



Análise de Falhas no Processo de Soldagem a Arco Submerso: Uma Integração com as Ferramentas e Controles da Qualidade.

Ruan Carlos de Almeida dos Santos
ruancarlos.almeida@gmail.com
POLI- USP

Raysa dos Santos Silva
raysa.santos14@hotmail.com
UBM

Resumo: Este artigo aborda algumas práticas de controle de qualidade para fabricação de equipamentos aplicados na indústria de Óleo e Gás. Através de análises estatísticas dos dados de qualidade para a soldagem a Arco Submerso, procurou-se determinar e quantificar as principais não-conformidades presentes no processo. Para determinar e quantificar as principais não-conformidades encontradas na soldagem, foram realizados os ensaios de Raio X e Ultrason. Na sequência, aplicou-se a utilização das ferramentas da qualidade, Brainstorming, Diagrama de Causa e Efeito ou diagrama de Ishikawa para análise de falhas relacionadas às não-conformidades. Finalmente, o método de Diagrama de Pareto e a Carta de Controle, foram utilizados na elaboração de propostas para solucionar as causas principais das falhas responsáveis pelas não-conformidades no processo de soldagem. Com a utilização destas ferramentas foi possível determinar e a realizar uma análise de tendência do processo produtivo, propor melhorias contínuas e ainda apresentar os custos de má qualidade no processo.

Palavras Chave: Processos de Soldagem - Controlada qualidade - Análise de Falhas - Óleo e Gás -



1. INTRODUÇÃO

O processo de produção naval consiste de quase 80% em atividade de soldagem propriamente dita, e sendo um segmento de valor agregado, o grau de exigência quanto ao atendimento às normas é considerado elevado (FEDELE, 2000).

Diante do grande crescimento previsto das atividades de exploração de petróleo para os próximos anos, de acordo com Thomas (2001) tanto no pré-sal quanto nas demais áreas onde ela já opera, a Petrobrás tem implementado os recursos programados em seu Plano de Negócios (2012), construções de Plataformas de Petróleo e equipamentos para sua exploração.

Segundo Slack (2000) a administração da qualidade não é mais vista somente como uma área operacional, mas sim, estratégica na empresa, devendo envolver todos os funcionários e diretores para um bom controle e garantia, promovendo uma contínua otimização dos processos e, conseqüentemente, um aumento dos lucros.

Uma forma de garantir a qualidade e garantir que um determinado projeto seja realizado da melhor maneira possível, de acordo com Liker (2007), é estabelecido pelos padrões de qualidade a padronização das atividades. Esta padronização aliada com o uso de ferramentas para análise de dados de qualidade assim como análises de falhas são excelentes formas de direcionar ações visando o aumento da qualidade dentro da empresa, servindo como um guia estratégico para garantir produtos em conformidades com as especificações de projeto.

De acordo com a Associação Brasileira de Ensaio Não-destrutivos e Inspecção (2010), os Ensaio Não-Destrutivos (ENDs) são importantes ferramentas técnicas utilizadas na inspeção de equipamentos e materiais nas etapas de produção, construção e montagem sem danificar os mesmos. E são essas técnicas que auxiliam no controle de qualidade, que vão assegurar a qualidade, reduzir risco de perda e contribuem para atestar a confiabilidade do produto final. Os exemplos de ENDs mais utilizados na indústria são inspeção visual, líquido penetrante, partícula magnética, ensaio de ultrassom e raio-X.

A pesquisa realizada neste artigo é exploratória, fundamentada em um estudo de caso de uma empresa do setor de Óleo e Gás. De acordo com Siqueira (2005), podemos conceituar uma falha, quando a capacidade de um item ou equipamento em desempenhar uma função requerida ou esperada é interrompida ou alterada por fatores externos ou internos. Foi abordado neste estudo algumas práticas de controle da qualidade para fabricação de equipamentos que utilizam em seu processo de produção, processos de soldagem.

No estudo de caso serão apresentadas análises estatísticas dos dados de qualidade para o principal processo utilizado na fabricação dos equipamentos, o processo de soldagem a Arco Submerso, com nome proveniente do inglês, Submerged Arc Welding (SAW). Para determinar e quantificar as principais não-conformidades presentes no processo de soldagem, foram utilizados os ensaios de Raio X e Ultrason.

Na sequência, aplicou-se a utilização das ferramentas da qualidade, Brainstorming, Diagrama de Causa e Efeito ou diagrama de Ishikawa para análise de falhas relacionadas às não-conformidades. Finalmente, o método de Diagrama de Pareto e a Carta de Controle, foram utilizados na elaboração de propostas para solucionar as causas principais das falhas responsáveis pelas não-conformidades no processo de soldagem. Com a utilização destas ferramentas foi possível determinar e a realizar uma análise de tendência do processo produtivo, propor melhorias contínuas e ainda apresentar os custos de má qualidade no processo.



2. MATÉRIAS E MÉTODOS

O método de pesquisa escolhido para este trabalho foi o estudo de caso. Utiliza-se esse método, quando se deseja saber como e porque um fenômeno ocorre. De acordo com Yin (2001), a definição de estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

Será feita uma investigação sobre algumas práticas de controle da qualidade de equipamentos da indústria de Óleo e Gás, que utilizam processos de soldagem em sua fabricação.

Em função da não autorização da direção da empresa, e para sua preservação e integridade, a mesma não poderá ser mencionada no presente trabalho.

2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM E METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DOS DEFEITOS

A figura 1 apresenta o processo de soldagem utilizado e a configuração da junta. Para determinar e quantificar as principais não-conformidades presentes no processo de soldagem, foram utilizados os ensaios de Raio X e Ultrason conforme apresentado na Tabela 1.

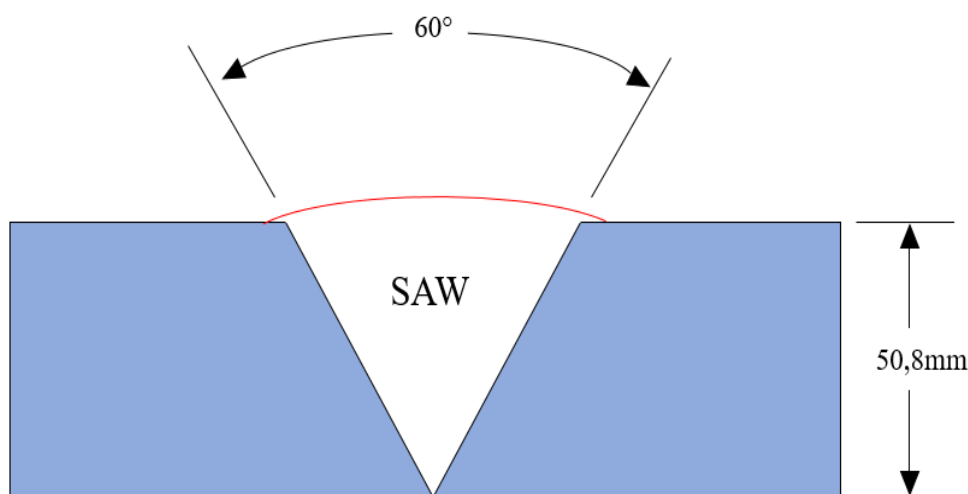


Figura 1: Configuração da junta soldada.

Fonte: Os autores

Tabela 1: Ensaios realizados.

Tipo de Ensaio	Norma de Referência	Inspeção (%)
Raio X	<i>ASME VIII Div 1 & 2</i>	100
Ultrason	<i>ASME VIII Div 1 & 2</i>	100

Fonte: Os autores



2.2. COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada através do histórico de não conformidades registrado em formulários de RNC (Relatório de Não-Conformidade). Foi realizado levantamento dos dados de não conformidades (NC), formais notificadas pelo setor e compilado numericamente, sendo classificados conforme seu modo de falha para que fosse possível chegar a principal causa da não conformidade.

Para definir qual setor teria a integração da qualidade com a engenharia para solucionar possíveis problemas de qualidade, foi utilizado um gráfico de pareto para verificar qual a área causadora do maior número e custo direto de não-conformidades.

2.3. FERRAMENTAS PARA O CONTROLE DE QUALIDADE E ANÁLISE DE FALHAS

Na sequência serão apresentadas as principais ferramentas da qualidade, utilizadas para a realização das análises de falhas relacionadas às não-conformidades no processo de soldagem:

- Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama de Ishikawa;
- Brainstorming;

Uma vez determinadas e quantificadas as não-conformidades presentes em um processo ou produto, por meio do uso das ferramentas acima citadas para o controle da qualidade, pode proceder-se à análise das causas e efeitos delas.

A cada não-conformidade encontrada, estas estão associadas a diversos Modos de Falhas na Análise e também em diversos Modos de Falhas e Efeitos.

2.4 ANÁLISE DE DADOS

Através da coleta e compilação dos dados de não conformidade, foram aplicadas as ferramentas para a detecção dos principais modos de falhas registrados.

Com os dados obtidos recorreu-se a metodologia de Melhoria Contínua para apresentar propostas que contribuam para a melhoria da qualidade e redução dos custos de falhas gerados pela não qualidade. Apresentadas da seguinte forma;

- Gráfico ou Análise de Pareto;
- Gráfico de Controle;
- Benefícios Alcançados
- Proposta de melhoria Contínua

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. COLETA DE DADOS

A Figura 2 apresenta o gráfico de Pareto com todos os setores da empresa e o número de não-conformidades e seu custo.

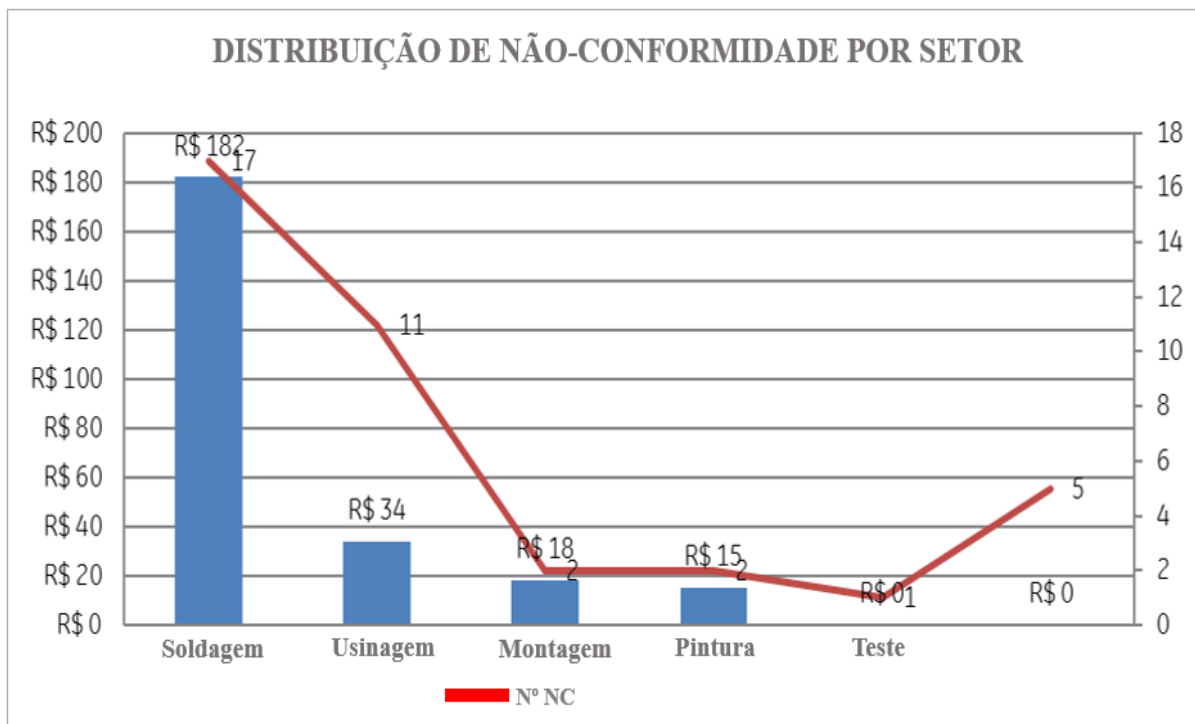


Figura 2: Gráfico de distribuição de não-conformidade por setor.

Fonte: Os autores

Pode ser verificado neste gráfico que a principal área causadora de não-conformidade e com o maior custo é o setor de soldagem.

Este fator de custo elevado, pode estar relacionado, devido que, a maior parte das inspeções é executada pelo Inspetor de Solda Nível I ou pelo próprio Soldador ou Operador de Soldagem. Além destes, algumas inspeções são realizadas pelo Inspetor de Ensaio Não-Destrutivo e em laboratórios de ensaios mecânicos fora da empresa.

O valor apresentado na pesquisa é uma estimativa de custo levantado através de pesquisa de mercado para todos os processos. Considerar o valor por hora trabalhada e multiplicar o valor por mil.

Outro fator que pode estar relacionado com o alto custo do setor de soldagem, é que o processo de soldagem tanto manual como o semiautomático sofre interferência do soldador e seu julgamento é fundamental na mudança ou correção da soldagem durante a execução, fazendo com que a mão-de-obra seja muito específica. Com o advento da informática, a sua aplicação neste processo surgiu com o objetivo de incrementar a produtividade e melhorar a qualidade de uma empresa. Sendo que a sua aplicação exige na maioria dos casos a adequação dos procedimentos operacionais da empresa à nova realidade a ser implantada.

Devido a este fator, o controle da qualidade é um processo abrangente, sendo que a inspeção da qualidade é uma atividade que o integra, e a atividade de inspeção é a mais importante do sistema de avaliação da qualidade de um processo industrial. Na prática, a qualidade do processo de soldagem pode ser controlada por meio de três etapas de inspeção: antes, durante e após a realização da soldagem, sendo assim, o processo de soldagem dentre os processos da empresa se torna o de maior custo efetivo.

Para determinar qual processo seria analisado, utilizou-se o gráfico de Pareto para verificar qual o processo teria o maior custo de não-conformidade e o maior número de não-conformidade. A Figura 3 apresenta o gráfico de Pareto com os processos.

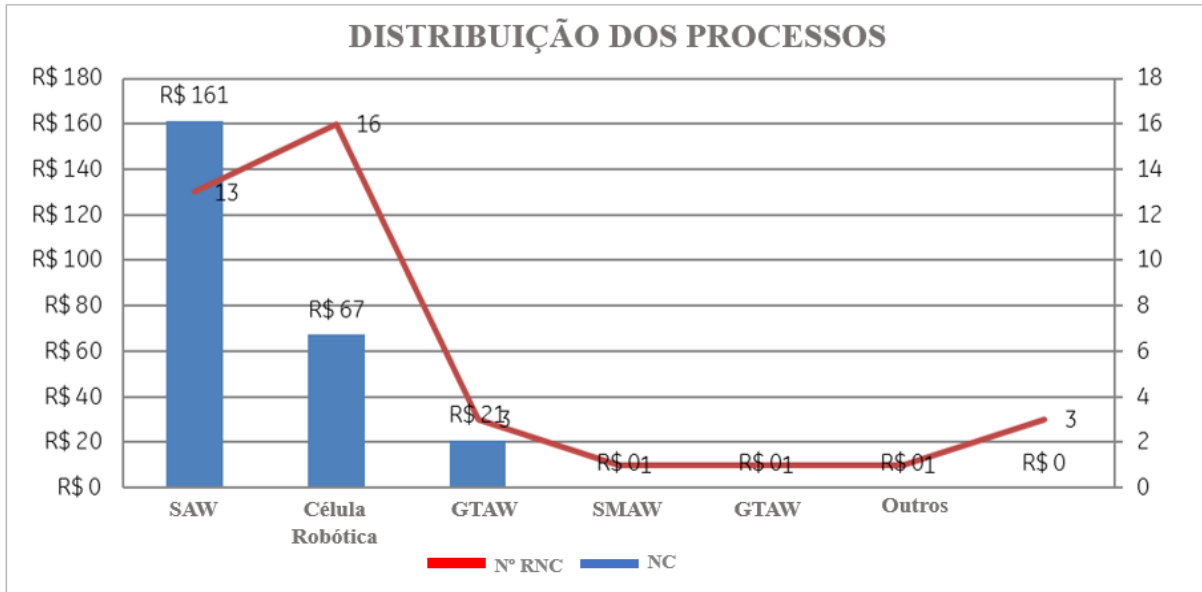


Figura 3: Gráfico distribuição dos processos.
Fonte: Os autores

Os dados de qualidade do processo de soldagem (SAW) em estudo, foram obtidos a partir dos relatórios padronizados de Ultrason e RX, na inspeção de qualidade da solda efetuada. Após a coleta de dados, foram determinadas as não-conformidades presentes no processo de soldagem estudado. A solda foi rejeitada em ambos os ensaios, a localização e tipo de defeito são apresentados conforme Figura 4.

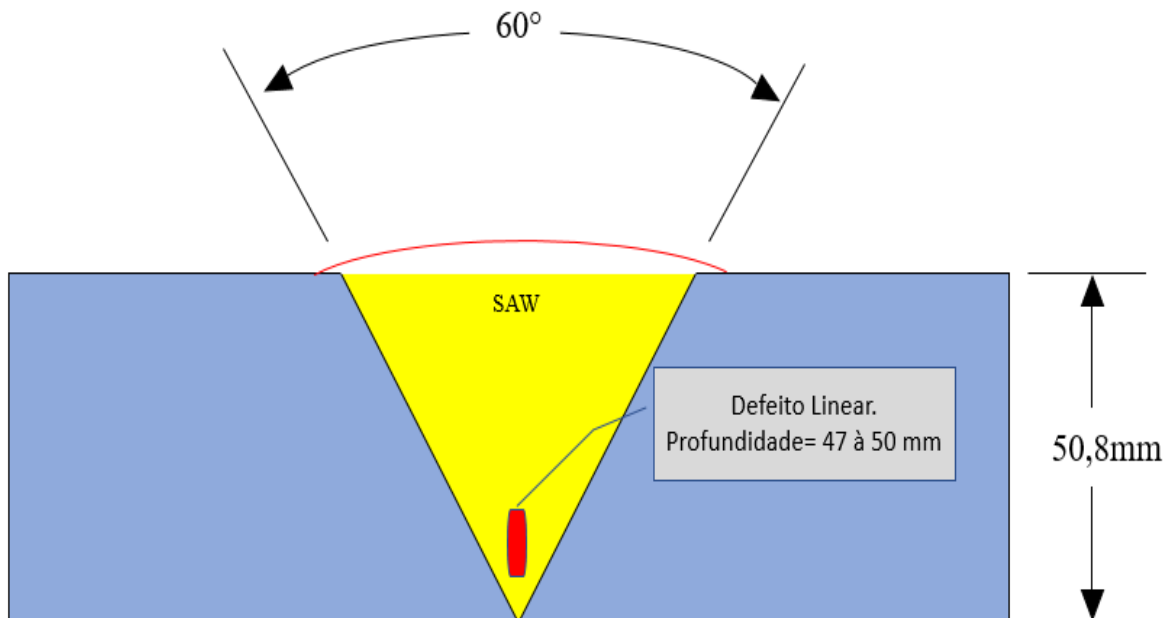


Figura 4: Profundidade e tipo de defeito.
Fonte: Os autores

A Tabela 2 apresenta os dados e as não-conformidades verificadas após as inspeções.



Tabela 2: Dados e Análise das Não-Conformidades.

Definição do problema	Correção	Contenção
Desvio: Foram detectadas através do ensaio de Gamagrafia indicações lineares relevantes. Após a inspeção de Gamagrafia, foi realizado o ensaio por Ultrason, que identificou os defeitos com profundidade variando entre 47 a 50mm e reprovadas.	Retrabalhado conforme laudo da Engenharia	Próxima Soldagem será acompanhada pela Engenharia. Para as demais soldagens, será realizada uma mudança na sequência de preparação e Soldagem do processo.

Fonte: Os autores

Pode ser verificado conforme a Tabela 2, para que o problema não ocorresse novamente, foi definido ações de correção e contenção do problema. Esta definição foi proposta pela área de Qualidade junto com a área de Engenharia. Os dados de qualidade do processo de soldagem após as ações de correção e contenção, foram discutidos diretamente com os envolvidos utilizando a ferramenta Brainstorming.

3.2. BRAINSTORMING

Por meio de brainstormings, com os operadores de soldagem, supervisores do setor da empresa, incluindo a participação do gerente de produção e a participação da engenharia, foram determinadas as próximas atividades de investigação da causa do problema. Foram levantados possíveis fatores conforme Tabela 3, que podem gerar não-conformidades durante o processo de soldagem

Tabela 3: Brainstormings.

Brainstorming Soldagem
Seletor frágil de modificação do programa
Programa da máquina sem padrão definido
Máquina com problema no meio do processo, falta definir tempo para manutenção corretiva
Selecionado o programa errado
Utilizado programa com polaridade negativa, fora do especificado pela engenharia

Fonte: Os autores

Após a implantação da ferramenta brainstormings, a equipe responsável pela qualidade pôde tomar conhecimento que entre todos os defeitos ocorridos, a maior parte se encontrava ou era proveniente da falta de manutenção e treinamento na utilização da máquina. Dentre os defeitos ocorridos no setor, o principal deles era a falta de padronização e treinamento do processo.



Nesta etapa, os responsáveis pela equipe de melhoria buscam diagnosticar qual é a causa raiz do problema, bem como o propósito de prevenir à reprodução dos resultados não esperados. Para isso foi elaborado um diagrama de Ishikawa para analisar as possíveis causas e assim elaborar alternativas para a solução do problema.

3.3. DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO OU DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Com o diagrama de Ishikawa elaborado e por meio de reuniões de brainstorming, todos os envolvidos puderam discutir e investigar a causa desse defeito. Com base no Ishikawa, apresentado na Figura 5, foi proposta a solução para o problema defeito linear ou defeito volumétrico. Por meio de reuniões, foi possível chegar a soluções para a redução do defeito.

Entre todas as sugestões e ideias, a mais aceita e que seria implantada, foi a de selecionar o programa errado, seletor do programa frágil, ou seja, podendo o mesmo ser modificado com facilidade e a falta de manutenção preventiva das máquinas de solda.

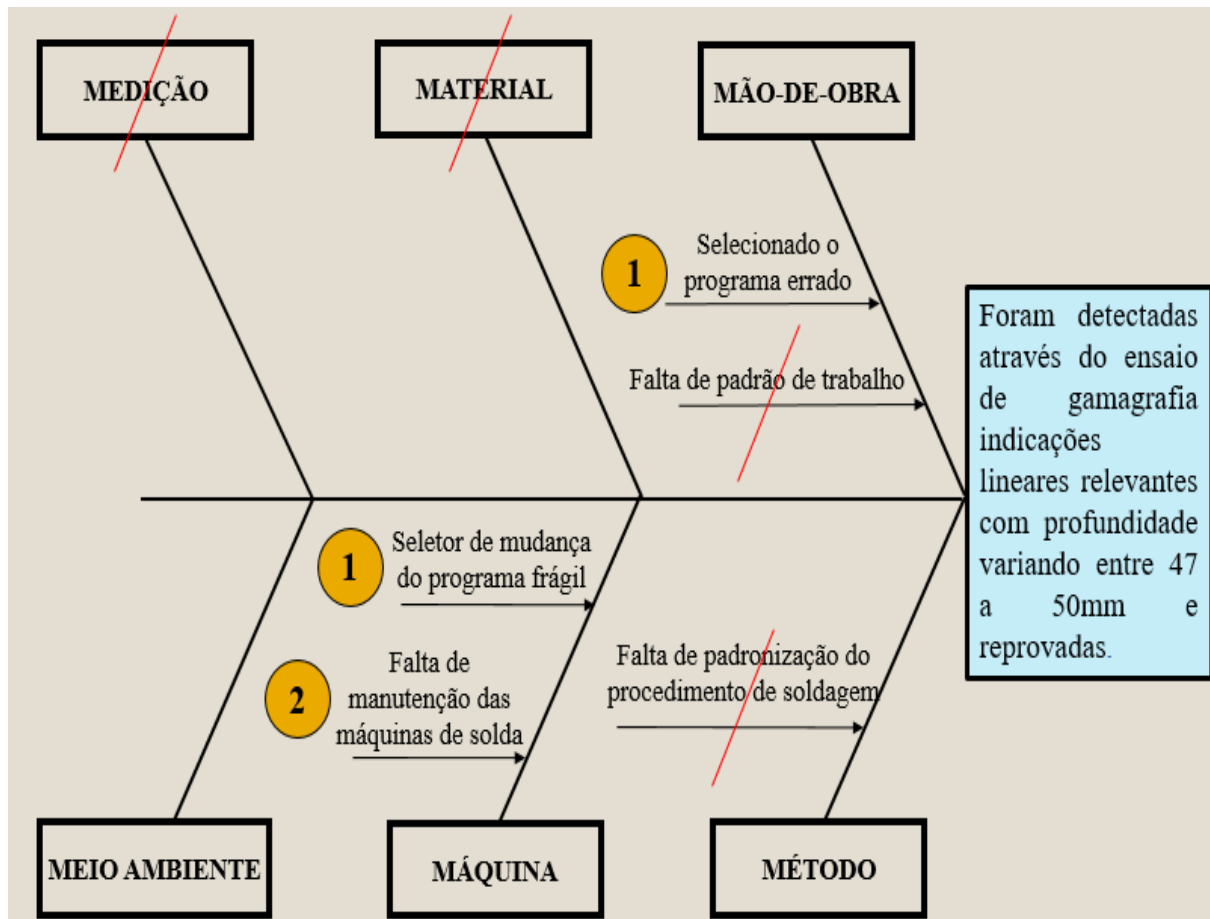


Figura 5: Diagrama de Ishikawa.

Fonte: Os autores

Com base no diagrama de Ishikawa, Figura 3, foi determinado pela qualidade e engenharia que seriam escolhidas as três ações de rápida, fácil implementação e resolução. Foi estabelecido um Plano de Ação, conforme demonstrado a seguir, e as ações foram resolvidas utilizando as seguintes sistemáticas:



- 1) **Programa selecionado errado:** Ação – Treinamento fornecido pelo fabricante sobre a utilização e manuseio do equipamento e máquina de soldagem.
- 2) **Seletor de mudança do programa frágil:** Ação – Bloqueado os programas que não são utilizados no processo e solicitado ao fabricante da máquina uma solução de engenharia para melhorar o seletor do programa.
- 3) **Falta de manutenção da máquina de solda:** Ação – Solicitado a área de manutenção, que a mesma realize manutenções periódicas e reveja o intervalo de tempo para a manutenção preventiva dos equipamentos.

Foi estabelecido que após a implementação do Plano de Ação, será realizada uma nova inspeção no processo para demonstrar que os requisitos básicos da qualidade estão sendo atendidos, fazendo parte da sistemática de trabalho da empresa. Ao realizar uma nova inspeção do processo de soldagem, após o estudo, foi identificado de acordo com a tabela 4 outros defeitos provenientes do processo de soldagem.

Tabela 4: Novos defeitos do processo de soldagem.

Defeito	Problema	Responsável	Status
Falta de fusão	Descontinuidade proveniente da soldagem, falta de fusão	Engenharia	Em processo
Falta de fusão e porosidade	Durante o ensaio de ultrassom foi detectado falta de fusão na junta	Engenharia	Em processo
Falta de fusão	Repetibilidade dos problemas com falta de fusão	Engenharia	Em processo
Falta de fusão	Foram detectadas e reprovadas descontinuidades provocadas pela soldagem, falta de fusão. na junta	Engenharia	Em processo
Falha de solda	Falha de solda após usinagem final	Qualidade	Em processo

Fonte: Os autores

3.4 ANÁLISE DE DADOS

Para verificar o efeito das ações corretivas, os dados foram analisados durante um período de quatro meses, conforme Figura 6.

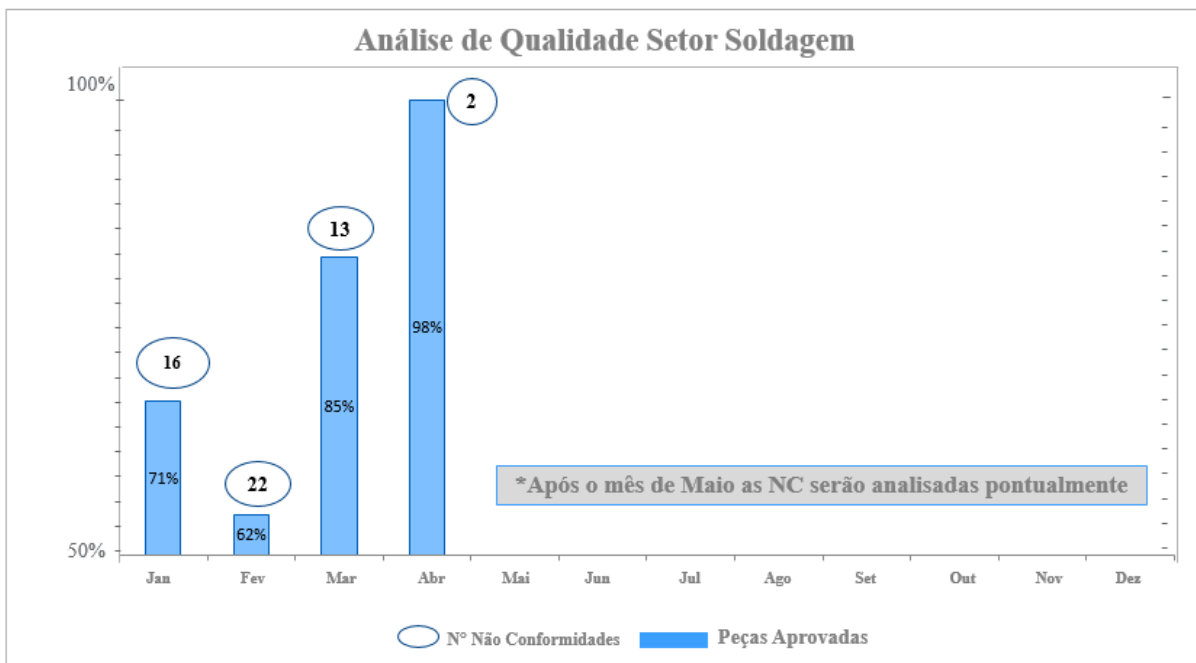


Figura 6: Diagrama de Ishikawa.

Fonte: Os autores

Com a aplicação de todas as ações corretivas que foram propostas durante a aplicação do diagrama de Ishikawa, o número de não-conformidades no processo de soldagem sofreu uma significativa redução, isto pode ser observado a partir dos indicadores demonstrados do mês de Janeiro e posteriores.

Após a aplicação das ações, a área de qualidade sugeriu que fosse estabelecido uma meta para verificar a eficácia das ações. A figura 7 apresenta os resultados.

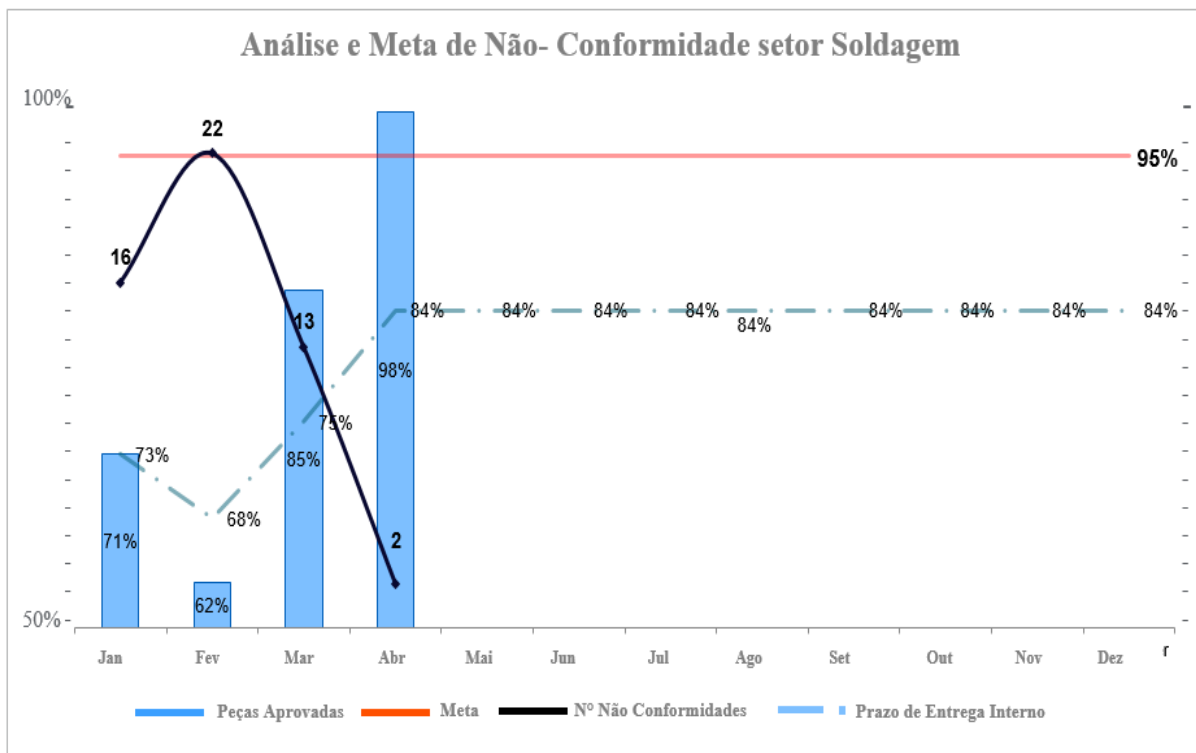


Figura 7: Gráfico de meta e análise.

Fonte: Os autores



Ao analisar o gráfico da Figura 7, foi possível verificar que a partir do mês de abril, a meta estabelecida pela área de qualidade foi atendida, isso foi possível porque as ações de melhorias propostas foram executadas e implementadas no processo.

A diminuição do número de não-conformidade foi a responsável por contribuir para que a meta de qualidade fosse alcançada. A meta estabelecida de 95%, foi em função do processo de soldagem, visto que, o processo depende muito do fator humano, sendo assim, a empresa definiu junto com a área de qualidade, uma meta que fosse possível de ser alcançada.

Podemos observar no gráfico da Figura 7, que o prazo de entrega para o mesmo mês (Abril), tornou-se possível, sendo que, uma vez controlada a qualidade do produto, é possível estabelecer metas de qualidade e prazo de entrega.

Através do gráfico, pode-se observar que além da meta de qualidade, é possível estabelecer novos desafios uma vez que o processo esteja controlado.

4. CONCLUSÃO

Após o uso das ferramentas da qualidade tais como: Diagrama de Causa e Efeito e Pareto, conseguiu-se de forma sistemática, lógica e rápida a identificação da causa raiz e a solução definitiva do problema. Notou-se de que, o fato de paralisar o processo produtivo, reunir todos os envolvidos e desenvolver uma lista de hipóteses possíveis, promoveu oportunidades de controle que antes não era aplicado.

O presente trabalho demonstrou que a utilização das ferramentas da qualidade podem promover benefícios associados ao processo, bem como solução de problemas diários que afetavam a entrega do produto no prazo, Redução da quantidade de defeitos detectados na inspeção de soldagem e ainda a Padronização de diversas atividades reduzindo desta forma a quantidade de não-conformidades.

O processo de soldagem é um dos pontos críticos de qualquer indústria de máquinas e equipamentos, e esforços que visem à melhoria contínua desse processo devem ser motivados pela gerência da empresa, e os envolvidos com a qualidade. Notou-se que com a utilização das ferramentas da qualidade, foi possível propor uma melhora significativa do processo de soldagem, favorecendo uma imagem da empresa frente aos seus clientes, levando desta forma a prospecção de novos clientes no segmento de Óleo & Gás

Desta forma, usando-se as ferramentas da qualidade de forma adequada, consegue-se um processo de melhoria contínua, rápido e eficaz, resolvendo-se efetivamente os problemas do dia a dia pela busca consistente da causa raiz, gerando além da solução uma base de dados confiáveis que pode ser reutilizada na reincidência do problema.

6. REFERÊNCIAS

ABENDI, Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção. Disponível em: <www.abende.org.br>. Acessado em 15/01/2010

BEZERRA, FILIPE. Diagrama de Ishikawa – Causa e Efeito. Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com>>. Acesso em: 30 de mar. 2017.

Diagrama de Pareto: Guia geral (passo a passo). Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com>>. Acesso em: 30 de mar. 2017.

FEDELE, R. A. Soldagem na indústria moderna: Materiais e processos. Revista Soldagem & Inspeção. Ano 6, nº 9. 2000.

LIKER, J. K; MEIER, D, O Modelo Toyota: manual de aplicação. Editora Bookman, 2007



SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA

XVSEGET

Indústria 4.0
e o uso de tecnologias digitais

30, 31/10
e 01/11



PETROBRAS, Plano de Negócios 2012-2016. Rio de Janeiro: RI, 2012.

SIQUEIRA, IONY PATRIOTA DE. Manutenção centrada na confiabilidade. Rio de Janeiro: Qualitmark, 2005.

SLACK, N.; et al., Administração da produção. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

THOMAS, José Eduardo (Organizador), Fundamentos da Engenharia de Petróleo. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Interciência, 2001.