



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01 de dezembro 2023

Aplicação do método PDCA para eliminar retrabalhos nos processos de soldagem em uma indústria metalúrgica

Ana Carolina Nunes Pontes

Engenharia de Produção – Centro Universitário Adventista de São Paulo

Daniel Pontes de Azeredo

Engenharia de Produção – Centro Universitário Adventista de São Paulo

Robertson Panaino

Engenharia de Produção – Centro Universitário Adventista de São Paulo

Resumo: A implementação de métodos padronizados é essencial para alcançar ganhos financeiros e qualidade nos processos produtivos. Por outro lado, não conformidades nos produtos resultam em prejuízos, insatisfação e reclamações dos clientes, prejudicando a reputação da empresa e sua capacidade de expansão, portanto é crucial adotar práticas eficazes para garantir a conformidade e manter a competitividade no mercado. Em vista disso, o objetivo desse estudo é desenvolver soluções visando reduzir custos de retrabalhos decorrentes de não conformidades nos processos de soldagem em uma indústria metalúrgica fabricante de equipamentos transportadores de material a granel. Esse artigo apresenta uma revisão teórica sobre a metodologia PDCA (*Plan; Do; Check; Act*), em conjunto com ferramentas da qualidade. O procedimento metodológico adotado trata-se de uma pesquisa quantitativa buscando identificar as causas raízes dos problemas encontrados e elaborar um plano de ação utilizando-se das ferramentas da qualidade: fluxograma, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa e 5W2H. Foram propostas intervenções, desde a padronização do processo de solda até a otimização do estoque de insumos, buscando reduzir em até 80% a média mensal de não conformidades evidenciando o impacto positivo de uma abordagem estruturada na qualidade dos processos industriais.

Palavras-chave: PDCA, Soldagem industrial, Ferramentas da qualidade.

Application of the PDCA method to eliminate rework in welding processes in a metallurgical industry

Abstract: The implementation of standardized methods is essential for achieving financial gains and quality in production processes. Conversely, product non-conformities result in financial losses, dissatisfaction, and customer complaints, harming the company's reputation and its ability to expand. Therefore, it is crucial to adopt effective practices to ensure compliance and maintain competitiveness in the market. Considering this, the aim of this study is to develop solutions to reduce rework costs resulting from non-conformities in welding processes in a metallurgical industry manufacturing bulk material handling equipment. This article provides a theoretical review of the PDCA methodology (*Plan; Do; Check; Act*), along with quality tools. The adopted methodological procedure involves a quantitative research approach seeking to identify the root causes of the identified problems and develop an action plan using quality tools: flowcharts, Pareto diagrams, Ishikawa diagrams, and 5W2H. Interventions have been proposed, ranging from standardizing the

welding process to optimizing inventory of inputs, aiming to reduce non-conformities by up to 80% in the monthly average, highlighting the positive impact of a structured approach on the quality of industrial processes.

Keywords: PDCA, Industrial Welding, Quality Tools.

1. Introdução

Em um mercado industrial cada vez mais globalizado e com grandes desafios diante de um cenário pós pandemia, manter-se competitiva é um dos maiores desafios para as indústrias. Segundo a Confederação Nacional da Indústria (2023), esse termo competitividade refere-se à habilidade e a capacidade de a empresa superar seus concorrentes na preferência dos consumidores. Para isso as empresas dispõem basicamente de dois mecanismos: preço e qualidade. Nesse contexto, Daniel e Murback (2014), citam que para uma empresa ter melhores condições de se manter em um mercado altamente competitivo, é necessária uma reformulação de seus processos de qualidade em prol da satisfação total do cliente.

Diante disso, Xavier e Brait (2018), afirmam que a necessidade de qualidade por conta da exigência dos consumidores e a intensificação da concorrência, fazem da gestão da qualidade um elemento cada vez mais importante para o sucesso da organização. Isso envolve o estabelecimento de processos de controle de qualidade robustos, a adoção de padrões e certificações e a implementação de sistemas de gestão da qualidade eficazes. Ainda segundo Xavier e Brait (2018), é necessário um conjunto de estratégias e planos para acompanhar a produção ao longo do tempo e de maneira contínua para uma gestão de qualidade eficiente. Essas estratégias permitem detectar as não conformidades e trabalhar o problema em sua causa raiz. A não conformidade pode levar a produtos defeituosos ou fora das especificações, além disso, à necessidade de retrabalho ou descarte de itens causando improdutividade e redução da margem de lucro da empresa.

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria, (2023), em 2022 no Brasil, a produtividade do trabalho na indústria de transformação caiu pelo terceiro ano consecutivo, registrando queda de 2,8% comparado a 2021. Nota-se que diante das adversidades impostas pelo mercado, as empresas devem fazer da gestão da qualidade uma grande aliada para a manutenção da capacidade de fornecer produtos em ótimo estado de fabricação e a utilização de seus recursos da forma mais eficiente possível.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver soluções para reduzir custos com retrabalho causados por não conformidades nos processos de soldagem em uma indústria metalúrgica a qual fabrica equipamentos transportadores de material a granel. Isso será alcançado por meio da otimização e padronização dos processos de soldagem, aplicando método PDCA em conjunto com ferramentas da qualidade, como o diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, fluxograma e 5W2H.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: na primeira seção, é apresentada uma revisão teórica sobre PDCA e ferramentas da qualidade utilizadas. A segunda seção detalha a metodologia adotada. A terceira seção apresenta o estudo de caso, analisando melhorias que podem ser obtidas. Na quarta seção, são discutidas as conclusões e *insights*, além de sugerir direções para pesquisas futuras.

2. Fundamentação teórica

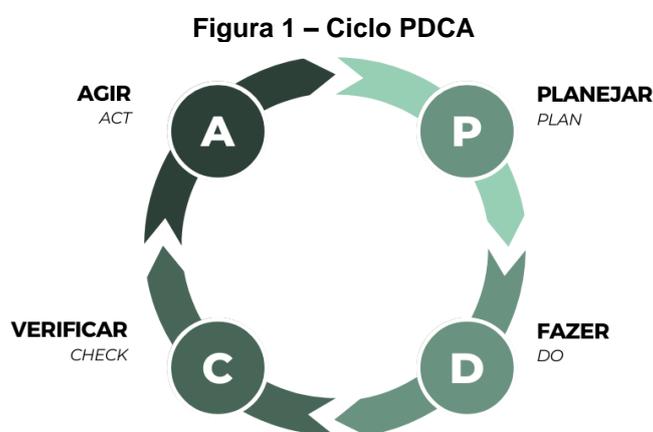
Nesta seção são apresentados conceitos essenciais do ciclo PDCA e ferramentas da qualidade, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento e a execução deste estudo.

2.1 Ciclo PDCA

Visando manter a gestão da qualidade do processo de fabricação e a melhoria contínua, o PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) é um instrumento de grande relevância para o alcance do controle ou eliminação de não conformidades. Segundo Alves (2015), o ciclo PDCA é um método de gestão que visa melhorar e controlar os processos e produtos constantemente.

O ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de Deming ou ciclo de Shewhart, foi desenvolvido por Walter A. Shewhart na década de 1920 e popularizado por W. Edwards Deming nos anos 1950. Essa abordagem se tornou uma referência fundamental para a melhoria contínua da qualidade em diferentes setores, incluindo indústria, serviços, saúde e administração pública. O PDCA oferece uma estrutura sistemática para identificar oportunidades de aprimoramento, implementar mudanças de forma controlada e monitorar os resultados.

O PDCA é descrito em quatro partes: planejar, fazer, verificar e agir, como mostra a figura 1, que precisa ser acompanhada de perto para que sejam feitos ajustes caso necessário (XAVIER; BRAIT 2018).



Fonte: Adaptado Shewhart, (2023)

Planejar (*Plan*): na etapa de planejamento, são definidos os objetivos específicos a serem alcançados, estabelecidas metas mensuráveis e identificados os meios para atingir tais resultados. É essencial analisar dados e informações relevantes para embasar o planejamento, bem como identificar problemas e oportunidades de melhoria. Nesta fase, é elaborado um plano de ação detalhado, incluindo a definição de responsabilidades, prazos e recursos necessários.

Fazer (*Do*): Na etapa de execução, o plano de ação elaborado é colocado em prática. As atividades e processos são implementados de acordo com o que foi estabelecido no planejamento. Durante essa fase, é importante registrar informações relevantes, como dados de desempenho, observações e feedback da equipe. Esses registros ajudam na análise posterior dos resultados e na identificação de possíveis desvios.

Verificar (*Check*): A etapa de verificação envolve a coleta e análise de dados e informações sobre os resultados obtidos durante a execução. Esses dados são comparados com as metas e objetivos estabelecidos no planejamento. A verificação permite avaliar se o que foi executado está de acordo com o planejado e se os resultados estão atendendo às expectativas. Caso sejam identificados desvios ou problemas, é necessário investigar suas causas para que sejam devidamente corrigidos.

Agir (*Act*): Com base nos resultados verificados, a etapa de ação envolve tomar medidas corretivas ou preventivas para melhorar o desempenho e evitar a recorrência de problemas. Essas ações podem incluir ajustes no plano de ação, aprimoramentos nos processos, treinamento da equipe ou mudanças estruturais mais abrangentes.

Quadro 1 - Etapas Ciclo PDCA e Ferramentas da Qualidade

P (plan)	1	Identificação do problema	Distribuição de Defeitos por Área: Análise Utilizando o Diagrama de Pareto e Fluxograma)
	2	Observação	Levantamento de dados e hipóteses (Folha de verificação)
	3	Análise	Avaliação das Causas Principais: Aplicação do Diagrama de Causa e Efeito
	4	Plano de ação	Definição de ações (5W2H)
D (do)	5	Execução	Execução de ações levantadas
C (check)	6	Verificação	Monitoramento de indicadores
A (act)	7	Padronização	Revisão de Procedimentos
	8	Conclusão	Análise de Eficácia das Ações

Fonte: Adaptado Farias (2021)

Para Leonel (2008) a meta desejada é alcançada por meio do método PDCA e quanto mais informações como fatos, dados e conhecimentos forem integradas ao método, maiores serão as chances de alcançar os objetivos estabelecidos.

2.2 Ferramentas da qualidade

De acordo com Campos (1994), durante a aplicação do método, é fundamental utilizar várias ferramentas para coletar, processar e organizar as informações essenciais para orientar as etapas do PDCA. Essas ferramentas, conhecidas como ferramentas da qualidade, desempenham um papel crucial nesse processo.

As ferramentas da qualidade são um conjunto de técnicas utilizadas para analisar e solucionar problemas relacionados à qualidade em processos industriais e empresariais, que começaram a ser desenvolvidas por volta da década de 1950 para aprimorar, reduzir ou eliminar situações problema que dificultam o crescimento em empresas e indústrias.

Segundo Slack *et al.*, (2010) são destacadas sete Ferramentas da Qualidade: Fluxograma, Diagrama de Ishikawa, Folha de Verificação, Gráfico de Pareto, Histograma, Diagrama de Dispersão e Carta de Controle. Essas ferramentas foram inicialmente propostas por Kaoru Ishikawa, um renomado especialista em gestão da qualidade. Abaixo, é apresentada uma síntese bibliográfica das sete ferramentas da qualidade:

Fluxograma: é uma representação gráfica que descreve um processo ou sistema, usando símbolos padronizados para indicar etapas, decisões, ou a ordem de eventos. Ele serve para visualizar, analisar e comunicar processos de forma clara e compreensível, identificando áreas de melhoria, otimizando eficiência e facilitando o entendimento dos procedimentos organizacionais.

Diagrama de Ishikawa: Também chamado de diagrama de espinha de peixe, é uma ferramenta que auxilia na identificação da causa raiz de um problema. Para alcançar esse objetivo, as causas são agrupadas em categorias específicas, buscando identificar as fontes gerais que resultam em um efeito principal. Esse processo de categorização é essencial para compreender as raízes dos problemas e implementar soluções direcionadas. O diagrama organiza as possíveis causas em categorias, como mão de obra, máquina, método, material, medição e meio ambiente.

Folhas de verificação: São formulários pré-estruturados que auxiliam na coleta e registro de dados. As folhas de verificação são úteis para acompanhar a ocorrência de eventos, identificar padrões e quantificar a frequência de determinados problemas.

Diagrama de Pareto: Também conhecido como gráfico de Pareto, é uma representação visual que permite identificar e priorizar os problemas mais significativos em um determinado processo. A avaliação do diagrama revela que um número reduzido de causas

está por trás da maioria dos problemas. Ao resolver essas causas principais, é possível obter resultados significativos e impactantes. Essa ferramenta utiliza a regra 80/20, que diz que 80% dos resultados estão em 20% dos esforços.

Histograma: é uma representação gráfica de uma distribuição de dados, mostrando a frequência com que determinados valores ocorrem em um conjunto. Ele serve para visualizar padrões e variações nos dados, ajudando na compreensão da distribuição, identificação de tendências e análise de desempenho de processos. É amplamente utilizado nas ferramentas da qualidade para tomar decisões baseadas em dados e melhorar a eficiência dos processos.

Diagrama de dispersão: é uma ferramenta gráfica que representa a relação entre duas variáveis em um conjunto de dados. Ele utiliza pontos no plano cartesiano para mostrar como uma variável é afetada pela outra. Essa ferramenta é fundamental para identificar padrões, tendências e correlações entre as variáveis, permitindo análises precisas e embasadas. É vastamente usado em estudos estatísticos e análises de processos para entender a relação entre fatores e melhorar a tomada de decisões baseada em dados.

Carta de controle: é uma ferramenta habitual em controle estatístico de processos para monitorar a estabilidade e o desempenho de um processo ao longo do tempo. Ela exibe pontos de dados em relação aos limites de controle e à média do processo, permitindo identificar variações, tendências ou padrões significativos. Essa ferramenta ajuda as organizações a manterem a qualidade do processo, detectando rapidamente quaisquer desvios do padrão esperado e facilitando a tomada de decisões corretivas para garantir a consistência e a eficiência do processo.

Neste trabalho, serão empregadas diversas ferramentas da qualidade para uma análise abrangente do processo em questão. Entre as ferramentas clássicas, serão aproveitados o Gráfico de Pareto, Fluxograma e o Diagrama de Ishikawa. Além dessas, será aplicada ferramenta de análise 5W2H.

Conforme Silva (2023) destacam, a ferramenta 5W2H desempenha um papel fundamental na identificação detalhada de um processo específico, facilitando a elaboração de um plano de ação para a implementação de soluções. A ferramenta 5W2H, ao responder às perguntas essenciais sobre o que, por que, onde, quando, quem, como e quanto oferece uma estrutura clara e abrangente para a execução eficaz de atividades, promovendo um entendimento preciso e completo do processo em questão. Ela consiste em responder a sete perguntas fundamentais que começam com as letras W e H em inglês, conforme descrito a seguir:

What? (O que?) - Refere-se à identificação clara do que será realizado ou qual é o objetivo principal da situação em questão.

Why? (Por quê?) - Questiona-se sobre a motivação ou razão por trás do que está sendo realizado, buscando entender os motivos e benefícios da ação.

Where? (Onde?) - Busca-se determinar o local ou os locais onde a atividade será realizada ou onde se encontra o problema que precisa ser resolvido.

When? (Quando?) - Refere-se à definição de um prazo ou período em que a ação será executada ou o problema será resolvido.

Who? (Quem?) - Identifica-se pessoas ou grupos de pessoas responsáveis pela execução das tarefas ou envolvidas na situação em questão.

How? (Como?) - Refere-se aos métodos, processos ou estratégias que serão utilizados para realizar as tarefas ou atingir os objetivos propostos.

How much? (Quanto?) - Questiona-se sobre a quantidade necessária de recursos, como tempo, dinheiro, pessoas ou materiais, para executar as tarefas ou alcançar os resultados esperados.

Essas perguntas ajudam a detalhar ainda mais o planejamento e a tomada de decisões, fornecendo uma visão abrangente da situação e orientando o desenvolvimento das ações necessárias.

3. Metodologia

A abordagem metodológica empregada neste estudo inicia-se com um estudo bibliográfico. Essa fase, conforme Gil (2010) destaca, fundamenta-se em fontes previamente produzidas de artigos científicos, revistas, livros, dissertações de mestrados e teses de doutorados, com o intuito de aprofundar o entendimento sobre o tema em foco. Posteriormente, integra-se um estudo de caso, conforme definido por Gil (2010), é uma investigação sobre objetos, indivíduos, organizações ou fenômenos, podendo ser utilizado em diversas áreas do conhecimento. Essa combinação estratégica entre revisão bibliográfica e estudo de caso oferece uma abordagem abrangente e fundamentada para investigar os desafios em questão.

No que diz respeito à abordagem de pesquisa, optamos por um método quantitativo. A análise dos dados foi guiada pelo embasamento teórico, com destaque para a comparação com a metodologia do ciclo PDCA. No início do estudo, realizou-se a coleta de dados por meio de documentos e observações durante o processo, acompanhados pelos colaboradores do setor. Após a coleta e análise dos dados, utilizou-se a ferramenta diagrama de Pareto, com auxílio do Microsoft Excel, para estratificar o problema. Na fase de planejamento das ações, foram empregadas ferramentas como diagrama de Ishikawa com o objetivo de identificar as causas raízes do problema e implementar soluções. Por fim, desenvolveu-se um plano de ação utilizando a ferramenta 5W2H, o qual foi apresentado à direção da fábrica para execução, visando a redução do indicador de não conformidades no setor.

4. Estudo de caso

4.1 Contextualização da Indústria Metalúrgica

O estudo de caso foi realizado em uma indústria metalúrgica localizada no interior do estado de São Paulo. A empresa em questão possui basicamente duas linhas de produtos, que são: transmissão de potência e a linha de equipamentos transportadores de materiais à granel a qual foi objeto desta pesquisa. Trata-se da fabricação de transportadores de corrente, transportadores de correia, transportadores helicoidais e elevadores de canecas. Estes equipamentos estão presentes em diversos tipos de indústria e por esse motivo a qualidade e agilidade no processo produtivo contribui fortemente para que a empresa se torne competitiva.

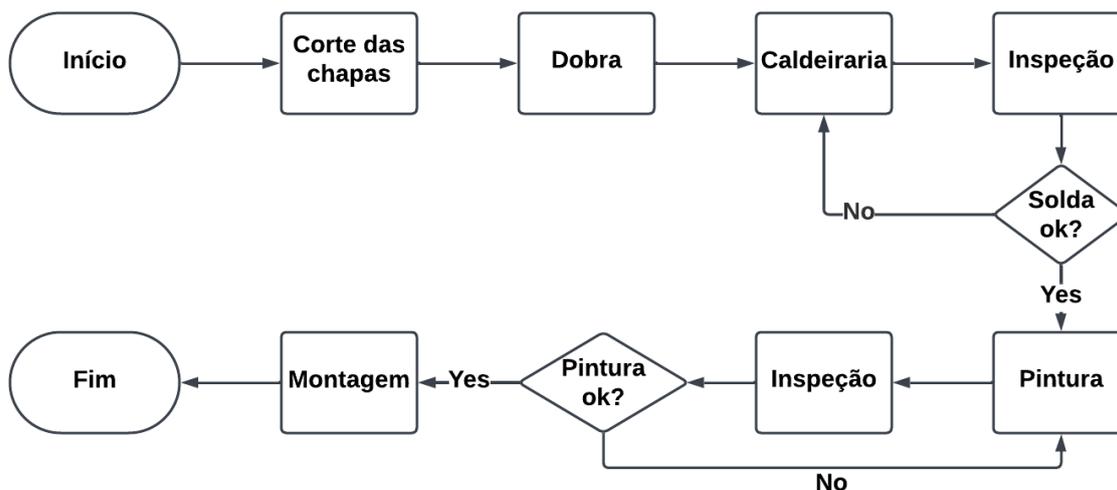
4.2 Planejar (*Plan*)

Nesta fase inicial do ciclo é necessário identificar os principais problemas, identificar as causas raízes e propor soluções de melhorias com objetivo de alcançar as metas estabelecidas.

Desta maneira foi realizada uma reunião junto a equipe de controle de qualidade e os supervisores da área de solda e montagem para entender quais eram as principais dificuldades encontradas durante o processo. Então elaborou-se um fluxograma conforme

figura 2 para melhor visualização de cada etapa de fabricação e por conseguinte a identificação das fases em que ocorriam as não conformidades.

Figura 2 – Fluxograma



Fonte: Elaborado por autores (2023)

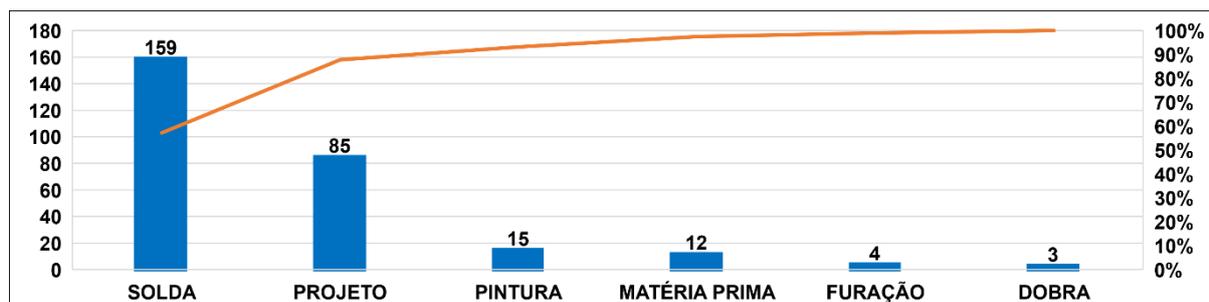
A primeira etapa do fluxograma consiste no corte das chapas conforme especificações dos desenhos de projeto. Após o corte, as chapas são transportadas para as cabines de caldeiraria para soldagem das seções dos equipamentos. Estando as partes devidamente soldadas, estas são transportadas para uma área próxima à cabine de pintura para que a equipe de qualidade inspecione os itens, conferindo se estão conforme projeto elaborado pelo setor de engenharia.

Caso seja encontrada alguma não conformidade, é feito o registro em uma folha de verificação e as chapas com defeito são enviadas de volta para serem retrabalhadas. Se após checagem as seções estiverem em conformidade com o projeto, estas já são encaminhadas para as cabines de pintura e após a secagem da tinta o equipamento é montado em uma outra área específica.

Após identificação dos problemas, foram solicitados os registros de não conformidades durante um período de 3 meses. Os principais defeitos identificados foram falhas em soldas, erros em desenhos de projeto de fabricação, imperfeições em pinturas e furações inadequadas.

Depois de observados os registros elaborou-se um Gráfico de Pareto conforme figura 3, visando analisar e definir as prioridades a serem trabalhadas, pois conforme mencionado anteriormente, este princípio estabelece a proporção 80/20 como causa e consequência de qualquer ação. Isso significa que apenas 20% das causas são responsáveis por 80% das consequências.

Figura 3 – Diagrama de Pareto



Fonte: Elaborado por autores (2023)

Observando o gráfico nota-se que o principal problema a ser tratado está relacionado às soldas. Posteriormente, foram listados os principais defeitos encontrados neste processo e as ocorrências passaram a ser registradas especificando também o tipo de falha encontrado para facilitar o controle assim como a elaboração dos planos de ação posterior. Essas falhas referentes à solda resultaram em custo anual de R\$ 86.814,00.

Conforme demonstrado na figura 4, as principais deformidades encontradas foram mordedura, poros, falta de fusão e respingos. Essas falhas foram identificadas na etapa de inspeção e as estruturas com esses defeitos eram levadas de volta as cabines para serem retrabalhadas. Ao refazer o processo são gerados desperdícios de insumos de soldagem, com deslocamentos dos itens, tempo de mão de obra e diminuição da capacidade efetiva das células de soldagem relacionadas ao processo.

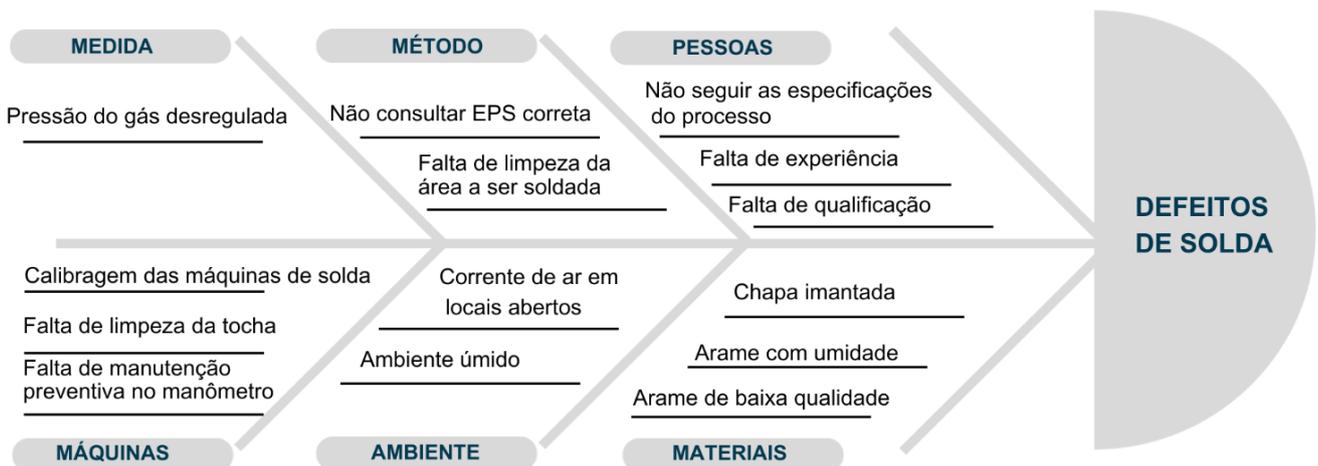
Figura 4 – Deformidades soldas



Fonte: Jacob (2017)

A próxima etapa foi a análise dos defeitos para encontrar a causa raiz por meio do Diagrama de causa e efeito (Ishikawa) conforme figura 5. Para isto foi necessário a presença dos colaboradores envolvidos diretamente no processo, pois além do conhecimento técnico, são eles quem vivenciam os problemas tanto relacionados ao planejamento de produção como eventuais problemas com as máquinas de solda.

Figura 5 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Elaborado por autores (2023)

Após a identificação das causas raízes dos defeitos de solda, foram propostos planos de ação para cada uma delas, com o objetivo principal de eliminar ou pelo menos reduzir as ocorrências de defeitos. Nesta etapa de definição de ações utilizou-se a ferramenta 5W2H, onde foi fundamental para detalhar e planejar cada passo das intervenções necessárias para melhorar o processo de soldagem, conforme ilustrado na figura 6.

Figura 6 – 5W2H

Projeto	5W					2H	
	O que	Porque	Como	Onde	Quem	Quando	Quanto
Qualificação de soldadores (Pessoas)	Qualificar soldadores	Conhecimento do processo de solda	Certificação por meio de empresa qualificada	Própria Empresa	Empresa qualificada	1 mês	Realizar cotação
Aperfeiçoando protocolos de soldagem (Método)	Definir passo a passo do procedimento interno de solda	Padronização do processo	Elaborar fluxograma e procedimento de soldagem	Própria Empresa	Qualidade - Engenharia - PCP	1 mês	Sem custo
Gestão eficiente de insumos de soldagem (Materiais)	Reavaliar estoque mínimo de arame de solda	Falta de arame de solda de qualidade prejudicando o processo e aumenta	Controle de estoque mínimo dos arames de solda	Própria Empresa	Almoxarifado - Compras - Fábrica	1 mês	Sem custo
Troca dos manômetros (Máquina)	Definir manometro adequado a aplicação em soldagem contínua	Eliminar defeitos durante o processo	Pesquisa de mercado, e realização de testes junto aos fornecedores	Própria Empresa	Melhoria Continua - manutenção	1 mês	Realizar cotação

Fonte: Elaborado por autores (2023)

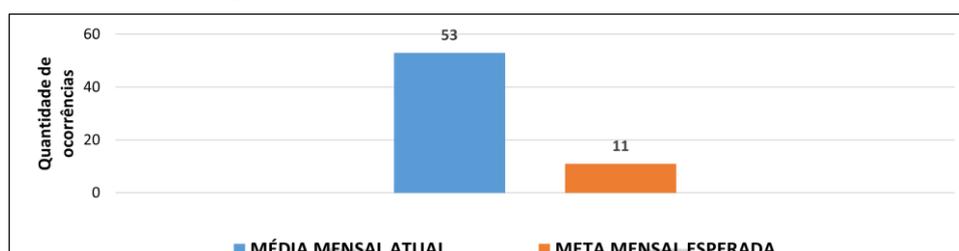
Diante das causas levantadas, o primeiro plano proposto foi referente aos manômetros que não funcionavam corretamente. Segundo os operadores, após algumas horas de trabalho, uma solda contínua em um perímetro de 1,5 metros, o aparelho congelava de forma que obstruía o fluxo do gás ocasionando descontinuidade e poros na solda.

O segundo plano elaborado foi o de padronizar o processo de solda de acordo com especificações do desenho, pois para cada determinação de projeto deve-se fazer uma regulagem correta da máquina e realizar uma verificação do estado da solda assim que realizado o trabalho. Tal averiguação deverá ser feita pelo próprio operador visando reduzir a necessidade de inspeção em etapas posteriores. Essa prática eleva a confiabilidade do processo e a capacidade das células, pois reduz a ocorrência de não conformidades e elimina desperdícios.

Outra solução proposta é a de reavaliação do estoque mínimo de arames de solda da marca indicada pelos operadores por ter melhor qualidade a qual denominamos marca “x”. Ao utilizar uma marca diferente da especificada foi constatado que possui a qualidade inferior o custo de aquisição era mais elevado. Dessa maneira o cálculo de estoque mínimo de acordo com a demanda e *lead time* de entrega do fornecedor mitigaria o problema da falta de arame da marca “x”, visto que se trata de um produto importado.

Visto que as soluções propostas abrangem quase que a totalidade das causas especificadas no Diagrama de causa e efeito (Ishikawa), verificou-se a possibilidade de redução de aproximadamente 80% da quantidade média mensal de ocorrências de não conformidades conforme mostra-se na figura 7.

Figura 7 – Ocorrência de não conformidades



Fonte: Elaborado por autores (2023)

4.3 Fazer (Do)

Nesta etapa os planos de ação devem ser devidamente delineados e executados respeitando o grau de complexidade e tempo de implementação. Na figura 6, a qual indica as ações a serem tomadas, verifica-se que algumas propostas podem ser realizadas sem a dependência de empresas terceiras.

Inicialmente verificou-se todos os manômetros utilizados nas máquinas de solda, e após alguns testes, concluiu-se que estes não eram adequados para aplicação em soldas contínuas, mas sim para soldas pontuais. Dessa maneira foi feita uma consulta junto aos fornecedores de peças e acessórios de equipamentos para soldagem buscando encontrar o modelo mais eficiente. Adquiriu-se e testou-se um novo dispositivo que não apresentou problemas de congelamento ou obstrução do gás.

O segundo plano a ser executado foi a padronização das atividades a serem executadas pelo operador, o qual envolve a preparação da superfície a ser soldada, *setup* correto da máquina, a soldagem e por fim, a inspeção de cada área soldada. Esse tipo de ação não só aumenta a produtividade ao evitar movimentos desnecessários e um fluxo a ser seguido por cada operador independente do turno de trabalho, como também confiabilidade do processo evitando que as soldas com defeito fossem identificadas somente durante a etapa de inspeção.

Quanto ao problema da falta de arame tubular de solda o qual denominamos como marca "x", foi proposto o levantamento da quantidade consumida nos últimos 6 meses e o *lead time* de entrega do fornecedor para a definição de um estoque mínimo e máximo de acordo com a demanda visando evitar a falta deste componente. Para isso deve ser criado um controle de estoque no sistema.

Já em relação a qualificação dos soldadores, foi proposto que os operadores sejam certificados e qualificados para os diferentes procedimentos de solda indicado por normas e de acordo com especificações de projeto e conforme o tipo de aplicação do equipamento. Segundo Modenesi (2000) existem diversas aplicações as quais exigem procedimentos a serem seguidos antes da soldagem e ao adotar estas indicações é possível padronizar e manter o registro das condições especificadas, além disso, o controle do processo.

Esse controle se dá por meio da Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS), documento no qual indica os valores permitidos para as diversas variáveis do processo. Essas variáveis podem ser por exemplo a composição, classe e espessura dos metais utilizados, projeto da junta a ser soldada, posição de soldagem, temperatura de pré-aquecimento, corrente, tensão e velocidade de soldagem, número de passes etc.

Dentre os planos de ação propostos neste trabalho este último citado é o que requer um maior planejamento junto aos coordenadores e supervisores e o departamento de recursos humanos, para contratação de uma empresa terceira que esteja apta a treinar e certificar todos os envolvidos diretamente ao processo de soldagem.

4.4 Verificar (Check)

Nesta fase propõe-se a continuidade do registro de ocorrências por meio de uma folha de verificação para que seja feita a análise comparativa do processo após a execução dos planos de ação. Foi visto que nos registros anteriores os defeitos eram documentados apenas como "Solda", no entanto, propõe-se que seja especificado o tipo de defeito de soldagem conforme figura 4.

4.5 Agir (Act)

Após a implementação dos planos estipulados e processos padronizados, pois os registros devem ser analisados e com isso identificar se a meta pré-estabelecida foi alcançada. No entanto o ciclo PDCA deve ser seguido novamente para que ocorra um processo de

melhoria contínua e por consequência a redução ou eliminação de retrabalhos durante o processo de soldagem.

5. Conclusões

Neste estudo de caso abordou-se a importância da aplicação concomitante do método PDCA e ferramentas da qualidade para propor planos de ação que resultem em melhorias no processo de soldagem e reduzam a quantidade de retrabalhos causados por não conformidades.

O objetivo foi alcançado por meio da aplicação das ferramentas adequadas a cada uma das fases do PDCA. Na fase planejar (plan), utilizou-se o fluxograma para visualização do processo de forma macro, e com base nos dados coletados desenvolveu-se um Gráfico de Pareto onde foi identificado que os defeitos no processo de soldagem deveriam ser priorizados. Após definição do problema a ser trabalhado, foi utilizado o Diagrama de Ishikawa para identificação das causas raízes, e por fim, foram elaborados quatro planos de ação fazendo uso da ferramenta 5W2H.

Com relação aos ganhos financeiros, a empresa tem um custo anual de aproximadamente R\$ 86.814,00 com defeitos de solda. A partir da aplicação das melhorias propostas visando uma redução de até 80% na média mensal de não conformidades é possível uma economia de aproximadamente R\$ 69.452,00.

A principal dificuldade enfrentada para elaboração deste estudo está relacionada ao período requerido para a implementação dos planos de ação, o que impossibilita a comparação do cenário atual com o cenário pós execução das propostas.

Diante do que foi apresentado, além dos benefícios econômicos relacionados a redução de custos, este trabalho evidenciou que o método PDCA pode ser um ótimo aliado ao desenvolvimento de melhorias de processos. Além disso, incita a sua utilização em outras linhas de produção e outras operações fazendo com que a empresa possa investir mais tempo com atividades que agregam valor e consequentemente tornar-se mais competitiva em seu mercado de atuação.

Referências

ALVES, Érika Andrade Castro. **O PDCA como ferramenta de gestão da rotina**. In: **XI Congresso nacional de excelência em gestão**. 2015. p. 1-12. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=O+PDCA+como+ferramenta+de+gest%C3%A3o+da+rotina&btnG=. Acesso em: 21 jun. 2023.

CAMPOS, V. FALCONI, **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia a Dia**, 6ª ed., Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1994.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. CNI. **Produtividade do Brasil tem um dos mais fracos desempenhos em 2019-2021**. (2023) Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/produtividade-na-industria/>. Acesso em: 01 out. 2023.

DANIEL, Erica A.; MURBACK, Fábio Guilherme Ronzelli. **Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade. Gestão & conhecimento**, v. 8, n. 2014, p. 1-43, 2014. Disponível em: https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo16_2014.pdf. Acesso em: 21 jun. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010, p. 175.

JACOB, Felipe. **6 defeitos comuns em soldas de eletrodo revestido e como evitá-los – O Calculista de Aço**. Disponível em: <<https://calculistadeaco.com.br/6-defeitos-comuns-em-soldas-de-eletrodo-revestido-e-como-evita-las/>>. Acesso em 15 out. 2023.

LEONEL, Paulo Henrique. **Aplicação prática da técnica do PDCA e das ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais para melhoria e manutenção de resultados**. 2008. Universidade federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2008. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/ep//files/2014/07/2008_1_Paulo-Henrique-Leonel.pdf>. Acesso em 05 out. 2023.

MODENESI, P.J., **Normas e Qualificação em Soldagem – Soldagem I**, Adaptado e atualizado de texto escrito pelo Prof. Michael D. Hayes, UFMG, 2005.

NETO, Debora, et al. **Utilização da ferramenta da qualidade PDCA para otimização do Lead Time de entrega de produtos**. (2022). Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/29553>. Acesso em: 21 jun. 2023.

OLIVEIRA, Cíntia Fidelis de. **Aplicação do ciclo PDCA e das ferramentas da qualidade em um estabelecimento alimentício do município de Fortaleza**. (2021). Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/61698>. Acesso em 21 jun. 2023.

PATEL, Pratik M.; DESHPANDE, Vivek A. **Application of plan-do-check-act cycle for quality and productivity improvement-A review**. *Studies*, v. 2, n. 6, p. 23-34, 2015. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=pdca+with+quality+tools&btnG= Acesso em 21 jun. 2023.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2.ed. São Paulo, Atlas, 2010.

XAVIER, Leandra Mantelli; BRAIT, Carlos Henrique H. **Aplicação de ferramentas da qualidade ciclo PDCA e diagrama causa-efeito para melhoria contínua: estudo de caso em laboratório agrônomo**. *Ab Origine–Cesut*, v. 1, n. 26, 2018. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Leandra+Mantelli+Xavier1+Carlos+Henrique+H.+Brait2&btnG=. Acesso em 21 jun. 2023.