇA NAS OPERAÇÕES DE SOLDA.....	14
2.5.2 VELOCIDADE DE SOLDAGEM	14
2.5.3 PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG	14
2.5.3.1 EQUIPAMENTOS DO PROCESSO MIG/MAG	15
2.5.3.2 TIPOS DE TRANSFERÊNCIAS NO PROCESSO MIG/MAG.....	16
2.5.3.3 VANTAGENS DO PROCESSO MIG/MAG.....	16
2.5.3.4 DESVANTAGENS DO PROCESSO MIG/MAG.....	17
2.5.4 PROCESSO DE SOLDAGEM ELETRODOS REVESTIDOS.....	18
2.5.4.1 EQUIPAMENTOS DO PROCESSO ELETRODOS REVESTIDOS	18
2.5.4.2 VANTAGENS DO PROCESSO DE ELETRODO REVESTIDO.....	19
2.5.4.3 DESVANTAGENS DO PROCESSO ELETRODO REVESTIDO	19
2.6 CRONOANÁLISE.....	20
2.6.1 TEMPO DE CICLO E TEMPO TAKT.....	21
3. DESENVOLVIMENTO	22
3.1 METODOLOGIA	22
3.1.1 ESTABELECIMENTO DAS METAS DE MELHORIA.....	22
3.2 FASES DA PESQUISA APLICADA.....	22
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	23
3.4 CICLO PRODUTIVO DA EMPRESA	25
3.5 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO	27
3.6 CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO.....	30
3.7 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO	31
3.8 APLICAÇÃO DO ESTUDO DE MELHORIAS	35
3.8.1 ETAPA (P).....	36
3.8.1.1 ESCLARECER O PROBLEMA	36
3.8.1.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	37
3.8.1.3 ESTABELECER META	41
3.8.1.4 ANALISAR A CAUSA RAIZ.....	42
3.8.1.5 DEFINIR AS CAUSAS RAÍZES.....	44
3.8.2 ETAPA (D)	44
3.8.2.1 AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM.....	44
3.8.2.2 TREINAMENTO.....	46
3.8.3 ETAPA (C).....	47
3.8.3.1 RESULTADOS OBTIDOS	47

3.8.4 ETAPA (A)	49
3.8.4.1 PADRONIZAÇÃO	49
4. CONCLUSÃO	52
4.1 DIFICULDADES E LIMITAÇÕES	52
4.2 TRABALHOS FUTUROS	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: OS TRÊS PROCESSOS UNIVERSAIS DE GERÊNCIA PARA QUALIDADE.....	5
FIGURA 2: CICLO PDCA.....	8
FIGURA 3: DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO.....	9
FIGURA 4: DIAGRAMA DE PARETO.....	11
FIGURA 5: EQUIPAMENTO DE SOLDAGEM MIG/MAG.....	15
FIGURA 6: TIPOS DE TRANSFERÊNCIA NO PROCESSO MIG/MAG.....	16
FIGURA 7: EQUIPAMENTOS DE SOLDAGEM ELETRODOS REVESTIDOS.....	19
FIGURA 8: LAYOUT ATUAL NOMA DO BRASIL S/A.....	24
FIGURA 9: FLUXOGRAMA DO PROCESSO.....	25
FIGURA 10: PRODUÇÃO DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS NOMA DO BRASIL S/A.....	27
FIGURA 11: PRODUÇÃO MENSAL DE TANQUES.....	28
FIGURA 12: LAYOUT SETOR DE TANQUES.....	29
FIGURA 13: ORGANOGRAMA DO SETOR DE TANQUES.....	30
FIGURA 14: FOTO DO TANQUE CILÍNDRICO NOMA.....	31
FIGURA 15: FLUXOGRAMA DE MONTAGEM TANQUE.....	32
FIGURA 16: PROCESSO DE MONTAGEM E SOLDA INTERNA.....	33
FIGURA 17: PROCESSO SOLDA EXTERNA.....	33
FIGURA 18: PROCESSO ACOPLAMENTO/ACESSÓRIOS/ESCOAMENTO.....	34
FIGURA 19: PROCESSO DE AFERIÇÃO.....	34
FIGURA 20: AS QUATRO ETAPAS DO CICLO PDCA PROPOSTA PARA A EMPRESA.....	35
FIGURA 21: FLUXO DE EQUIPAMENTOS PARA A LINHA 01.....	36
FIGURA 22: RELAÇÃO ENTRE PROCESSO ATUAL E IDEAL.....	37
FIGURA 23: TEMPO DAS OPERAÇÕES DE MONTAGEM DO EQUIPAMENTO TANQUE CILÍNDRICO.....	38
FIGURA 24: PROCESSO DE SOLDA EXTERNA.....	38
FIGURA 25: JUNTA TOPO A TOPO.....	40
FIGURA 26: TEMPO PROCESSO DE SOLDA MANUAL (ELETRODO REVESTIDO) E SEMIAUTOMÁTICO (MIG/MAG).....	40
FIGURA 27: CORDÕES DE SOLDA SOLDADOS.....	41
FIGURA 28: REDUZIR O TEMPO TAKT DA LINHA.....	42
FIGURA 29: ADAPTAÇÃO DIAGRAMA CAUSA E EFEITO E 5W1H.....	43
FIGURA 30: SOLDAGEM PROCESSO SEMIAUTOMÁTICO (MIG/MAG).....	45
FIGURA 31: ENSAIO MACOGRAFICO SOLDA.....	46
FIGURA 32: TREINAMENTO DE SOLDA.....	47
FIGURA 33: REDUÇÃO DO TEMPO DE SOLDAGEM.....	48
FIGURA 34: RESULTADO OBTIDO NOS PROCESSOS.....	48
FIGURA 35: NOVO PROCESSO DE SOLDAGEM (MIG/MAG).....	49
FIGURA 36: ESPECIFICAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM SIMPLIFICADO.....	50
FIGURA 37: ESPECIFICAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM ORIGINAL.....	51

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: CONDIÇÕES DE EMPREGO DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM.....	13
TABELA 2: DADOS DO PROCESSO DE SOLDAGEM.....	39
TABELA 3: CRONOGRAMA CONTRA MEDIDAS	44

1. INTRODUÇÃO

Toda produção, executada tanto na fábrica como no escritório deve ser entendida como uma rede funcional de processos e operações. Os processos transformam matérias primas em produtos, já as operações são as ações que executam essas transformações. Esses conceitos fundamentais e sua relação devem ser entendidos para alcançar melhorias efetivas na produção (SHINGO, 1996).

Para uma empresa ser competitiva ela deve ter como objetivo a maior produtividade entre todas as suas concorrentes. E é basicamente esta competitividade que garante a sobrevivência delas (CAMPOS, 2004). Existem inúmeras barreiras para que se possa alcançar a produtividade dentro processos e operações, o que não é desejável, uma vez que a diminuição da produtividade além de ser prejudicial para a competitividade entre empresas pode resultar, também, em desperdício de recursos.

Os processos de soldagem são utilizados na união entre metais para fabricação dos produtos, como: aviões, veículos, navios, locomotivas, utilidades domésticas, componentes eletrônicos etc. Com o desenvolvimento das técnicas de união, como os processos MIG/MAG, Eletrodo Revestido, Arco Submerso, TIG entre outros.

Para evoluir nas melhorias operacionais de solda no setor de tanques para transportes de rodoviárias tornam-se necessárias avaliações entre tecnologias disponíveis para este tipo de processo. Desta maneira, neste trabalho serão comparados alguns requisitos de produtividade entre as soldas MIG/MAG e Eletrodo Revestido.

1.1 JUSTIFICATIVA

O aumento da produtividade de uma organização deve agregar o máximo de valor, ou seja, o máximo da satisfação das necessidades dos clientes ao menor custo (CAMPOS, 2004).

Dessa maneira, o presente projeto tratará a necessidade por parte de uma indústria metal mecânica em aumentar a sua produtividade e qualidade frente à demanda esperada pelo mercado, no setor de fabricação de tanques rodoviários.

1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

O presente trabalho propõe a estudar o uso de duas tecnologias de soldagem, visando à perspectiva de melhoria na produtividade do setor de tanques. O foco destas melhorias objetivará a diminuição das perdas relacionadas ao tempo, aos custos e ao setup de consumíveis.

A empresa na qual o trabalho será realizado é uma indústria metal mecânica situada na cidade de Sarandi, estado do Paraná. O setor escolhido foi o de produção de tanques rodoviários, uma vez que estes produtos são os únicos na empresa que ainda utilizam o processo de soldagem manual. Este setor encontra-se localizado em barracão amplo que oferece plenas condições para o estudo e para sua posterior implantação.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Comparar a produtividade entre duas tecnologias de solda em uma linha de produção de tanques rodoviários.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos a serem atingidos são:

- Diminuir o tempo de processo de união entre os metais;
- Definir tecnologia padrão para solda de tanques;
- Aumentar a produção de tanques rodoviários.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 apresenta a introdução da pesquisa, abordando o tema, a justificativa, os objetivos usados na pesquisa.

No Capítulo 2 tem-se a revisão bibliográfica dos assuntos relacionados ao tema da pesquisa: Ferramentas da Qualidade: Seus conceitos, princípios, aplicação das ferramentas e questionamentos para soluções de problemas;

Processos de Soldagem: Apresentação, tipos dos processos de soldagem, aplicação, e produtividade entre as soldas MIG/MAG e Eletrodo Revestido.

O Capítulo 3 descreve o estudo de caso, apresentação da empresa, do processo, análises do processo, métodos executados e os resultados alcançados com a utilização deles.

O Capítulo 4 traz a conclusão do trabalho e as propostas de melhoria. Também apresenta as limitações ocorrentes durante a pesquisa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção serão conceituados os temas fundamentais para a elaboração do presente trabalho, de acordo com o que foi escrito pelos principais autores associados aos temas: Princípios da Qualidade, Ferramentas da Qualidade e Processos de Soldagem.

2.1 PRINCÍPIOS DA QUALIDADE

A qualidade segundo Taguchi (1990) é fundamentada ao cliente final, “qualidade é a perda imposta á atividade a partir do momento em que o produto é expedido”.

Taguchi (1990) utilizou o termo engenharia da qualidade onde o um dos objetivos é a diminuição da perda total para o cliente. O autor usa uma curva parabólica para descrever a perda ocorrida pelo produto, a fim de reduzir custos do produto para o consumidor, reduzindo a variabilidade e uma melhor qualidade.

Para Juran (2009) qualidade é um produto que gera satisfação ao cliente, não apresentando deficiências e a gerência para a qualidade é realizada por meio de três atividades: planejamento da qualidade, controle da qualidade e melhoramento da qualidade, o qual recebe o nome de Trilogia Juran.

O planejamento da qualidade é a atividade que visa o desenvolvimento dos produtos e processos exigidos para que as necessidades dos clientes sejam satisfeitas, ou seja, encontrar metas da qualidade (JURAN, 2009).

O controle da qualidade é a atividade que visa encontrar as metas da qualidade durante as operações, enquanto o melhoramento da qualidade é a atividade que eleva a qualidade a níveis mais altos, gerando assim uma melhoria continua da qualidade (JURAN, 2009).

Todas as três atividades são generalizadas em uma sequencia universal de passos, e essas por sua vez vão sendo sempre modificadas, o Quadro 01 resume as três atividade descritas por Juran (2009).

Gerência para a Qualidade		
Planejamento da qualidade	Controle da Qualidade	Melhoramento da Qualidade
Estabelecer metas de qualidade	Avaliar o desempenho real	Provar a necessidade
Identificar quem são os clientes	Comparar o desempenho real com as metas de qualidade	Estabelecer a infra-estrutura
Determinar as necessidades dos clientes	Agir sobre a diferença	Identificar os projetos de melhoramento
Desenvolver as características do produto que atendem às necessidades dos clientes		Estabelecer as equipes dos projetos
Desenvolver processos capazes de produzir as características no produto		Prover as equipes com recursos, treinamento e motivação; diagnosticar as causas e estimular os remédios
Estabelecer controles do processo; transferir os planos para as forças operacionais		Estabelecer controles para manter os ganhos

Figura 1: Os três processos universais de gerência para qualidade.
Fonte: Juran (2009)

2.2 CONTROLE DE PROCESSOS

Segundo Ritzman e Krajewski (2004) um processo envolve o uso dos recursos de uma organização para proporcionar algo de valor. Nenhum produto pode ser feito e nenhum serviço pode ser prestado sem um processo, e nenhum processo pode existir sem um produto ou serviço.

Um processo é qualquer atividade ou conjunto de atividades que parte de um ou mais insumos, transforma-os e lhes agrega valor, criando um ou mais produtos (ou serviços) para os clientes. O tipo de processo pode variar. Em uma fábrica, por exemplo, o processo primário seria a transformação física ou química de matérias-primas em produtos. Existem, porém, muitos processos não relacionados a manufatura em uma fábrica, como o processamento de pedidos, o acerto de compromissos de entrega com os clientes e o controle de estoque. (RITZMAN e KRAJEWSKI, 2004, p. 03)

Segundo Leme (1973), o controle de processos consiste em comparar o que é executado com o que havia sido planejado, e também, em orientar a subsequente ação de correção quando houver diferenças de tal natureza ou magnitude que indiquem a sua conveniência.

De acordo com BJUR *et al.* (1997), controlar processos significa identificar os produtos que nele entram, assim como verificar o que ocorrem durante as etapas de fabricação, de bem ou serviço, de modo que o produto final atenda as características exigidas pelo cliente.

Para Campos (2004), o controle de processos é o que há de fundamental no gerenciamento em todos os níveis hierárquicos da empresa, desde o presidente até os operadores. É a compreensão do relacionamento “causa e efeito”, ou seja, sempre que algo ocorre (efeito, fim, resultado) existe um conjunto de causas (meios) que podem ter influenciado. Esta compreensão cria pré-condições para que cada colaborador da empresa possa assumir suas próprias responsabilidades, criando bases para o gerenciamento participativo.

O estudo do comportamento do processo é desenvolvido com o apoio do Controle Estático de Processos (CEP) através da utilização das ferramentas de gestão que podem ser denominadas Ferramentas da Qualidade, pois são de uso geral na identificação e análise de problemas (LINS, 1993).

2.2.1 CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE

Segundo Ritzman e Krajewski (2004) os métodos de controle estatístico de processo (CEP) são uteis para medir a qualidade atual dos produtos ou serviços e detectar se o processo em si foi alterado de modo a afetar a qualidade.

Através da prática do controle estatístico da qualidade podemos manter as especificações de qualidade pré-estabelecidas de uma maneira muito menos custosa para a empresa, pois substituímos grande parte do gasto com descarte de itens não conforme identificados na inspeção por um gasto menor com um controle do processo antes de ser produzido o item não conforme. O monitoramento dos processos, se realizado de forma inteligente, implica em custos que se pagam facilmente, pois qualidade agrega valor. (TAGUCHI, 1999 *apud* COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2004).

2.2.2 GERENCIAMENTO PELAS DIRETRIZES

Segundo Campos (2004) O Gerenciamento pelas Diretrizes (denominado no Japão de “HOSHIN KANRI”), conduzido pela alta administração da empresa, tem como objetivo direcionar a caminhada eficiente do controle da qualidade para a sobrevivência da empresa a longo prazo. Considerado um sistema administrativo, praticado por todas as pessoas da empresa, que visa garantir a sobrevivência da empresa à competição internacional:

- Por meio da visão estratégica estabelecida com base em análise do sistema empresa-ambiente e nas crenças e valores da empresa e que fornece o rumo para o estabelecimento das diretrizes.
- Por meio do direcionamento da prática do controle da qualidade por todas as pessoas da empresa (Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia), segundo aquela visão estratégica.

Para Campos (2004) se todos os processos internos da empresa conduzissem à prática do controle da qualidade de forma autônoma, sem um direcionamento estratégico, teríamos os vários processos da empresa caminhando eficientemente cada um na sua própria direção. A direção resultante não só seria difusa como também não necessariamente no melhor rumo.

2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Ferramentas da qualidade, de acordo com Andrade (2003), têm um papel preponderante no gerenciamento da qualidade e produtividade, pois auxilia a compreensão e organização do processo produtivo, os levantamentos de ocorrências das não conformidades devem ser feitas pelas ferramentas da qualidade específicas para o tipo de dados a serem coletados e de forma que facilite a análise dos resultados.

Quanto maior for o volume de informações utilizadas, maior será a necessidade do emprego de ferramentas apropriadas para coletar, processar e dispor estas informações de forma a estratificá-las (WERKEMA, 1995). Dentre as ferramentas da qualidade, destacam-se, para fins de utilização neste trabalho, Ciclo PDCA, Diagrama de Causa Efeito, 5W1H, Folha de Verificação, Diagrama de Pareto.

2.3.1 CICLO PDCA

Segundo Falconi (1992), o controle de processo pode ser exercido por meio do Ciclo PDCA de controle de processos. Os termos no Ciclo PDCA têm o seguinte significado:

Planejamento (Plan) – Consiste em estabelecer metas sobre os itens de controle e estabelecer a maneira (o caminho, o método) para atingir as metas propostas;

- Execução (Do) – Execução das tarefas exatamente como prevista no plano e coleta de dados para verificação do processo. Nesta etapa é essencial o treinamento no trabalho decorrente da fase de planejamento;
- Verificação (Check) – A partir dos dados coletados na execução, compara-se o resultado alcançado com a meta planejada;

- Atuação corretiva (Action) – Esta é a etapa onde o usuário detectou desvios e atuara no sentido de fazer correções definitivas, de tal modo que o problema nunca volte a ocorrer.
- De acordo com Ishikawa (1993), o ciclo PDCA esta dividido em quatro fases bem definidas, como mostra a figura 2:

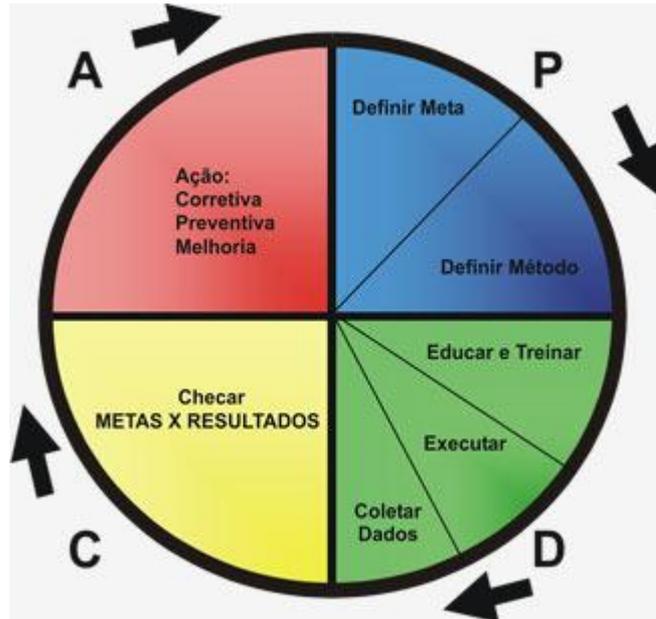


Figura 2: Ciclo PDCA.
 Fonte: Adaptação de Ishikawa (1993)

Ainda com relação à Ishikawa (1993), as atividades realizadas durante as etapas são explicadas da seguinte forma:

- Plan (Planejamento) - Planejamento é quando começa a análise do processo e acaba se dividindo em duas categorias, onde a primeira se refere em determinar objetivos e metas ao fato de que, os objetivos devem ser estabelecidos com base nos problemas que a empresa deseja resolver, e o segundo se refere em determinar métodos para alcançar os objetivos sendo que, para que se determine um método, é preciso criar uma padronização deste método e transformá-lo em um regulamento onde se incorpore à tecnologia e a propriedade da empresa;
- Do (Fazer) - A etapa de Fazer é constituída também por duas categorias, sendo a primeira a de engajar-se em educação e treinamento, que nada mais é que educar e treinar as pessoas que serão afetadas pelos padrões e regulamentos estabelecidos na etapa de planejamento, e a segunda categoria que é a de Fazer o trabalho, onde se implanta na produção o planejamento realizado na etapa de Planejar;

- Check (Verificar) - A etapa de Verificar é denominada de Verificar os Efeitos da Execução, onde se analisa se os padrões estabelecidos estão sendo seguidos, e caso estejam de acordo, deve-se deixar as coisas como estão, porém se ocorrem eventos incomuns, o administrador deve interferir;
- Action (Ação) - A etapa de Ação condiz com que é preciso se esforçar para remover os fatores de causa que foram responsáveis pela exceção, tomando atitudes apropriadas para se prevenir da reincidência destas exceções.

2.3.2 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

Com o diagrama de causa e efeito podemos visualizar de forma completa toda a estratificação de um problema, é uma poderosa ferramenta gerencial desenvolvida por Kaoru Ishikawa.

O controle de processo é a essência do gerenciamento em todos os níveis hierárquicos das empresas, desde o presidente até os operadores. O primeiro passo no entendimento do controle de processo é a compreensão do relacionamento causa-efeito (FALCONI, 1992).

Segundo Kume (1993) a saída ou resultado de um processo pode ser atribuído a uma grande quantidade de fatores, e uma relação de causa-e-efeito pode ser encontrada entre esses fatores. Pode-se determinar a estrutura ou uma relação de causa-e-efeito múltipla observando o processo sistematicamente. Dessa forma podemos minimizar ou eliminar essas causas, aumentando a capacidade do processo.

A Figura 3 ilustra um diagrama de causa-e-efeito desenvolvido por Kaoru Ishikawa.

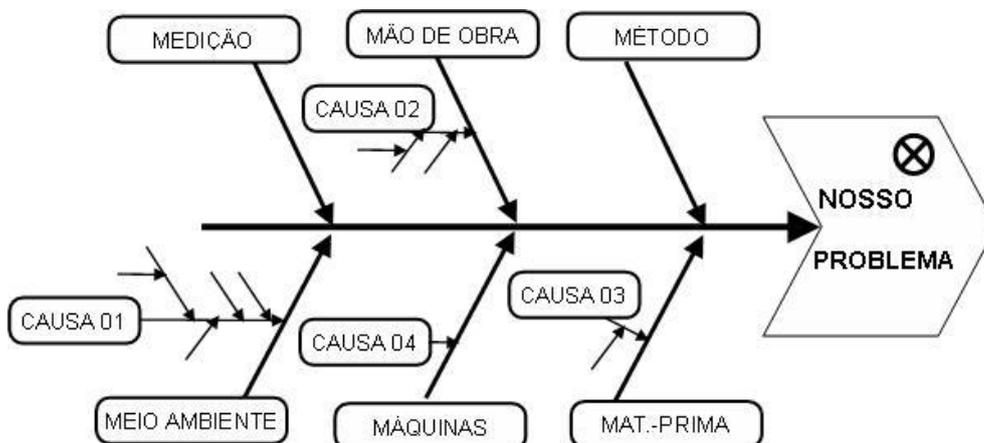


Figura 3: Diagrama de causa e efeito.
Fonte: Kume (1993).

2.3.3 5W1H

Do inglês What (O que), Why (Por que), When (Quando), Where (Onde), Who (Quem) e How (Como), a técnica 5W1H é utilizada na formalização dos planos de ação (REZENDE, 2008).

Segundo César (2011), o 5W1H identifica as ações e as responsabilidades do executor, orientando as diversas ações a serem implementadas.

Para Oliveira (1995 apud CÉSAR, 2011), o 5W1H deve ser estruturado, permitindo uma rápida identificação dos elementos necessários para a implantação do plano de ação.

Para elaborar um 5W1H, deve se reunir um grupo de pessoas, onde as ideias podem ser levantadas realizando um Brainstorming. A partir de um questionamento, referente às diversas questões, What, Why, When, Where, Who e How, em cima de cada item, são tomadas as decisões, que devem ser anotadas em uma tabela.

2.3.4 FOLHA DE VERIFICAÇÃO

A folha de verificação é o método que será utilizado para coleta de dados antes e depois de realizadas as melhorias. Segundo Kume (1993) quando for preciso coletar dados, é essencial esclarecer sua finalidade e ter valores que reflitam claramente os fatos. Além dessas premissas, em situações reais é importante que os dados sejam coletados de uma maneira simples e num formulário fácil de usar. Adverte também que a coleta e o registro dos dados parecem ser fáceis, mas, na realidade, não são. Usualmente, quanto mais pessoas processam os dados, maior é a possibilidade de aparecimento de erros de registro e escrita.

Segundo Werkema (1995), a Folha de Verificação é a ferramenta da qualidade utilizada para facilitar e organizar o processo de coleta e registro de dados, de forma a contribuir para otimizar a posterior análise dos dados obtidos.

Para a elaboração deve-se, inicialmente, identificar o objetivo da coleta de dados, definindo assim, o tipo de Folha de Verificação. É importante verificar se todos os fatores de estratificação de interesse se encontram na Folha de Verificação. Para o sucesso desta, é necessária a conscientização de todos envolvidos no processo sobre a importância da coleta dos dados e o correto preenchimento (WERKEMA, 1995).

2.3.5 DIAGRAMA DE PARETO

O Diagrama de Pareto é uma importante ferramenta da engenharia da qualidade, será utilizado nesse trabalho para que se priorize a solução dos problemas que tem maior influencia no resultado final. Seguem abaixo algumas considerações sobre a utilização dessa ferramenta ilustrada na Figura 04.

Segundo Falconi (1992), a Análise de Pareto é um método muito simples e muito poderoso para o gerente, pois o ajuda a classificar e priorizar os seus problemas.

Os problemas de qualidade aparecem sob forma de perdas (itens defeituosos e seus custos). É extremamente importante esclarecer a forma de distribuição das perdas. A maioria delas deve-se a alguns poucos tipos de defeitos, que podem ser atribuídos a uma pequena quantidade de causas. Assim, se as causas destes poucos defeitos vitais forem identificadas, poderemos eliminar quase todas as perdas concentrando-nos sobre estas causas principais, deixando de lado, numa abordagem preliminar, os outros defeitos que são muitos e triviais. (KUME, 1993, p. 22)

Em poucas palavras existem poucos itens vitais e muitos itens triviais (Falconi, 1992).

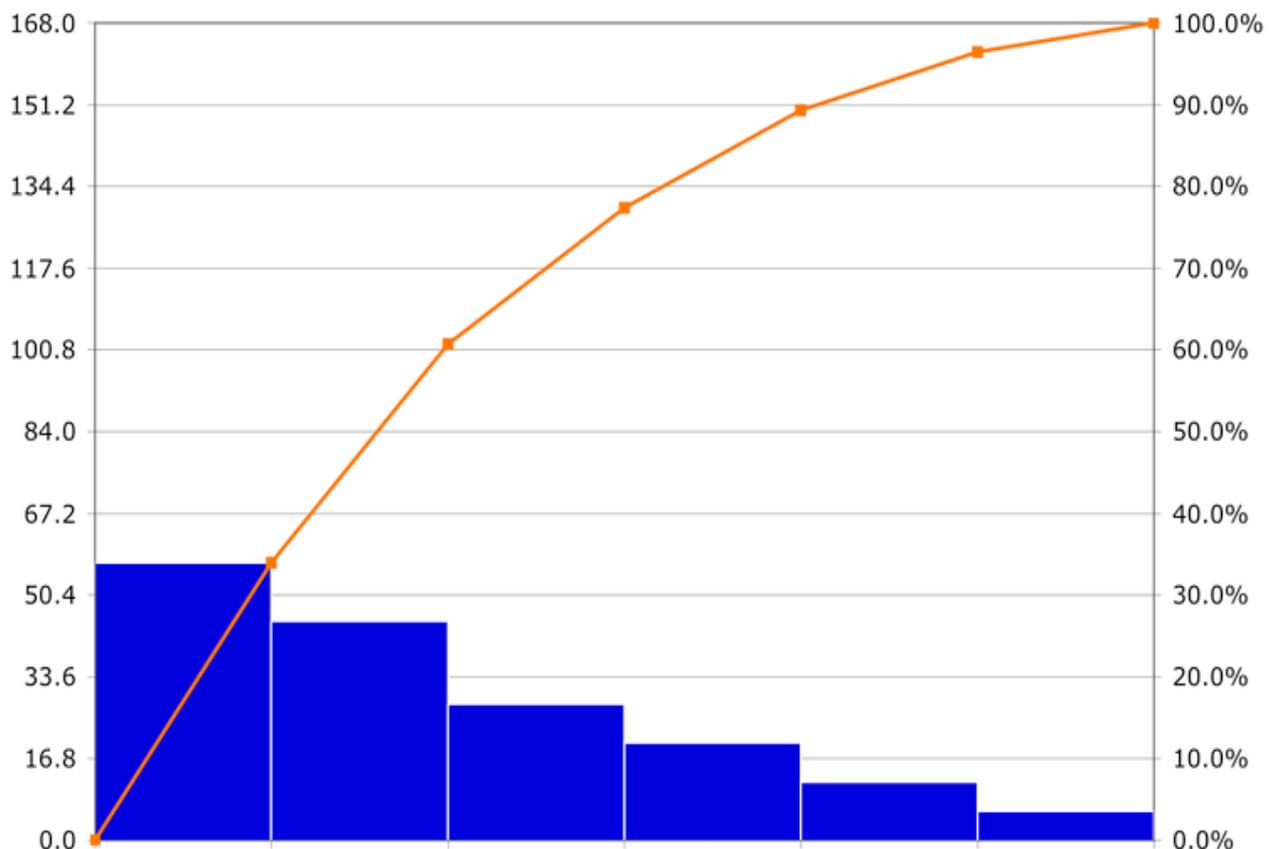


Figura 4: Diagrama de Pareto.
Fonte: Wikipédia (2007).

2.4 PROCESSOS DE SOLDAGEM

Segundo Veiga (2011), soldagem é o processo de união de materiais, por meio do derretimento do material metálico de ligação (solda), que tem por objetivo garantir a ligação metalúrgica com confiabilidade e durabilidade. Já para WAINER *et al* (2004), o processo de soldagem significa a união entre duas partes metálicas, usando uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão, ou seja, a solda é o resultado desse processo.

Em seu estudo, Houldcroft apud (WAINER *et al.*, 2004. P. 02) demonstra que cada processo de soldagem deve preencher os seguintes requisitos:

- Gerar uma quantidade de energia capaz de unir dois materiais, sendo eles de mesmas propriedades ou não;
- Remover as contaminações das superfícies a serem unidas;
- Evitar que o ar atmosférico contamine a região durante a soldagem;
- Proporcionar o controle da transformação de fase, para que a solda alcance as propriedades desejadas, sejam elas físicas, químicas ou mecânicas.

2.5 TIPOS DE PROCESSOS DE SOLDAGEM

Veiga (2011) afirma que existem inúmeros processos diferentes de soldagem, sendo necessária a seleção dos processos adequados para cada aplicação. Para Wainer *et al* (2004), cada processo de soldagem tem suas vantagens e suas limitações e, o adequado balanço dessas características determina suas aplicações típicas que podem ser classificadas pelo tipo de fonte de energia ou pela natureza da união, de acordo com o que se encontra demonstrado na Tabela 1, Condições de emprego dos processos de soldagem.

Tabela 1: Condições de emprego dos processos de soldagem

MATERIAIS E ESPESSURAS		PROCESSOS DE SOLDAGEM													
		Eletrodo Revestido	Arco Submerso	MIG ou MAG	Eletr. Tubular	TIG	Plasma	Eletroescória	Resistência	Oxigás	Feixe de elétrons	Laser	Brasagem	Soldagem branca	Difusão
Aço Carbono	F	X	x	x		x			x	x	x	x	x		x
	I	X	x	x	x	x			x	x	x	x	x		x
	M	X	x	x	x				x	x	x	x			x
	G	X	x	x	x			x		x	x				x
Aço de baixa liga	F	X	x	x		x			x	x	x	x	x	x	x
	I	X	x	x	x	x			x		x	x	x	x	x
	M	x	x	x	x					x	x	x		x	x
	G	x	x	x	x			x		x		x		x	x
Aço inoxidável	F	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x
	I	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x
	M	x	x	x	x		x			x	x	x		x	x
	G	x	x	x	x			x		x				x	x
Ferro fundido	I	x								x					
	M	x	x	x	x					x					
	G	x	x	x	x					x					
Níquel e suas ligas	F	x		x		x	x		x	x	x	x	x		x
	I	x	x	x		x	x		x		x	x	x		x
	M	x	x	x			x			x	x	x			x
	G	x		x				x		x					x
Alumínio e suas ligas	F			x		x	x		x		x	x	x	x	x
	I			x		x			x		x	x	x	x	x
	M			x		x				x		x			x
	G			x				x		x					x
Titânio e suas ligas	F			x		x	x		x		x	x			x
	I			x		x	x				x	x			x
	M			x		x	x				x	x			x
	G			x							x		x		x
Cobre e suas ligas	F			x		x	x			x		x	x		x
	I			x			x					x	x		x
	M			x								x			x
	G			x											x

Fonte: Veiga (2011)

Legenda: F (até 3 mm), I (de 3 a 6 mm), M (de 6 a 19 mm) e G (acima de 19 mm).

2.5.1 SEGURANÇA NAS OPERAÇÕES DE SOLDA

É notório o perigo que envolve a operação de solda, mas poucos sabem a diversidade de produtos que podem ser utilizados para evitar tais problemas. Segundo Veiga (2011) os riscos inerentes às operações são, por si só, evidentes (explosões, incêndio e acidentes de origem elétrica), e as consequências podem atingir tanto os recursos humanos (choques elétricos, queimaduras, oftalmias e infecções no trato respiratório) e em todas as operações de solda recomendam-se os seguintes critérios que deverão ser observados por ocasião de uma operação de soldagem:

- Ligar o equipamento a terra, usando o borne especial para isso;
- Ligar o equipamento de soldagem sempre na rede, por intermédio fusível ou djuntores;
- Os cabos elétricos deverão ser devidamente dimensionados e convenientemente protegidos contra avarias originadas pelo próprio uso.

2.5.2 VELOCIDADE DE SOLDAGEM

Para a apostila de soldagem MIG/MAG ESAB (2005) velocidade de soldagem é a relação entre o caminho percorrido pelo arco ao longo da peça e o tempo gasto para percorrê-lo. Esse parâmetro é normalmente expresso em cm/min ou mm/min. Três regras gerais podem ser enunciadas com respeito à velocidade de soldagem:

- Quando a espessura da peça aumenta a velocidade de soldagem deve diminuir;
- Para uma dada espessura de peça e tipo de junta, quando a corrente de soldagem aumentar a velocidade de soldagem também deve aumentar e vice-versa;
- Maiores velocidades de soldagem são alcançadas empregando a técnica de soldagem empurrando.

2.5.3 PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG

Veiga (2011) acredita que a expansão mundial da indústria de base, o avanço no setor de mineração para a captação de recursos naturais e a necessidade cada vez maior de produtos em geral, proporcionou o desenvolvimento do processo MIG/MAG, que consiste na união de peças metálicas produzida pela fusão das mesmas, através de um arco elétrico estabelecido entre um arame contínuo e uma peça envolta por uma cortina de gás de proteção, evitando a contaminação pelo ar atmosférico.

Da mesma forma, para Ponomarev e Scotti (2008), MIG/MAG é o processo da soldagem que se baseia na fonte de calor de um arco elétrico mantido entre a extremidade de um arame nu consumível alimentado constantemente e uma peça a soldar, cuja região de proteção da solda é feita por um gás inerte (Ar e He), um ativo (CO₂) ou uma mistura deles (incluindo como gás ativo o O₂ e o N₂), sendo MIG a proteção por um gás ou mistura inerte e MAG a mistura de um ou mais dos gases ativos com gases inertes ou o CO₂ puro.

WAINER *et al* (2004) define o processo MIG/MAG como uma descarga elétrica mantida através de um gás ionizado, iniciada por uma quantidade de elétrons emitidos do eletrodo negativo (cátodo) aquecido e mantido pela ionização térmica do gás aquecido.

2.5.3.1 EQUIPAMENTOS DO PROCESSO MIG/MAG

Segundo a apostila de soldagem MIG/MAG ESAB (2005) os equipamentos para soldagem semiautomáticos são fáceis de instalar, como mostra a figura 05. O trajeto do arco é realizado pelo soldador e somente três elementos principais são necessários:

- Tocha de soldagem e acessórios;
- Motor de alimentação do arame;
- Fonte de energia.

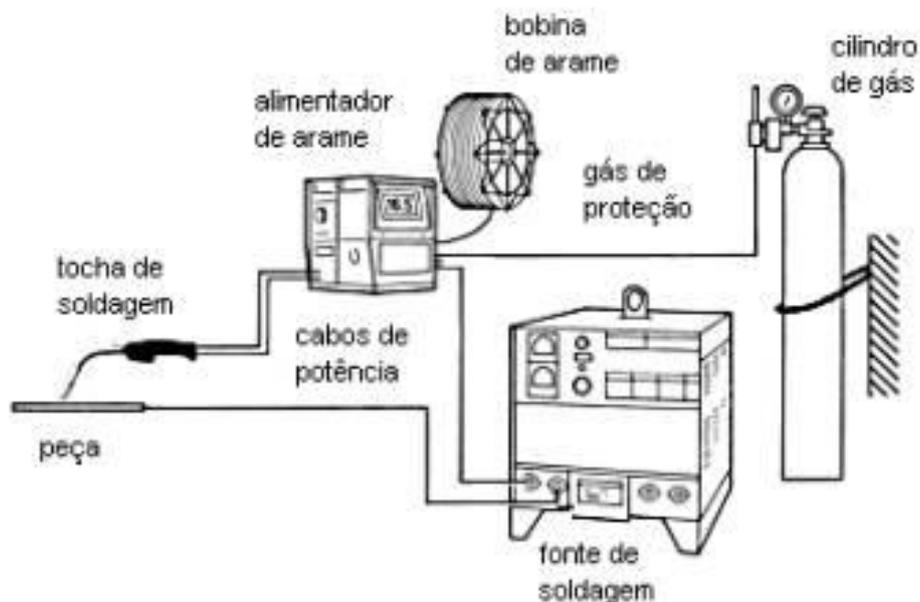


Figura 5: Equipamento de Soldagem MIG/MAG.
Fonte: ESAB (2005).

Segundo Brandi (2004) o reservatório de gás é um cilindro de aço com o gás adequado à soldagem. Acoplado à válvula de abertura existe, geralmente, um regulador de pressão e um medidor e controlador de vazão do gás de proteção.

2.5.3.2 TIPOS DE TRANSFERÊNCIAS NO PROCESSO MIG/MAG

Segundo o que consta a apostila de soldagem MIG/MAG ESAB (2005), o processo MIG/MAG inclui três técnicas distintas de modo de transferência de metal: curto-circuito (short arc), globular (globular) e aerossol (spray arc). Essas técnicas descrevem a maneira pela qual o metal é transferido do arame para a poça de fusão. Na transferência por curto-circuito (short arc, dip transfer, microwire) a transferência ocorre quando um curto-circuito elétrico é estabelecido. Isso acontece quando o metal fundido na ponta do arame toca a poça de fusão. Na transferência por aerossol (spray arc), pequenas gotas de metal fundido são desprendidas da ponta do arame e projetadas por forças eletromagnéticas em direção à poça de fusão. A transferência globular (globular) ocorre quando as gotas de metal fundido são muito grandes e movem-se em direção à poça de fusão sob a influência da gravidade. Os fatores que determinam o modo de transferência de metal são a corrente de soldagem, o diâmetro do arame, o comprimento do arco (tensão), as características da fonte e o gás de proteção.

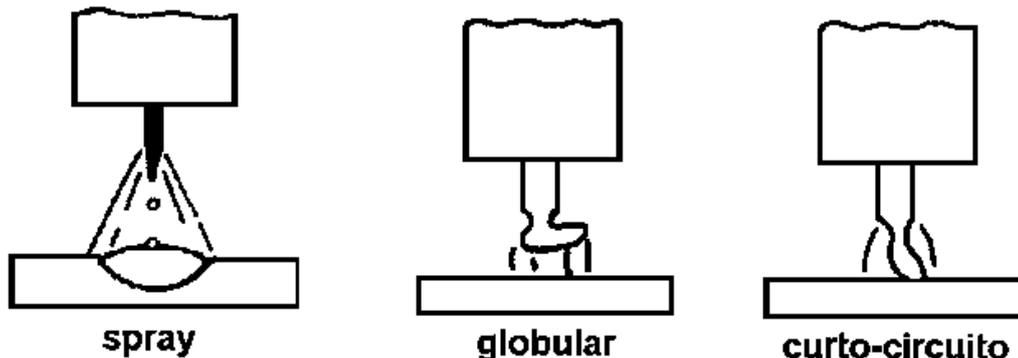


Figura 6: Tipos de transferência no processo MIG/MAG.
Fonte: ESAB (2005).

2.5.3.3 VANTAGENS DO PROCESSO MIG/MAG

Segundo Veiga (2011) as principais vantagens do processo MIG/MAG são:

- Soldagem sem fluxo, ou seja, não haverá risco de inclusões de escória na soldagem multipasse;

- Utilização semiautomática (o envio de arame e gás é pré-definido), havendo a possibilidade de automação;
- Facilidade de automação;
- Arco visível, possibilidades de variar o arco durante a soldagem, de controlar a penetração;
- Processo de elevado rendimento, alta taxa de material depositado;
- Ampla faixa de espessura soldável, tecnicamente não haverá limite superior;
- Soldagem robotizada;
- Redução de mão de obra operacional;
- Qualidade dos cordões de solda.

Brandi (2004) cita que as vantagens do processo MIG/MAG são:

- O eletrodo nu é alimentado continuamente;
- A soldagem pode ser executada em todas as posições;
- A velocidade de soldagem é elevada;
- A taxa de deposição elevada devido à densidade de corrente alta na ponta do arame;
- Não há formação de escória e, conseqüentemente, não se perde tempo em sua remoção.

2.5.3.4 DESVANTAGENS DO PROCESSO MIG/MAG

Segundo Brandi (2004) o processo MIG/MAG possui as seguintes desvantagens:

- Maior velocidade de resfriamento por não haver escória, o que aumenta a ocorrência de trincas, principalmente no caso de aços temperáveis;
- Grande emissão de raios ultravioletas;
- Equipamento de soldagem mais caro e complexo que o do processo com eletrodo revestido;
- Equipamento menos portátil que o do processo com o eletrodo revestido.

2.5.4 PROCESSO DE SOLDAGEM ELETRODOS REVESTIDOS

Os eletrodos revestidos compõem-se em duas partes, o núcleo metálico condutor de corrente e o revestimento (VEIGA, 2011).

Processo de soldagem eletrodos revestidos é um processo definido como soldagem com arco, onde a união é produzida pelo calor do arco criado entre um eletrodo e a peça a soldar. Esse processo teve início no princípio do século, com a utilização de arames nus para cerca, ligados a rede elétrica. Com o tempo observou-se que arames enferrujados, ou cobertos com cal, proporcionavam melhor estabilidade do arco e, assim, no começo do século XX, adotou-se os primeiros eletrodos revestidos (TECCO, 2004).

O eletrodo consumível de aço foi usado pela primeira vez em 1892, pelo russo Slavianoff. Porém, o eletrodo de aço nu (sem revestimento), após a fusão no ar, perde por oxidação grande parte de seu carbono, manganês e silício, assim em 1905 surgiram os primeiros eletrodos revestidos desenvolvidos pelo sueco Oscar Kjeellberg (VEIGA, 2011).

Segundo o que consta a apostila de soldagem Eletrodos Revestidos ESAB (2005), a soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido (ShieldedMetal Arc Welding – SMAW), também conhecida como soldagem manual a arco elétrico, é o mais largamente empregado dos vários processos de soldagem. A soldagem é realizada com o calor de um arco elétrico mantido entre a extremidade de um eletrodo metálico revestido e a peça de trabalho. O calor produzido pelo arco funde o metal de base, a alma do eletrodo e o revestimento. Quando as gotas de metal fundido são transferidas através do arco para a poça de fusão, são protegidas da atmosfera pelos gases produzidos durante a decomposição do revestimento. A escória líquida flutua em direção à superfície da poça de fusão, onde protege o metal de solda da atmosfera durante a solidificação. Outras funções do revestimento são proporcionar estabilidade ao arco e controlar a forma do cordão de solda.

2.5.4.1 EQUIPAMENTOS DO PROCESSO ELETRODOS REVESTIDOS

Segundo Veiga (2011) uma das razões para a grande aceitação do processo eletrodo revestido é a simplicidade do equipamento necessário, como mostra a figura 7. O equipamento de soldagem consiste:

- Na fonte de energia;
- No porta-eletrodos (tenaz);
- Nos cabos e conexões.

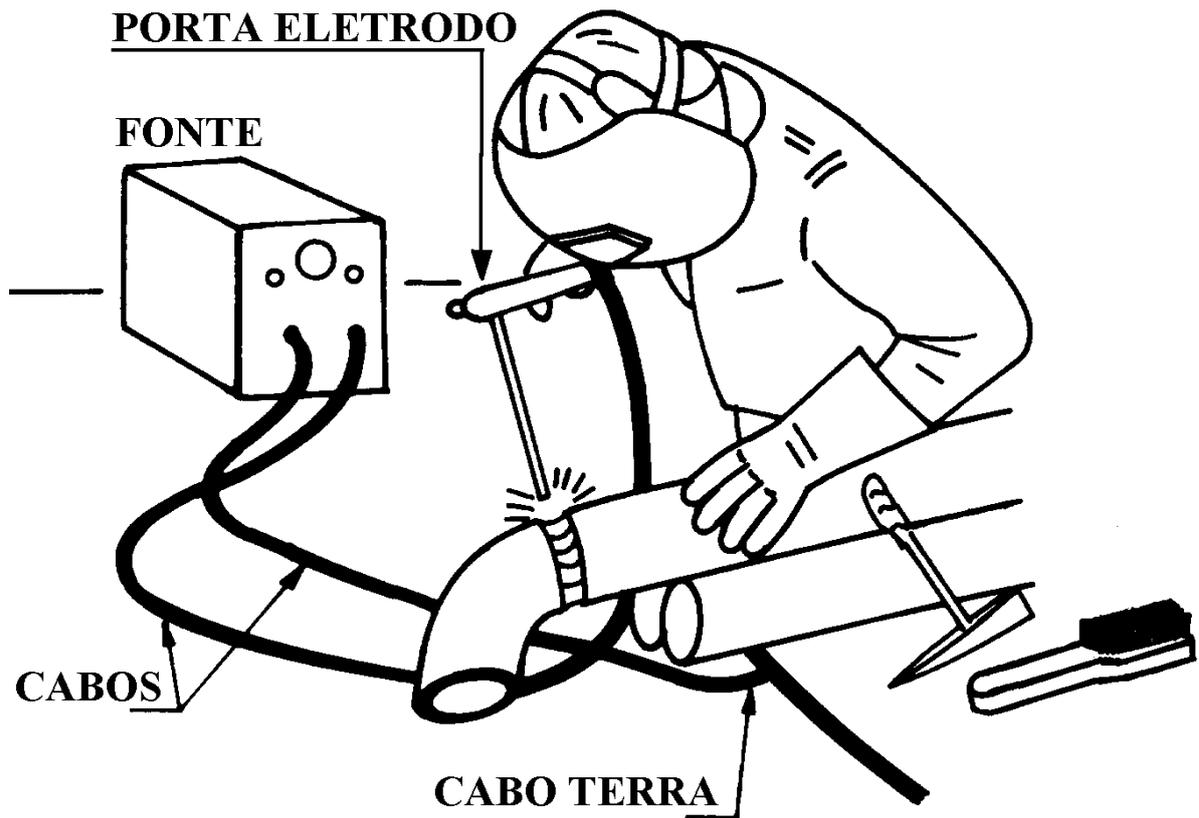


Figura 7: Equipamentos de Soldagem Eletrodos Revestidos.
Fonte: ESAB (2005).

2.5.4.2 VANTAGENS DO PROCESSO DE ELETRODO REVESTIDO

Segundo a apostila de soldagem Eletrodos Revestidos ESAB (2005), é o processo de soldagem mais simples disponível. Tudo o que se necessita é de uma fonte de energia de corrente constante, dois cabos elétricos e o eletrodo. É o processo de soldagem mais flexível no sentido que pode ser empregado em qualquer posição de soldagem para quase todas as espessuras dos aços carbono.

- Penetração elevada;
- Gera grande quantidade de gases protetores;
- Simplicidade;
- Permite soldar em várias posições.

2.5.4.3 DESVANTAGENS DO PROCESSO ELETRODO REVESTIDO

Segundo a apostila de soldagem Eletrodos Revestidos ESAB (2005), as desvantagens são que os eletrodos revestidos apresentam taxas de deposição mais baixas que os outros processos,

tornando-o menos eficiente. Além disso, o uso de eletrodos revestidos para aços carbono requer mais treinamento dos soldadores novos que os processos de soldagem semiautomáticos e automáticos.

- A taxa de deposição é baixa;
- Gera grande quantidade de respingos;
- Uso restrito à soldagem com corrente contínua;
- A solda tem mau aspecto.

2.6 CRONOANÁLISE

Para que se possa encontrar os dados citados anteriormente, como os tempos de cada operação, tem-se uma ferramenta chamada Cronoanálise.

Miranda (2012) explana a Cronoanálise como a análise dos métodos, materiais, ferramentas e instalações utilizadas para a execução de um trabalho com o objetivo de encontrar uma forma mais econômica de se fazer um trabalho, normalizar os métodos, materiais, ferramentas e instalações, determinando de forma exata e confiável o tempo necessário para um colaborador realizar um trabalho em ritmo normal (tempo padrão).

Para o autor o uso é indicado quando a necessidade é melhorar a produtividade, entender detalhadamente o que ocorre no processo, a real capacidade de produção, eficiência do balanceamento, pontos de ineficiência, interações entre os postos de trabalho e desperdícios de tempo. As principais técnicas e princípios de um trabalho de Cronoanálise são:

- Análise para eliminação de operações desnecessárias;
- Redução de elementos de fadiga;
- Determinação de carga homem-máquina (saturação dos operadores);
- Ferramentas para otimizar balanceamento da linha de produção;
- Determinação da capacidade produtiva das operações pelo tempo padrão;
- Melhoria da administração visual da produção;
- Redução de Setup;
- Determinação do método ótimo de trabalho;
- Uso de técnicas para Padronização do trabalho;
- Aplicação de conceitos dos "7 desperdícios";
- Tempo *Takt*;

2.6.1 TEMPO DE CICLO E TEMPO *TAKT*

O Tempo de Ciclo é o tempo alocado para fazer uma unidade do produto, passando por todas as operações, ou seja, o tempo transcorrido entre a repetição do início ao fim da operação. Ele é dado pela soma de tempos de cada operação que produz o produto, sendo assim seu limitante a capacidade da linha da produção.

A Tempo de Ciclo é determinado, então, pela quantidade diária necessária de produção e o tempo efetivo de operação diária.

Também tem-se o Tempo Takt (Takt Time) que é dado pela quantidade necessária para ser fabricada e o tempo disponível. É obtido pelo tempo disponível dividido pela demanda, tendo ela como seu fator limitante.

Cantidio (2009) implica que o ideal para que a produção seja equilibrada e que a produção seja balanceada é que o Tempo *Takt* e o Tempo de Ciclo estejam bem próximos. Percebe-se que apenas o Tempo de Ciclo está relacionado com a capacidade de produção. Mas se o Tempo de Ciclo for maior que o Tempo *Takt* poderão ocorrer atrasos nas entregas. Se caso o Tempo de Ciclo for menor que o Tempo *Takt*, os produtos serão entregues para o próximo processo antes do momento necessário, ocasionando perda por produção antecipada ou superprodução. Portanto pode-se afirmar que a situação ótima é a situação em que o Tempo *Takt* e o Tempo de Ciclo estejam próximos.

Como foi dito o controle visual e a transparência para os funcionários precisa existir. Womack e Jones (2003) relatam que a exibição do status momentâneo da produção pode ser orientado pelo Tempo *Takt*, onde um quadro simples, afixado na área onde a equipe trabalha, poderia alertar imediatamente toda a equipe quando a produção estivesse atrasada em relação ao Tempo *Takt*. Esse quadro, ou sinalizador, é chamado de *Andon*. Ele normalmente está associado a um temporizador que sincroniza os tempos de ciclos de todas as operações com o Tempo *Takt*.

A comparação entre o Tempo de Ciclo e o Tempo *Takt* nos permite encontrar desperdícios na produção como mão de obra ociosa, tempos de espera, falhas de transporte e movimentações desnecessárias, entre outras perdas.

3. DESENVOLVIMENTO

O estudo de caso foi realizado na empresa de implementos rodoviários Noma do Brasil S/A, situada no município de Sarandi, interior do Estado do Paraná.

3.1 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado por meio de um estudo de caso. Estudo de caso é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas (GIL, 2007). Possui natureza explicativa, ou seja, tem por objetivo identificar os fatores que contribuem para que os fenômenos ocorram, desenvolvam, expliquem a razão deles e identifiquem os fatores determinantes (REIS, 2008). Quanto à abordagem, este trabalho é tanto quantitativo como qualitativo, pois além de serem coletados os dados, serão analisadas também informações pesquisadas em literaturas e estudos de casos para uma efetivação de melhorias.

3.1.1 ESTABELECIMENTO DAS METAS DE MELHORIA

Com o *HOSHIN KANRI* proposto pela diretoria para o ano de 2013, foram definidas as metas a serem conquistadas na aplicação do estudo de caso no setor de tanques cilíndricos.

3.2 FASES DA PESQUISA APLICADA

A primeira etapa do trabalho constituiu em uma pesquisa bibliográfica em livros, artigos, revistas digitais e publicações, de assuntos voltados às ferramentas da qualidade e os processos de soldagem. O objetivo primário dessa fase foi obter uma base teórica suficiente para serem desenvolvidas as propostas de melhoria.

Na segunda etapa, foram coletados dados internos da organização, bem como realizado o registro fotográfico do processo produtivo e coleta de tempos e métodos por meio de cronoanálise. Com estas informações foi possível fazer o mapeamento do fluxo de valor do produto, de forma a enxergar completamente o processo e encontrar os pontos de desperdício, e as possíveis mudanças e no posto de trabalho e melhorias nos processos.

Posteriormente, foi necessária uma análise detalhada dos dados, onde se simulou cenários de mudanças e melhorias. De forma a melhor visualizar tais modificações realizaram-se mudanças dos processos de soldagem, desenvolvimento de novos gabaritos a fim de aumentar a produtividade da produção de tanques cilíndricos, aprovados pela diretoria da empresa.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O presente estudo foi realizado na empresa de implementos rodoviários Noma do Brasil S/A fundada no dia 1º de julho de 1967. A sede fica localizada em Sarandi, interior do Paraná, em um terreno de 11375 m². A Noma fabrica graneleiros, basculantes, semirreboques, carregatudo, tanque. A diversificação de tantos produtos exigiu arrojo empresarial, experiência e técnica.

Em 2002 já consolidada no cenário nacional a Noma começou a realizar grandes mudanças estruturais. Na administração, adquiriu o software SAP, um dos mais completos do mundo em sua categoria. Nesse ano também passou a trabalhar com o processo de produção em linha de montagem. Em 2006 a empresa conquistou a certificação ISO 9001-2000 através da *Bureau Veritas*.

A Noma é hoje a quinta maior empresa de implementos rodoviários da América Latina, com uma capacidade produtiva de 650 pinos por mês, sendo que pinos simbolizam o número de produtos, denominados dessa maneira por causa do pino-rei, que acopla os implementos rodoviários ao caminhão.

Possui ampla rede de distribuidores no Mercosul, exportando para Bolívia, Argentina, Paraguai, Uruguai, Chile e Equador. Irá construir uma nova fábrica em Tatuí, interior de São Paulo, o que deve dobrar a capacidade produtiva da empresa.

Dentro da empresa os setores produtivos são divididos entre montadora, montagem e peças, aonde montadora engloba os setores de acabamento, montagem de eixo, pintura e tampas. Na montagem têm-se os setores de basculante, bases, bi caçamba, especial, longarina e tanque. A divisão de peças contempla o setor de perfilados, a usinagem e pré-montagem. Todas elas baseiam seu modo de funcionamento no conceito de produção enxuta, inspirado no modelo Toyota.

3.4 CICLO PRODUTIVO DA EMPRESA

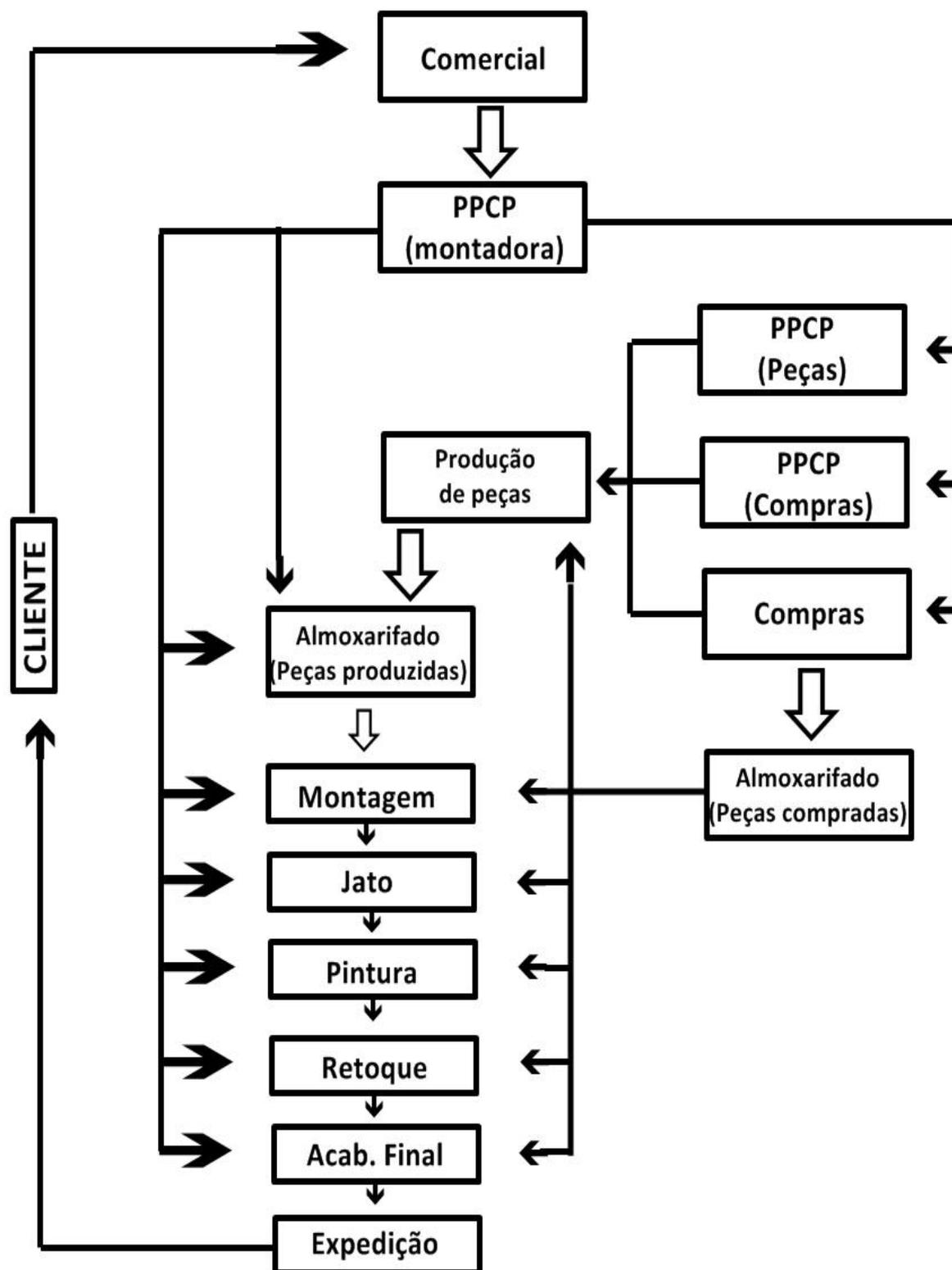


Figura 9: Fluxograma do processo.
Fonte: Noma do Brasil S/A

O ciclo produtivo da empresa inicia-se a partir da seguinte maneira:

COMERCIAL: recebe os pedidos dos clientes, vendem os equipamentos, cadastram os pedidos.

PPCP (Montadora): recebe os pedidos do comercial; convertem em ordem de venda; convertem em ordem de produção; auxilia a almoxarifado de peças produzidas com os mapas dos kits de peças, e junto com os kits, tira as ordens de produção impressas para o acompanhamento; a partir das ordens de produção, é gerada necessidade de compra e produção para o PPCP (peças e compras) e ao Compras; auxilia todo o processo de montagem até o acabamento final, com acompanhamento de produção em cada setor.

PPCP (Compras): vendo a necessidade gerada, compra-se matéria prima para a produção das peças que são utilizadas na produção (de peças e de equipamento).

PPCP (Peças): vendo a necessidade de produção de peças gerada, planeja, programa e controla toda a produção de peças.

COMPRAS: responsáveis por comprar materiais prontos para a utilização, seja na produção de peças ou de equipamentos, enviando diretamente a produção de peças e também abastecendo a almoxarifado de materiais comprados prontos.

ALMOXARIFADO (peças produzidas): recebem as peças produzidas, montando os kits para cada equipamento e entregando no devido gabarito de montagem.

ALMOXARIFADO (peças compradas): Fornece peças prontas para o uso desde a produção das peças, até o acabamento final, onde o equipamento fica pronto.

PRODUÇÃO DE PEÇAS: com o planejamento e programação feitos, recebem as matérias primas e produzem as peças, enviando-as a almoxarifado de peças produzidas.

MONTAGEM: recebem os kits de peças, e com o planejamento e a programação dos equipamentos, montam os equipamentos.

JATO: após o equipamento pronto, ocorre o jateamento dos equipamentos, preparando-os para a pintura.

PINTURA: ocorre a pintura dos equipamentos.

RETOQUE: verifica-se o resultado da Pintura, e se necessário, faz-se o retoque necessário.

ACAB. FINAL: os equipamentos são finalizados, através da colocação de peças finais, deixando o equipamento pronto para ser entregue para o cliente.

EXPEDIÇÃO: com o equipamento pronto, se tem a entrega do produto pronto ao cliente.

3.5 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO

O estudo foi realizado na divisão de montagem da empresa, mais especificamente no setor de tanque, responsável por 3% da produção mensal de implementos rodoviários da empresa Noma do Brasil S/A, como mostra a figura 10.

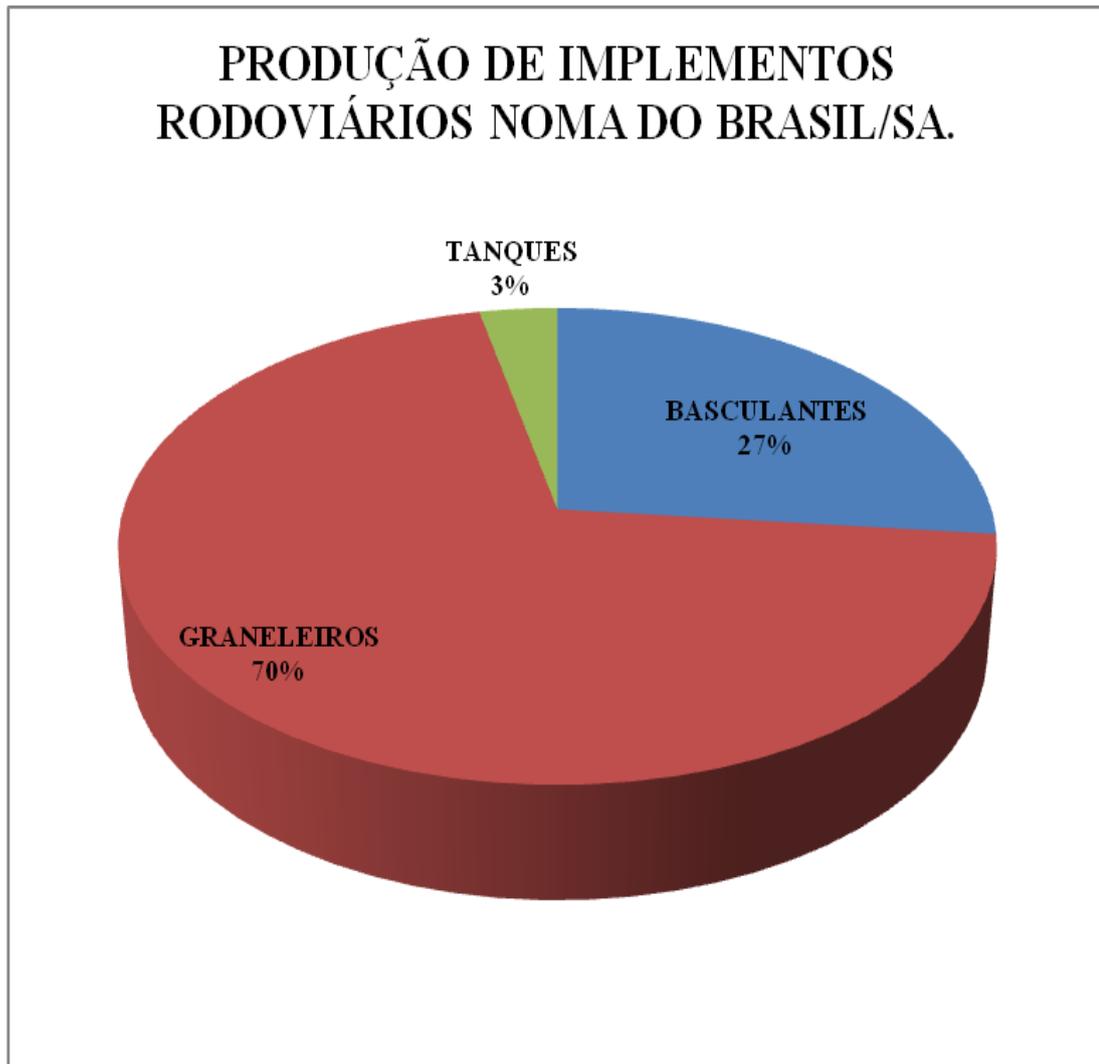


Figura 10: Produção de Implementos Rodoviários Noma do Brasil S/A.
Fonte: Noma do Brasil S/A

O setor de tanques produz 02 produtos específicos, sendo eles: tanques cilíndricos e tanques policêntricos. Os processos do setor são pouco estudados e definidos, muitos sem procedimento algum. A intenção desse estudo foi priorizar o processo de montagem dos corpos dos implementos rodoviários tanques cilíndricos por se tratar de um produto de maior demanda no mercado, como mostra a figura 11.

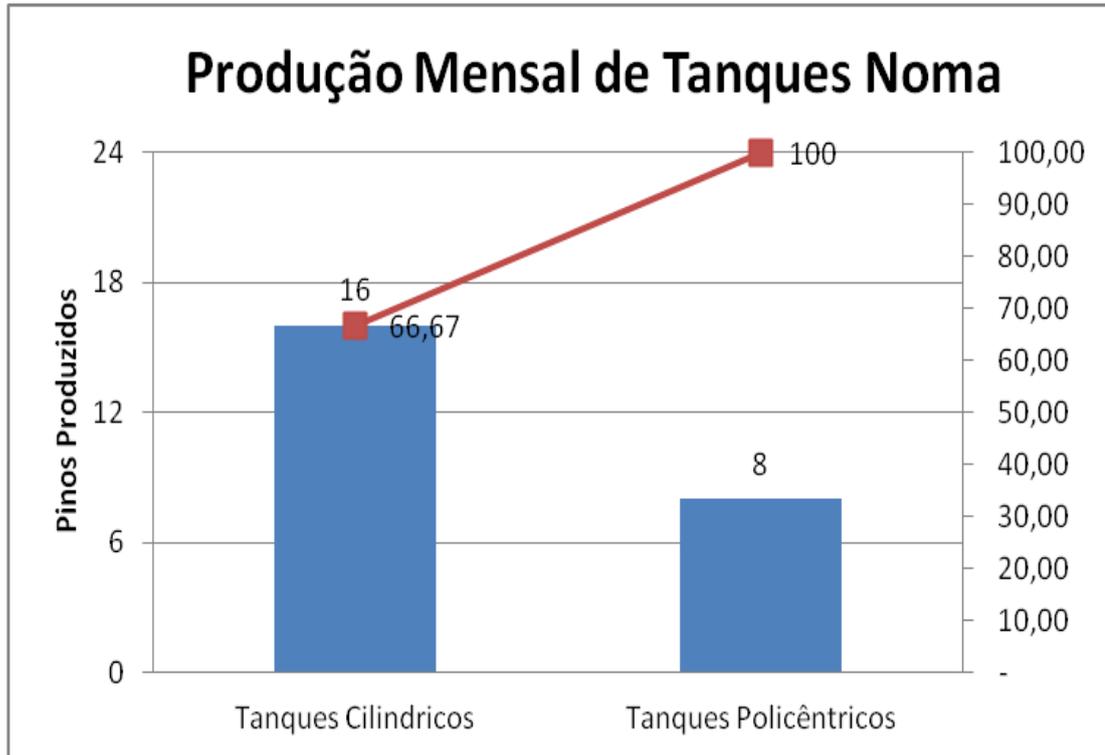


Figura 11: Produção Mensal de Tanques.
Fonte: Noma do Brasil S/A.

No layout (Figura 12), pode-se observar diversas máquinas e estruturas de montagem existentes no setor, tais como máquinas de solda, gabaritos de montar chassi, montagem do corpo, soldagem externa, postos montagem de acessórios, acoplamento e aferição.

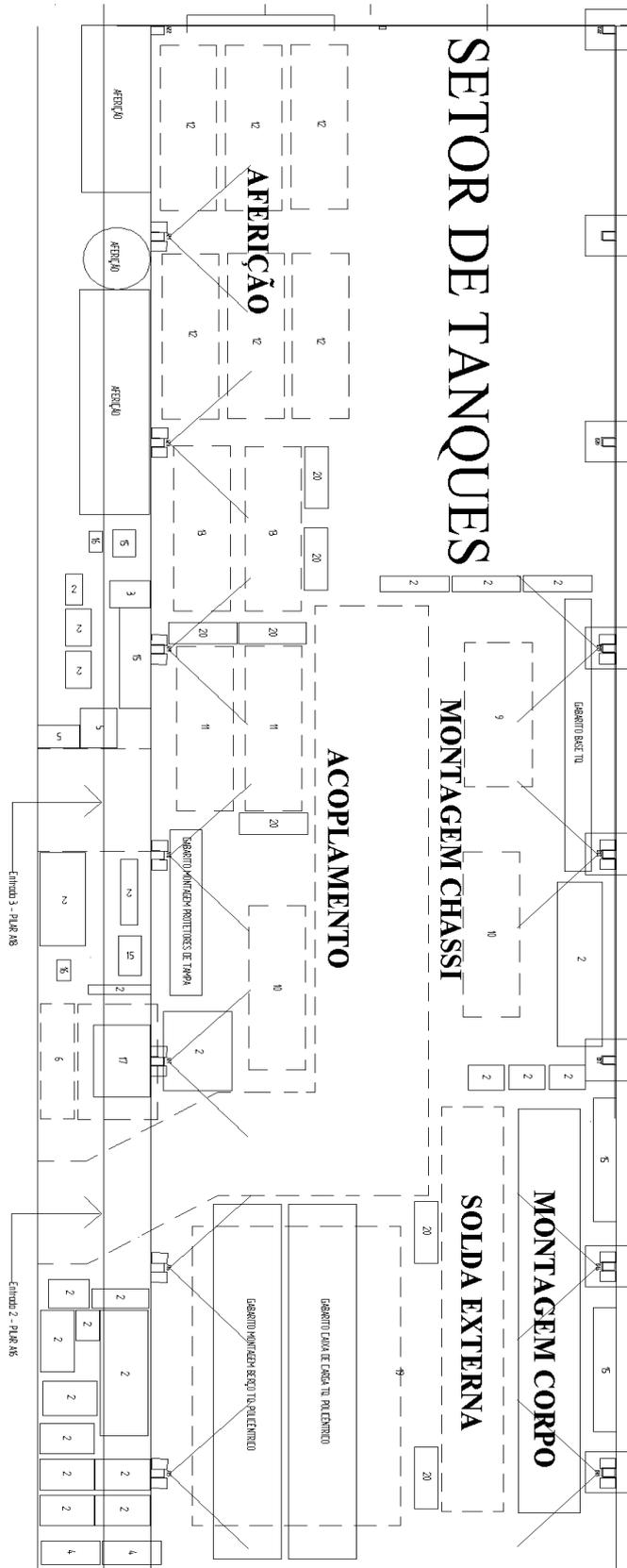


Figura 12: Layout setor de tanques.
Fonte: Noma do Brasil S/A.

Os colaboradores do setor de tanques e suas respectivas atividades estão indicados na Figura 13.



Figura 13: Organograma do setor de tanques.
Fonte: Noma do Brasil S/A.

Encarregado: Responsável por liderar e supervisionar todo o setor objetivando o alcance das metas de produção, assim como comunicar a gerencia sobre qualquer oportunidade de melhoria encontrada. É dele também a responsabilidade de coordenar todo o capital humano, informando o departamento de recursos humanos se ocorrerem alguma ausência, demissão, ou necessidade de novas contratações.

Líderes: São responsáveis por coordenar a produção de determinados tipos de máquinas mais específicas, auxiliando o encarregado no alcance das metas. Também devem treinar e supervisionar diretamente os operadores.

Operadores: Responsáveis pela execução dos processos para fabricação das peças seguindo as especificações do projeto.

Ajudantes: Auxiliam os operadores em qualquer tarefa que for necessário.

3.6 CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO

Para entender a estrutura do produto, a Figura 14 apresenta a ilustração do produto acabado, sendo possível visualizar os itens que o constituem.

Como observado na Figura 14, o implemento rodoviário tanque cilíndrico é constituído por produtos pré-montados, aços carbonos, plástico, solda, entre outros. Tais materiais são

produzidos tanto por fornecedores internos, setor da própria empresa que produzem os materiais que serão utilizados no processo de fabricação, como por fornecedores externos, que entregam a matéria-prima bruta ou o produto acabado.



**Figura 14: Foto do tanque cilíndrico Noma.
Fonte: Noma do Brasil S/A.**

Este produto é considerado de extrema importância para empresa, sendo muito representativo nos custos. Assim foi iniciado um estudo de caso no setor de produção do produto especificado com a ajuda dos dados encontrados para realização desse trabalho.

3.7 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO

O processo da linha de implementos rodoviários tanques cilíndricos está representado no fluxograma exposto na Figura 15, sendo descritos desde o abastecimento da matéria-prima até a inspeção de qualidade, proporcionando uma melhor visualização do processo.

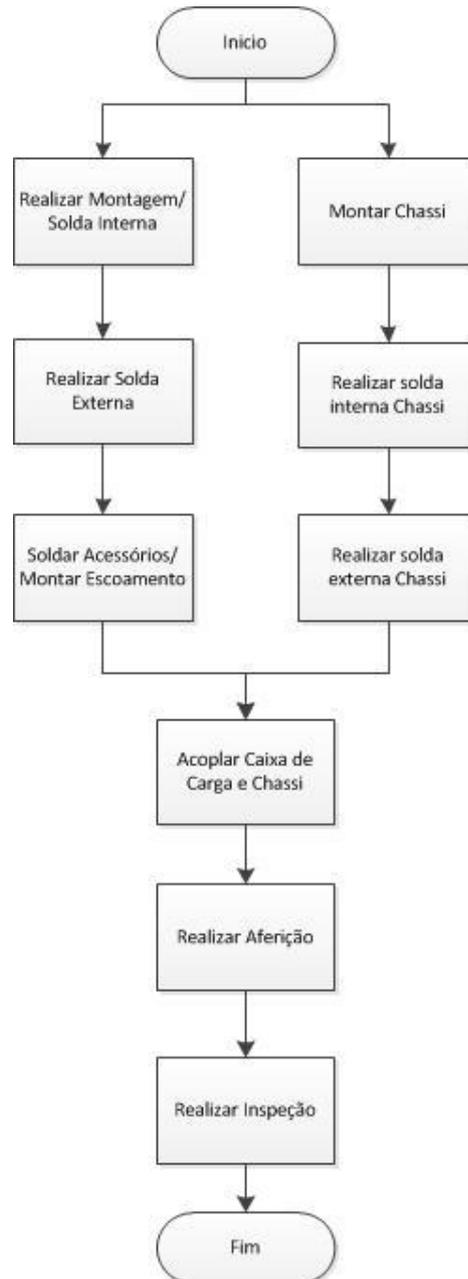


Figura 15: Fluxograma de montagem tanque.
Fonte: Noma do Brasil S/A.

Para melhor a compreensão do processo, indicado na Figura 15, este será detalhado em profundidade. Na rotina da empresa os processos são divididos em atividades, onde:

- Primeiramente os corpos de chapas de aço carbono calandrados que serão utilizados são separados e levados para a montagem, onde o montador deve pegá-los separadamente, coloca-los no gabarito de montagem de acordo com a ordem de produção, o montador com o desenho técnico em mãos posiciona a quantidade necessária de corpos calandrados no gabarito, após o posicionamento há o processo de união das chapas, ou seja, o processo de soldagem semiautomático (MIG/MAG) para o processo de soldagem interna (Figura 16).

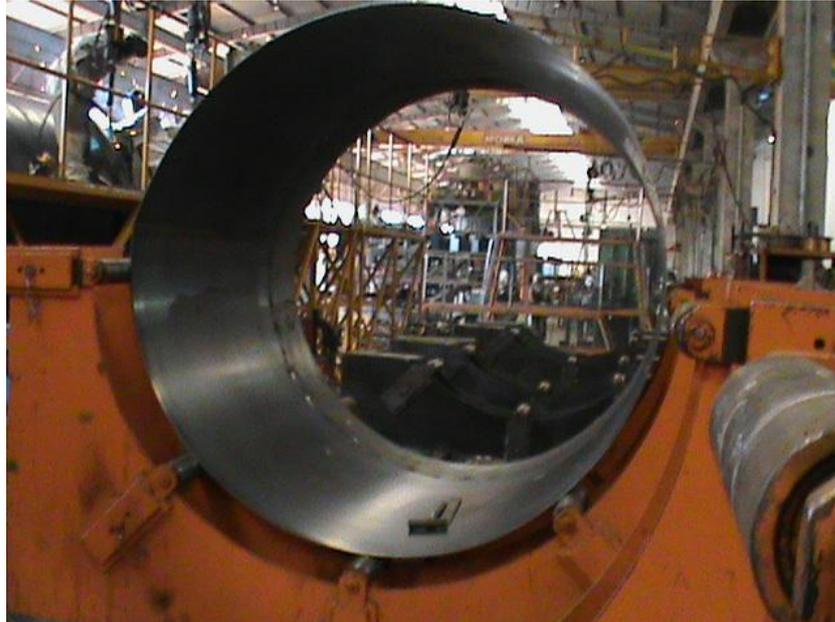


Figura 16: Processo de Montagem e Solda Interna
Fonte: Autor.

- Após a primeira montagem o tanque cilíndrico passa para o processo de solda externa, onde ocorre o processo de soldagem manual (eletrodo revestido), o processo de soldagem semiautomático (MIG/MAG) dos acessórios que compõe a estrutura do implemento (Figura 17).



Figura 17: Processo Solda Externa
Fonte: Autor.

- O processo seguinte deve-se soldar os acessórios e a instalação da estrutura de escoamento dos fluídos e o acoplamento da caixa de carga com o chassi (Figura 18).



Figura 18: Processo Acoplamento/Acessórios/Escoamento
Fonte: Autor.

- Para finalizar a montagem do tanque cilíndrico, o implemento passa por um teste hidrostático para aferição de pressão de acordo com os órgãos de fiscalização (Figura 19).



Figura 19: Processo de Aferição
Fonte: Autor.

- Com os processos de montagem terminados, o implemento rodoviário tanque cilíndrico passa por uma inspeção enquanto está sendo aferido. Caso o tanque esteja de acordo com os padrões estabelecidos pelo setor de qualidade o mesmo é liberado para o processo de pintura.

3.8 APLICAÇÃO DO ESTUDO DE MELHORIAS

Para que se consiga fazer uma boa análise de viabilidade das melhorias e implantações, foram necessárias algumas coletas de dados, mudanças na forma de trabalhar, algumas análises e discussões. Tais análises foram divididas em oito partes que serão discutidas nos tópicos seguintes. O modelo que será trabalhado nesse projeto segue as quatro etapas do ciclo PDCA e sua sequencia é apresentada pela Figura 20, que será descrito a seguir.

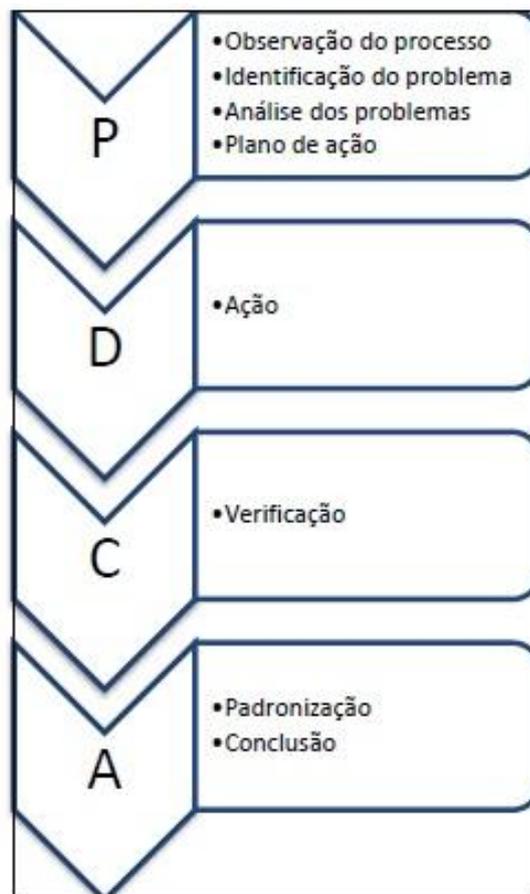


Figura 20: As quatro etapas do ciclo PDCA proposta para a empresa
Fonte: Autor.

3.8.1 ETAPA (P)

O trabalho inicia-se realizando observações nos processos da empresa, onde busca a identificação de problemas e oportunidades de melhorias, posteriormente é feito uma análise para ver se os problemas realmente existem e por fim a elaboração do plano de ação.

3.8.1.1 ESCLARECER O PROBLEMA

A intenção desse estudo foi priorizar o processo de montagem dos corpos dos implementos rodoviários tanques cilíndricos por se tratar de um produto de maior produção mensal na linha de tanques Noma do Brasil S/A como mostra a Figura 11.

A meta da Empresa é produzir 13 equipamentos na Linha 01 de produção, distribuídos nos seguintes equipamentos como mostra a Figura 21.

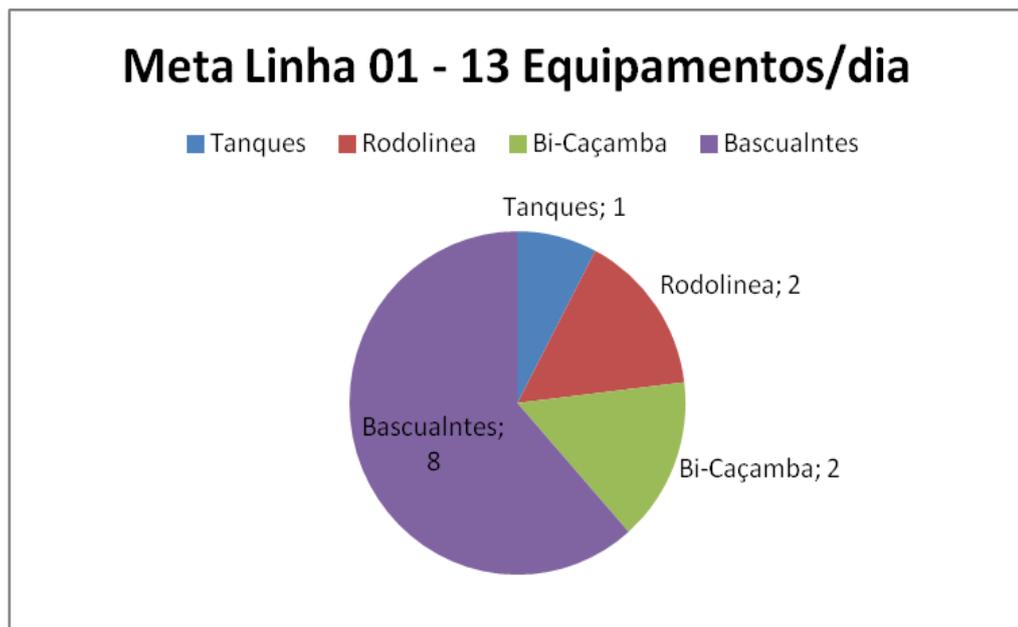


Figura 21: Fluxo de Equipamentos para a Linha 01
Fonte: Autor.

O processo produtivo de tanques opera em 01 turno totalizando 498 minutos. O Tempo *Takt* dos equipamentos tanques cilíndricos atual é de 540 minutos (Figura 22), gerando assim um *GAP* de 42 minutos.

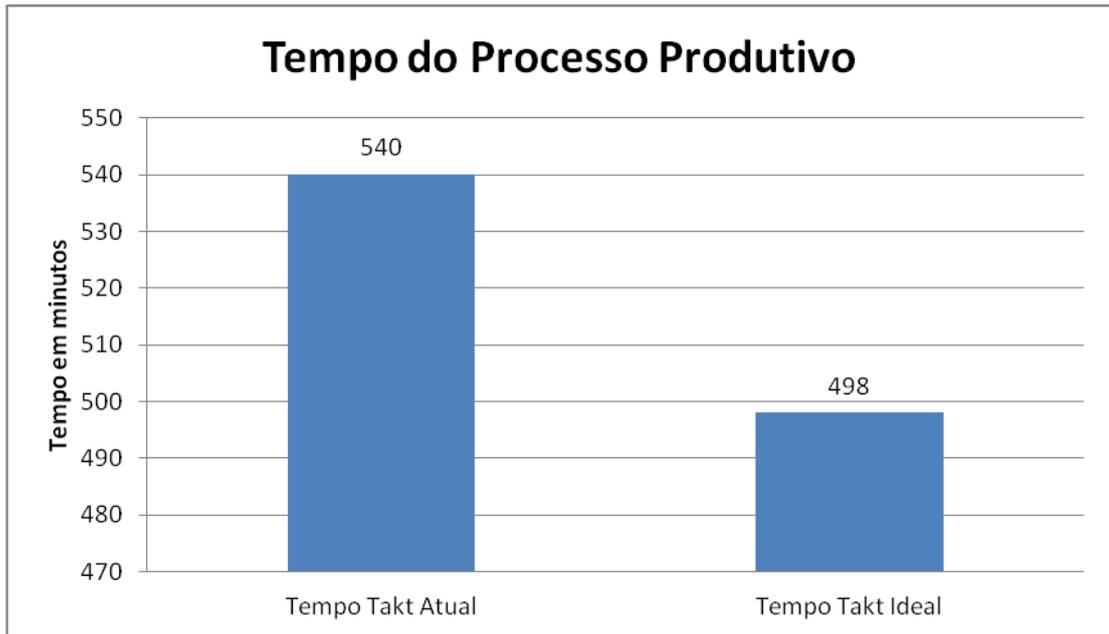


Figura 22: Relação entre Processo Atual e Ideal
Fonte: Autor.

3.8.1.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Após analisado o processo e suas etapas foi realizado um estudo dos tempos de cada operação, pelo uso de um cronômetro. Tomou-se o tempo das seguintes operações: 1ª Montagem/Solda Interna, 2ª Solda Externa, 3ª Acoplamento/Acessórios/Escoamento, 4ª Aferição. Para definir o tempo de cada operação, tomou-se a média do tempo de ciclo de 03 equipamentos tanque cilíndrico para encontrar uma média de tempo mais realista.

A Figura 23 mostra a tomada de tempos de cada etapa do processo bem como a média respectiva. A intenção da análise dos tempos de cada operação bem como do Tempo *Takt* é obter um balanceamento de linha permitindo a distribuição e o nivelamento do tempo total das operações em relação ao tempo homem-máquina, para as pessoas e seus respectivos postos de trabalho, excluir gargalos e esperas na produção, diminuindo estoques entre processos, proporcionando rodízio de funções que melhoram as condições de trabalho dos funcionários, reduzindo alguns desperdícios que ocorrem no processo.

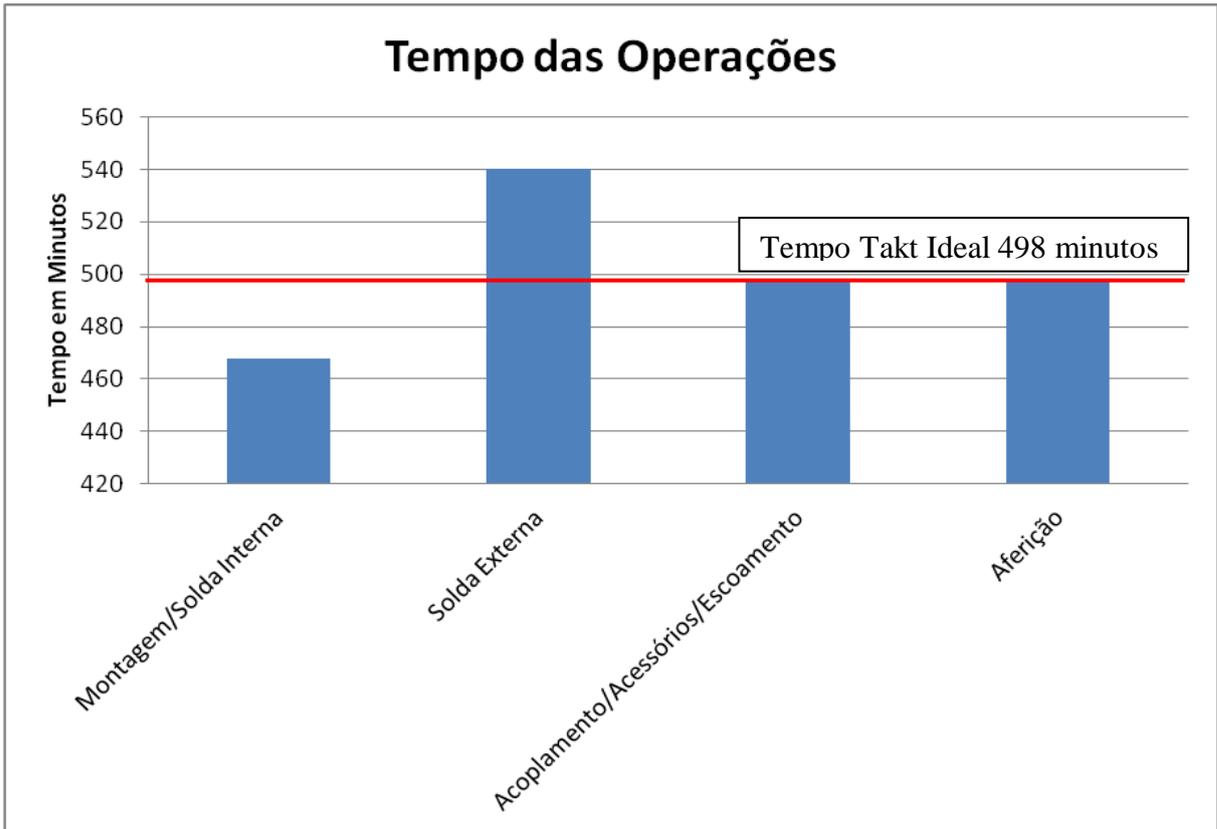


Figura 23: Tempo das Operações de Montagem do equipamento Tanque Cilíndrico
Fonte: Autor.

A partir da tomada de tempos pode-se analisar através da Figura 23 o gargalo do processo produtivo, sendo ele o processo de solda externa (Figura 24).



Figura 24: Processo de Solda Externa
Fonte: Autor.

Realizou-se uma análise do gargalo da operação, notou-se que o processo de solda externa é realizado por 02 processos de soldagem sendo eles: manual (Eletrodo Revestido) e semiautomático (MIG/MAG), assim foram levantados os seguintes itens nos processos:

1. Velocidade de soldagem;
2. Quantidade de cordões por processo de soldagem;
3. Quantidades de operadores no processo;
4. Tempo do processo de Soldagem.

Os resultados da análise foram listados na tabela abaixo:

Processo de Soldagem Itens Avaliados	Eletrodo Revestido	MIG/MAG
Velocidade de Soldagem	150 mm/min	584 mm/min
Quantidade de Cordões	08	160
Quantidade de Operadores	04	04
Tempo de Soldagem/Anel com 2100mm de Diâmetro	44,0 min	11,3 min

Tabela 2: Dados do Processo de Soldagem
Fonte: Autor.

Com os dados levantados foi diagnosticado que são realizados 08 cordões de solda com o processo de Eletrodo Revestido e 160 no processo MIG/MAG, com 04 colaboradores realizando a mesma operação. O tanque cilíndrico possui um diâmetro de 2100 mm e o tempo de soldagem total do processo de solda por Eletrodo Revestido é de 44 minutos à uma velocidade de 150mm/min, como são 08 juntas topo a topo a serem soldadas (Figura 25), o tempo total do processo de soldagem do eletrodo revestido é de 88 minutos. Sendo que o tempo total de soldagem do processo MIG/MAG é de 452 minutos, com uma velocidade de 584 mm/min.



Figura 25: Junta Topo a Topo
Fonte: Autor

Os Diagramas de Pareto (Figura 26) e (Figura 27) mostram a relação dos 02 processos de soldagem em relação ao processo de solda externa.

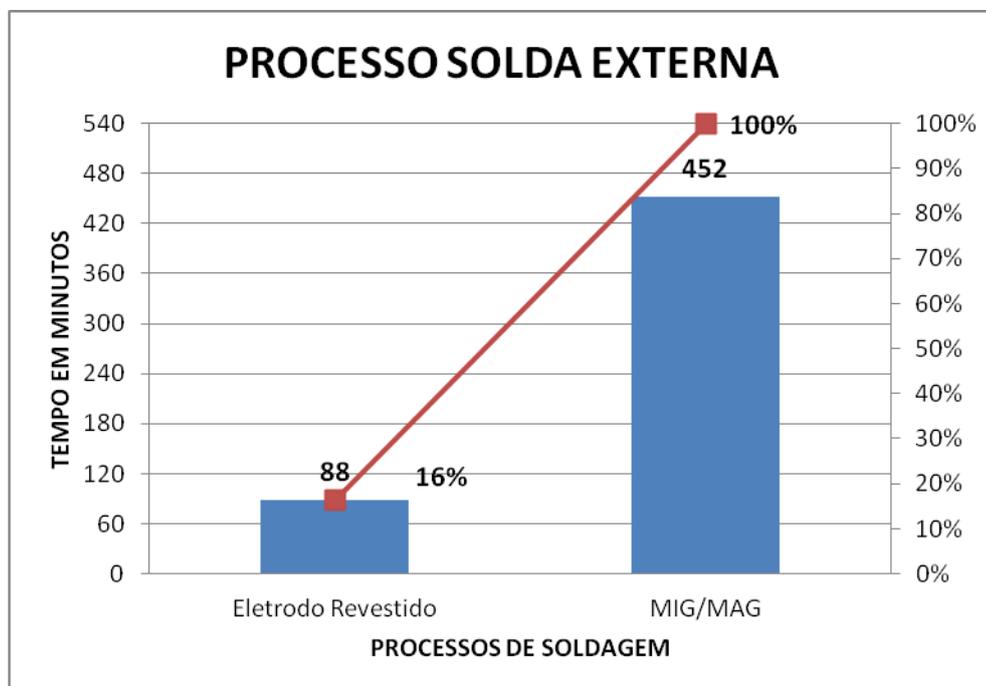


Figura 26: Tempo Processo de Solda Manual (Eletrodo Revestido) e Semiautomático (MIG/MAG)
Fonte: Autor

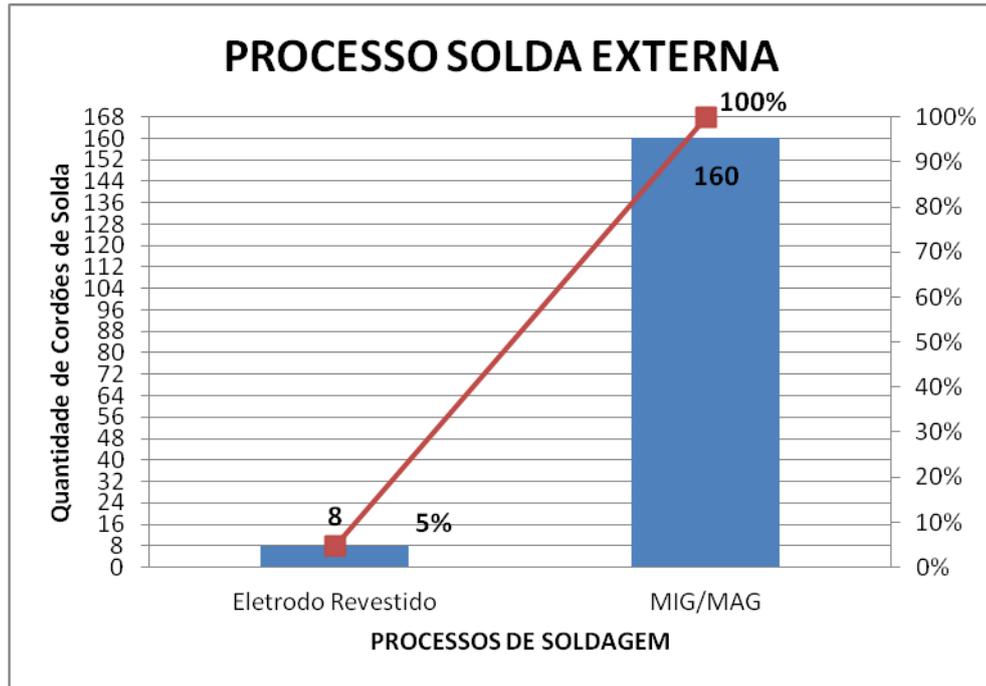


Figura 27: Cordões de Solda Soldados
Fonte: Autor

3.8.1.3 ESTABELEECER META

Através do levantamento dos dados, foi possível observar que o processo de solda Manual (Eletrodo Revestido) representa 5% do processo como mostra a Figura 27, porém em análise do tempo o processo representa 16% do tempo total, ou seja, 88 minutos. A fim de se atingir o *HOSHIN KARIN* 2013. A meta desse trabalho é reduzir o Tempo *Takt* da linha de Tanque Cilíndricos em 8% (Figura 28).

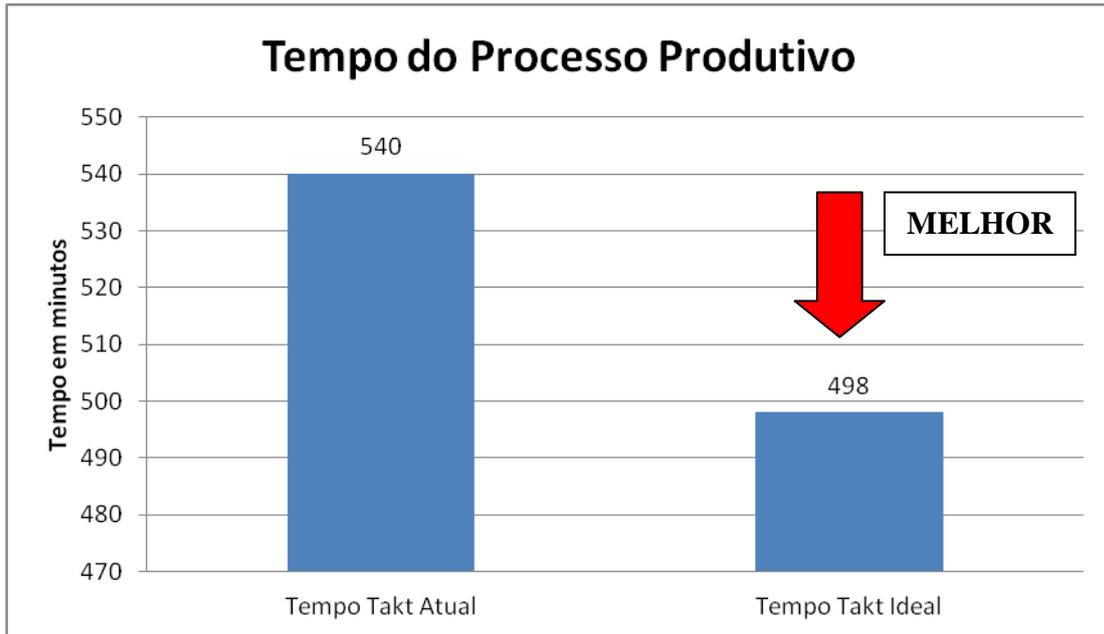


Figura 28: Reduzir o Tempo *Takt* da Linha
Fonte: Autor

3.8.1.4 ANALISAR A CAUSA RAIZ

Com os dados estratificados foi possível a elaboração de uma adaptação do diagrama de causa e efeito e 5W1H. Este possibilitou maior aprofundamento na análise das falhas e foram encontradas as causas raízes (Figura 29).

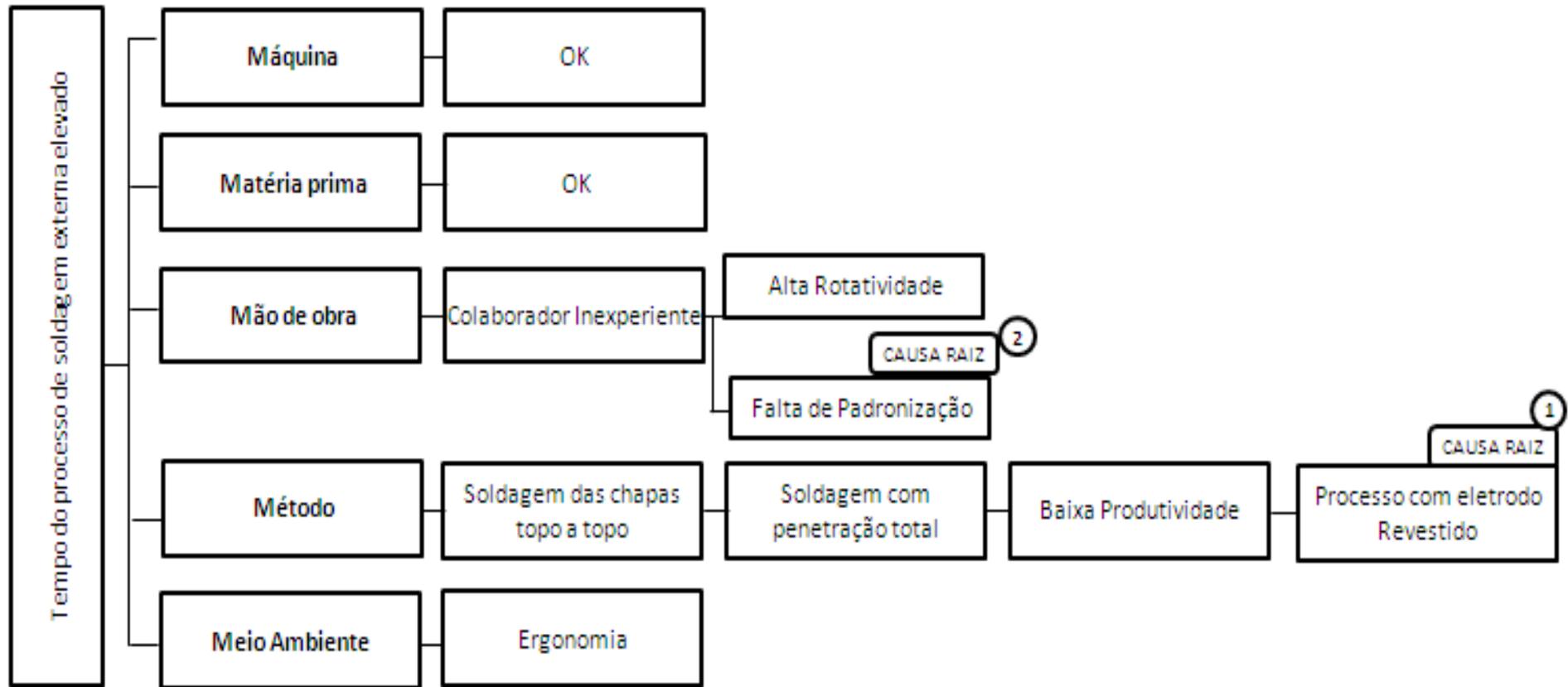


Figura 29: Adaptação Diagrama Causa e Efeito e 5W1H
 Fonte: Autor

3.8.1.5 DEFINIR AS CAUSAS RAÍZES

Através do Diagrama de Causa Efeito foram levantadas as seguintes causas raízes do problema:

1. Falta de Treinamento;
2. Processo de soldagem Manual (Eletrodo Revestido).

3.8.2 ETAPA (D)

Iniciou-se com a elaboração de soluções para o plano de ação e posteriormente seguiu com a aplicação das soluções no processo produtivo.

Contra Medidas		Responsável Área		Ano: 2013	
				Ago	Set
1.1	Avaliar a substituição do processo de soldagem Manual (Eletrodo Revestido).	Rafael Motta	Plan	←-----→	
			Real	←=====→	
2.1	Realizar treinamento para o novo processo de soldagem.	Rafael Motta	Plan	←-----→	
			Real	←=====→	

Tabela 3: Cronograma Contra Medidas
Fonte: Autor.

3.8.2.1 AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM

Embora o processo de soldagem MIG/MAG esteja plenamente consolidado em diversas áreas de aplicação na Noma do Brasil S/A, a posição de soldagem e a necessidade de alta penetração na solda externa do tanque cilíndrico, caracterizando uma junta de topo a topo, ainda é empregado o processo de soldagem Manual (Eletrodo Revestido). A baixa produtividade deste processo em relação ao MIG/MAG não se dá no período de arco aberto, e sim nos tempos secundários de remoção da escória e esmerilhamento de mordeduras junto às bordas da junta, se tornando 74,3% menos produtivo em relação ao processo semiautomático (MIG/MAG).

A fim de diminuir o Tempo *Takt* e visto que o processo de soldagem Manual (Eletrodo Revestido) foi realizado a mudança do processo de soldagem para o semiautomático avaliando os seguintes itens:

- Posição de soldagem;
- Penetração total.

De fato, os bons resultados tenham sido encontrados em campo (Figura 30) na Empresa Noma do Brasil S/A, os testes laboratoriais, para a melhoria no procedimento com o processo MIG/MAG foram realizado pela Empresa White Martins (Figura 31). O resultado foi positivo, obtendo-se uma penetração total da junta soldada, assim apontou-se para a aplicação da soldagem com transferência por curto-circuito com controle de corrente, no processo semiautomático (MIG/MAG).



Figura 30: Soldagem Processo Semiautomático (MIG/MAG)
Fonte: Autor.

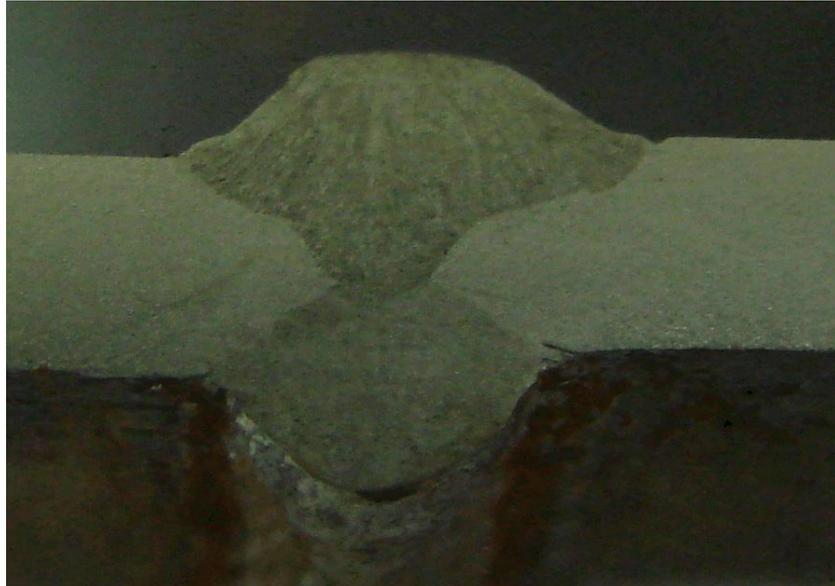


Figura 31: Ensaio Macografico Solda
Fonte: Autor.

O expressivo ganho que se obteve quando houve a adoção do processo MIG/MAG, uma vez que a soldagem e a inspeção de juntas exercem influência significativa sobre o cronograma físico e, como decorrência, na produtividade do processo. Mas existiram ainda barreiras difíceis de serem transpostas nesse intuito. Uma delas foi à necessidade de uma sinergia mais eficiente entre os soldadores especializados em soldas com eletrodo revestido para qualificá-los no processo semiautomático. Por isso, houve treinamento e uma conscientização efetiva dos soldadores.

3.8.2.2 TREINAMENTO

Foi realizado um treinamento (Figura 32) para os operadores e líderes sobre os novos padrões definidos.



Figura 32: Treinamento de Solda
Fonte: Autor

O treinamento explorou os tipos de processos de soldagem e a alteração aplicada no setor de tanques cilíndricos, ou seja, a substituição do processo de soldagem. Explicou-se como a adoção do parâmetro correto pode facilitar o processo de solda semiautomático (MIG/MAG).

3.8.3 ETAPA (C)

Com os dados previamente coletados nas etapas P e D foi realizado uma comparação para verificar se o plano de ação esta sendo cumprido e se necessita de alguma adaptação ou mudança.

3.8.3.1 RESULTADOS OBTIDOS

Com a mudança do processo de soldagem manual (Eletrodo Revestido) para o processo semiautomático (MIG/MAG) a meta estipulada para este trabalho foi atingida (Figura 34), o novo processo de soldagem foi acompanhado e aceito pela produção (Figura 35).

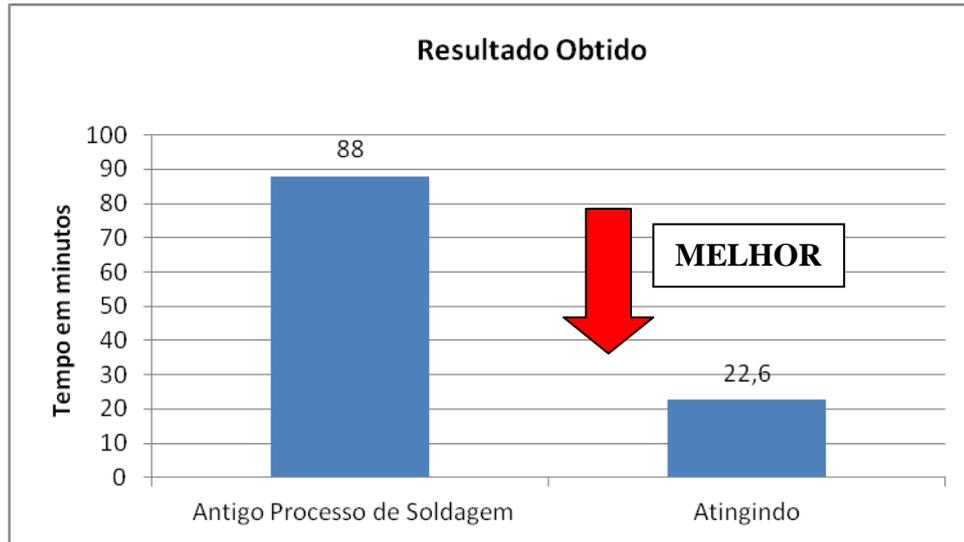


Figura 33: Redução do Tempo de Soldagem
Fonte: Autor.

Com o Resultado obtido de 22,6 minutos com o novo processo de soldagem, o processo de solda externa reduziu 12%, com isso o Tempo *Takt* da linha de tanques cilíndrico Noma do Brasil S/A, ficou em 498 minutos tempo ideal proposto pela Diretoria no *Hoshin Kanri* 2013.

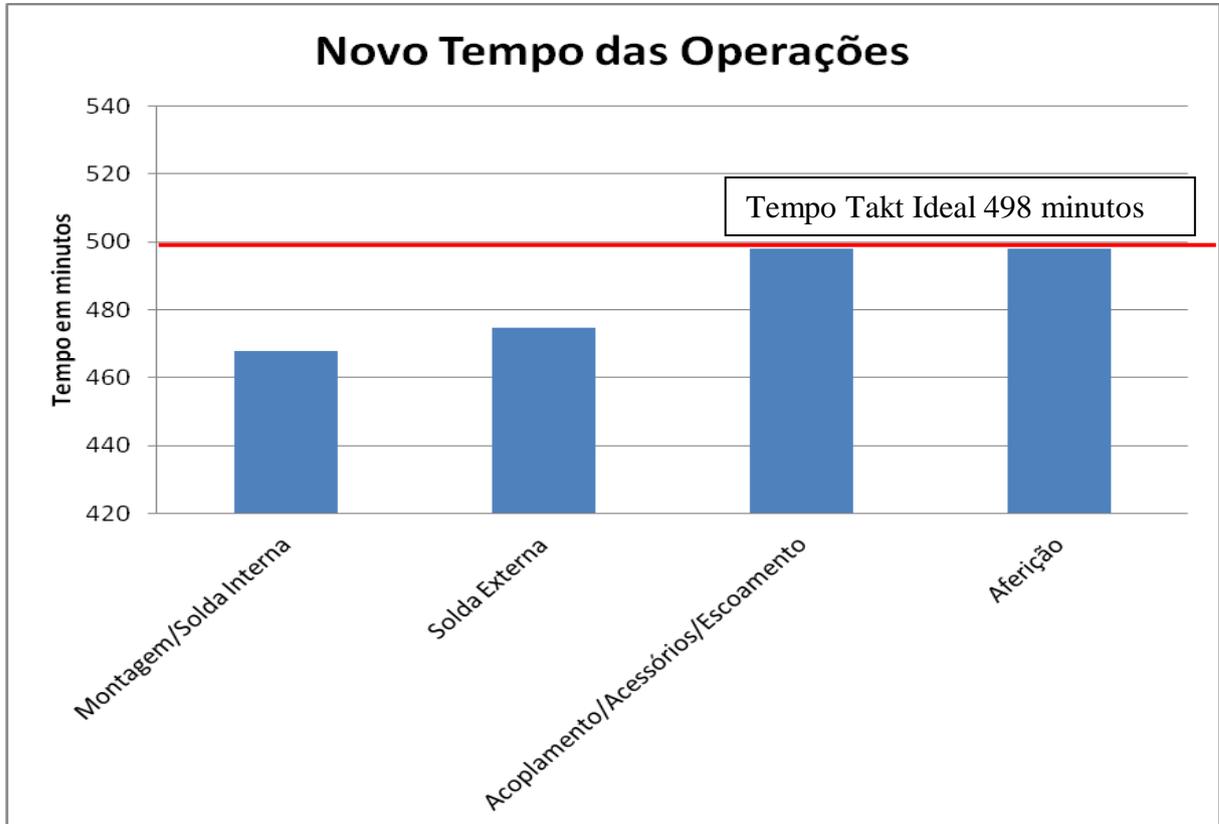


Figura 34: Resultado Obtido nos Processos
Fonte: Autor



Figura 35: Novo Processo de Soldagem (MIG/MAG)
Fonte: Autor.

3.8.4 ETAPA (A)

Após a etapa C confirmou-se que o plano de ação obteve melhorias, estas passaram a ser padronizadas e reproduzidas para outros processos.

3.8.4.1 PADRONIZAÇÃO

Para diversas aplicações, as normas relevantes exigem que, antes da execução da soldagem de produção, os procedimentos que serão adotados para a sua execução sejam especificados e testados (qualificados). Este processo visa demonstrar que, através do procedimento proposto, soldas adequadas, de acordo com os requisitos colocados pela norma ou estabelecidos em contrato, possam ser obtidas. Além disto, ele permite uniformizar e manter registro das condições especificadas de soldagem para controle do processo e eventual determinação de causas de falha.

A Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS) é um documento no qual os valores permitidos de diversas variáveis do processo estão registrados para serem adotados, pelo soldador ou operador de soldagem, durante a fabricação de uma dada junta soldada. Em geral, os códigos separam as diferentes variáveis do processo em variáveis de qualificação (ou essenciais), cuja alteração além de limites determinados pela norma implica na necessidade de

uma nova qualificação do procedimento, e em variáveis não essenciais, que podem ser alteradas sem a necessidade de uma nova qualificação.

Na soldagem a arco, variáveis do procedimento que podem fazer parte de uma EPS incluem, por exemplo, a composição, classe e espessura do(s) metal(is) base, processo(s) de soldagem, tipos de consumíveis e suas características, projeto da junta, posição de soldagem, temperatura de pré-aquecimento e entre passes, corrente, tensão e velocidade de soldagem, aporte térmico, número aproximado de passes, técnica operatória e características do tratamento térmico após a soldagem.

Naturalmente, a forma exata de uma dada Especificação de Procedimento de Soldagem e as variáveis por ela consideradas dependem do processo de soldagem usado e da norma técnica que está sendo aplicada. A Figura 36 mostra a Especificação do Procedimento de Soldagem simplificada da EPS.001/05 (Figura 37), homologada pelo Inspetor de Soldagem para o processo, implantado no setor de tanque para padronizar o processo semiautomático (MIG/MAG).

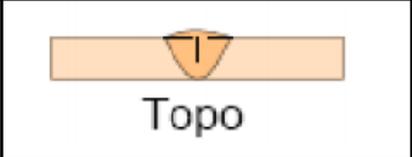
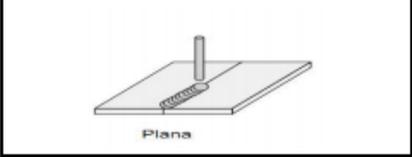
		EPS.EPC.001	
Referência - EPS 001/05		Setor: Tanque	Cópia Controlada: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Num.: 001
Processo de Soldagem	GMAW (MAG)	Tipo de Junta	Topo
Consumível AWS	Arame - ER 70 S6	 Topo	
Diâmetro	1,20 mm		
Corrente (A)	200 - 320		
Tensão (V)	22 - 27		
Vazão (l/min)	15 - 25	Posição de Soldagem	1G
		 Plana	
Analista Responsável: Rafael Motta Ramal 285		Data Implantação: 22/09/2013	

Figura 36: Especificação do Processo de Soldagem Simplificado
 Fonte: Autor.

A EPS.EPC.001 foi implantada no setor de tanques de forma simplificada, de forma que o procedimento original fique arquivado na documentação da Engenharia de Processos Noma do Brasil S/A.



NOMA DO BRASIL S.A.

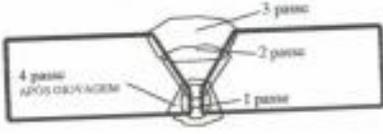
ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM				EPS Nº 001/05			
				Data: 19/11/2005			
				Rev.2			
EMPRESA: Noma do Brasil S/A							
Processo de Soldagem: OMAW (MAG) Tipo: Semi-Automático ROPS de suporte: 00105		DETALHE DA JUNTA 					
PROJETO DA JUNTA Tipo: Soldagem por um lado <input type="checkbox"/> Cobre junta: Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Geivagem da raiz: sim <input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> Ângulo do Chanfro: 50° Abertura da Raiz (mm): 3 Face da Raiz(mm): 2,5		Tipo: Soldagem pelos dois lados <input checked="" type="checkbox"/> Material: - Método: Esmerilhamento					
METAL DE BASE							
Especificação, tipo e grau: LN 20 P-Nº: 1 Outros: Material Fornecido pelo Cliente		Com LN 20 Com P-Nº: 1 Grupo Nº: 1 Ângulo: limitado					
Faixa de espessura do metal base (mm): 3 até 13 Chanfro:		CONSUMÍVEIS					
Especificação SFA: 5.18 Classificação AWS: ER 70 S6 Marca Comercial dos consumíveis: EDAB Faixa de Espessura depositada (mm): 3 até 13 Outros:		F-Nº: 1 Fluxo: A-Nº: 1 Ângulo: limitado					
Pré-Aquecimento							
Temperatura Mínima de Pré Aquecimento (°C): N/A Manutenção do pré aquecimento (°C):		Temperatura de Interpasse (°C): N/A Outros:					
Posições							
Posição de Soldagem: 1G		Progressão de Soldagem: Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente <input type="checkbox"/> NA <input checked="" type="checkbox"/>					
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS							
Tipo de Corrente e Polaridade: Tipo de Transferência para GMAW "Heat Input" máxima (kJ/cm):		Eletrodo de Tungstênio: Diâmetro (mm): N/A Tipo: - Outros:					
Técnica							
Passe Retilíneo ou oscilado: Passe simples ou múltiplo por lado: Número de Eletrodos: Distância do bico à peça (mm) Limpeza inicial e entre passes: Remoção da Raiz		Oscilação: Largura máxima de cordão: Espaçamento entre eletrodos (mm) Martelamento: Outros: Método de remoção de raiz:					
Raiz: Múltiplo Esmerilhamento/Excavamento: Sim		Excavamento: Não Esmerilhamento					
Gás de Proteção							
Gás de Proteção / Composição: Gás de Purga / Composição:		75% Ar - 25% CO2 N/A Vazão (l/min): 15 - 25 Vazão (l/min): Ø do bocal (mm): 15					
Tratamento Térmico							
Temperatura (°C): N/A		Tempo: N/A					
		Consumível		Corrente		Tensão (V)	Velocidade (cm/min)
Passe ou Camada	Processo	Classificação AWS	Ø (mm)	Tipo	(A)		
Todos	GMAW	ER 70 S6	1,2	CCEP	200 - 320	22 - 27	15 - 28
EPS Elaborada de acordo com: ASME IX - 2001 edição 2002 Observações: Solda Realizada com ângulo de deslocamento negativo					INSPEÇÃO		
EMPRESA		Mário Alberto Mendes Inspetor de Soldagem Nível 2 FBTS IS-0064N2 AWS CAWI-06070774					
Rodovia BR 376 - Km 415 - Sarandi - Pr. Fone(44) 3264-8000							

Figura 37: Especificação do Processo de Soldagem Original
 Fonte: Autor.

4. CONCLUSÃO

Com a comparação realizada entre as tecnologias de solda, foi constatado que a melhor tecnologia de solda é a semiautomática (MIG/MAG). Com os estudos realizados evidenciou-se que é possível reduzir em até 74,3% o tempo de solda de união dos anéis do tanque.

Ao final do trabalho foi possível observar que as ferramentas da qualidade foram muito úteis para a resolução dos problemas encontrados. Diagrama de Pareto, diagrama de causa e efeito, 5W1H, entre outras, foram utilizadas para avaliar, priorizar e solucionar as falhas ocorridas no processo de soldagem. Em especial o ciclo PDCA se mostrou extremamente importante para a estruturação de todo o trabalho, por meio dele foi possível visualizar e seguir uma sequência lógica para os eventos.

Foi possível estudar os processos de soldagem para cada tipo de junta e espessura de chapas. Desta forma será possível o uso do correto procedimento de soldagem, processo de soldagem semiautomático (MIG/MAG), e o desenvolvimento de todas as montagens que passam pelo mesmo processo. A melhoria teve enorme importância, e reduziu em 10,85% o Tempo *Takt* da linha de montagem do implemento rodoviário tanque cilíndrico.

Após a definição dos parâmetros e procedimentos corretos foi instruído os operadores com o intuito de disseminar as conclusões obtidas e esclarecer sobre as melhorias que iriam ser executadas. Vale ressaltar que houve grande colaboração dos operadores e líderes com os testes que foram feitos e também com o conhecimento e experiência para a visualização dos problemas analisados.

4.1 DIFICULDADES E LIMITAÇÕES

A principal limitação encontrada durante o desenvolvimento do estudo de caso foi à falta de tempo destinado à realização da pesquisa, para obtenção dos dados e das informações. As tarefas diárias ocupavam todo o tempo que permanecia na fábrica, o que fez com que precisasse ficar horas a mais da carga horária de trabalho.

Outra dificuldade encontrada foi à falta de interesse do corpo gerencial da empresa com a pesquisa naquele setor. Sendo um dos setores com menor produtividade. O corpo gerencial o via como um processo simples e que não necessitasse de mudança, o que desvalorizava o desenvolvimento da pesquisa.

4.2 TRABALHOS FUTUROS

A empresa deve realizar o acompanhamento da implantação, checando os pontos de tramites e as dificuldades e se necessário criar alguma alternativa ou adequação ao o que foi proposto. A empresa também deve acatar a outras inovações, implementando o que foi proposto, sempre buscando uma melhoria contínua dos funcionários e do processo.

Caso a demanda determinada pelo cliente seja alterada, deve-se reaver o pensamento relacionado ao Tempo de Ciclo e ao Tempo *Takt*, tentando sempre mantê-los próximos. As alternativas seriam: otimizar o processo diminuindo o tempo de ciclo, procurar a automatização do processo, ou então aumentar o número de funcionários, expandir a carga horária, ou turnos.

A organização também poderia analisar a implantação da filosofia de Manufatura Enxuta em outros setores da fábrica, buscando a redução de desperdícios de toda a fábrica e não de apenas um setor. Além disso, ela deveria definir estratégias para mudança de cultura interna empresarial e melhoria do clima organizacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. F. **O método de melhorias PDCA**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BJUR, Wesley; CARAVANTES, Geraldo Ronchetti; CARAVANTES, Cláudia Born. **Administração e qualidade – A superação dos desafios**. São Paulo: Editora Makron Books, 1997.

CANETTI apud (WAINER et al., 2004. P. 450).

CANTIDIO, S. Takt Time e Tempo de Ciclo. Disponível em:

<<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/takt-time-e-tempo-de-ciclo/30425/>> Acesso em 1.junho 2013.

CÉSAR, F. I. G., **Ferramentas Básicas da Qualidade: instrumento para gerenciamento do processo e melhoria contínua**. São Paulo: Biblioteca 24 horas, 2011.

COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI; **Controle Estatístico de Qualidade**. 1º Edição, Editora Atlas, São Paulo, 2004.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC – Controle de qualidade total**. 8. ed. Nova Lima: Editora INDG, 2004.

ESAB. **Apostila dos Processos de Soldagem Eletrodos Revestidos**. Disponível em: <http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/biblioteca/upload/1901097rev0_ApostilaEletrodosRevestidos.pdf> Acesso em: 1.junho.2013.

ESAB. **Apostila dos Processos de Soldagem MIG/MAG**. Disponível em: <http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/biblioteca/upload/1901104rev0_ApostilaSoldagemMIGMAG> Acesso em: 1.junho.2013.

FALCONI, V.C.; **Controle da Qualidade Total – No estilo japonês**, 2º Edição, Editora INDGTecs, Nova Lima, 1992.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

GOMES, M. B. **Conceitos de Custos, reformulado**. 2009. Disponível em: <<http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/3853/material/Conceito%20de%20custos,%20reformulado.doc>>. Acesso em 01 de Junho de 2013.

HOULDCROFT apud (WAINER et al., 2004. p. 02).

ISHIKAWA, K. **Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa**; Tradução de Liana Torres. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

IBRACON. **NPC 14 - Receitas e Despesas**. Disponível em: <<http://www.ibracon.com.br/ibracon/Portugues/detPublicacao.php?cod=143>> Acesso em: 1.junho.2013.

KUME, Hitoshi; **Métodos Estatísticos para a Melhoria da Qualidade**. 3º Edição, Editora Gente, São Paulo, 1993.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

LEME, Rui Aguiar da Silva. **Controles na produção**. 2. ed. São Paulo: Editora Pioneira, 1973.

MIRANDA, D. **Cronoanálise e o Lean Manufacture**, 2012. Disponível em: <<http://www.artigonal.com/ciencias-artigos/cronoanalise-e-o-lean-manufacturing-97751.html>> Acesso em 01 jun. 2012.

LINS, Bernardo Estellita. **Ferramentas básicas de qualidade**. 1993. Disponível em: <<http://www.belins.eng.br/ac01/index.htm>>. Acesso em: março de 2013.

PONOMAREV, Vladimir; SCOTTI, Américo. **Soldagem MIG/MAG: melhor entendimento, melhor desempenho.** São Paulo: Editora Artliber Ltda., 2008.

RITZMAN, L.P.; KRAJEWSKI, L.J.; **Administração da Produção e Operações**, 1. ed. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2004.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2002.

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

TAGUCHI, G.; ELSAYED, A. E.; HSIANG, T. **Taguchi Engenharia da Qualidade em Sistemas de Produção.** São Paulo: McGraw Hill, 1990.

TECCO, D. T., Processo de soldagem com eletrodo revestido. In: WAINER, Sérgio Duarte;

MELLO, Fábio Décourt Homem; WAINER, Emílio. **Soldagem – Processos e Metalurgia.** 4. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2004.

VEIGA, Emilio. **Processos de soldagem – Eletrodos revestidos.** 21. ed. São Paulo: Editora Globus, 2011.

WAINER, Sérgio Duarte; MELLO, Fábio Décourt Homem; WAINER, Emílio. **Soldagem – Processos e Metalurgia.** 4. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2004.

WERKEMA M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

WOMACK J.P. ; JONES D.T, **A Mentalidade Enxuta nas Empresas Lean Thinking: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza,** Campus/Elsevier, 2003, 408p.