

**ARTIGO ORIGINAL**

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS UTILIZANDO A FERRAMENTA PDCA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA FABRIL DE POLPA CELULÓSICA**

**ORIGINAL ARTICLE**

**RESOLUTION OF PROBLEMS USING THE PDCA TOOL: A CASE STUDY IN A CELLULOSSIC POLP MANUFACTURY COMPANY**

**Bruno Thompson Martinez<sup>1</sup>**

Faculdade Estácio de Vitória – FESV, Brasil

**Raphael Pereira<sup>2</sup>**

Faculdade Estácio de Vitória – FESV, Brasil

**RESUMO**

Todas as organizações têm problemas, mesmo aquelas mais bem administradas. A resolução de problemas se configura como uma forma de fazer melhorias contínuas no local de trabalho e seus produtos ou serviços. O PDCA é um dos métodos mais conhecidos e utilizados para a solução de problemas e melhoria contínua. Várias iterações do ciclo PDCA podem ser necessárias para resolver o problema permanentemente e atingir o estado de objetivo final. O objetivo desta pesquisa é demonstrar a aplicação do método PDCA em uma empresa fabril de polpa celulósica. O presente trabalho foi realizado por meio da pesquisa exploratória e descritiva, bem como o estudo de caso, estruturado a partir da metodologia PDCA em uma empresa fabril de polpa celulósica, localizada no estado do Espírito Santo, com abordagem qualitativa, utilizando-se para isso fontes primárias e secundárias. Por meio da aplicação da ferramenta o problema identificado foi a quebra da rosca extratora de cavaco. A principal causa encontrada refere-se à máquina. Na sequência, propôs-se como solução para o problema encontrado, a substituição da chave de entupimento por um sensor de fluxo. Os resultados alcançados indicam que o problema foi solucionado. Por fim, concluiu-se que o PDCA é uma ferramenta poderosa, uma vez que contribui positivamente para a melhoria contínua.

**Palavras-chave:** PDCA. Melhoria. Diagrama de Causa e Efeito. 5W2H.

**ABSTRACT**

All organizations have problems, even those best managed. Troubleshooting is configured as a way to make continuous improvements in the workplace and its products or services. PDCA is one of the best known and most used methods for problem solving and continuous improvement. Several iterations of the PDCA cycle may be necessary to solve the problem permanently and achieve the final objective state. The objective of this research is to demonstrate the application of the PDCA method in a pulp manufacturing company. This work was carried out through exploratory and descriptive research, as well as the case study, structured from the PDCA methodology in a pulp manufacturing company, located in the state of Espírito Santo, with a qualitative approach, using primary and secondary sources. Through the application of the tool, the problem identified was the breaking of the chip-extracting thread. The main cause found refers to the machine. Next, it was proposed as a solution to the problem found, the replacement of the clogging key by a flow sensor. The results achieved indicate that the problem has been solved. Finally, it was concluded that the PDCA is a powerful tool, since it contributes positively to continuous improvement.

**Keywords:** PDCA. Improvement. Cause and Effect Analysis. 5W2H.

<sup>1</sup> Graduação em Engenharia de Produção. E-mail: [btmartnez86@gmail.com](mailto:btmartnez86@gmail.com).

<sup>2</sup> Mestre em Educação pela UFES e Licenciado em Química pela UNIMES. E-mail: [raphael.pereira@estacio.br](mailto:raphael.pereira@estacio.br).

## 1 INTRODUÇÃO

O período atual de desenvolvimento econômico junto com a economia de mercado pode ser caracterizado em uma escala pela alta pressão colocada nas organizações, pelos clientes e pela própria sociedade, todas devido ao aumento de demandas e exigências, forçando a organização a alcançar níveis gradativamente mais altos de eficiência dentro de atividades empresariais, encontrando novas formas e recursos para reforçar a sua posição no mercado. Para que uma empresa satisfaça as necessidades gerais e específicas de seus clientes deve aumentar continuamente o nível de qualidade de seus próprios produtos e serviços, devido ao fato de que a qualidade é e continuará a ser o fator decisivo para um crescimento econômico estável no futuro (SIMANOVÁ; GEJDOŠ, 2015).

Mesmo as empresas mais bem administradas têm problemas. O problema é qualquer situação em que o que existe não coincide com aquilo que é desejado, ou dito de outra forma, há uma discrepância entre o estado atual das coisas e o desejado. Quanto maior a disparidade entre os dois, maior será o problema. A resolução de problemas em uma configuração de qualidade total não é apenas apagando incêndios à medida que ocorrem. Em vez disso, é mais uma maneira de fazer melhorias contínuas no local de trabalho e seus produtos ou serviços. A organização deve colocar grande ênfase na prevenção de futuros problemas, bem como, resolver aqueles que já são óbvios. Toda solução de problemas deve ser vista como uma atividade de melhoria contínua (GOETSCH; DAVIS, 2013).

A melhoria é uma atividade que consiste na evolução constante, ela deve estar inserida de forma natural nas organizações. Além disso, deve estar consolidada nos processos e nas tarefas diárias dos colaboradores. O PDCA (acrônimo das palavras em inglês *Plan, Do, Check, Action*) é uma das ferramentas mais conhecidas e utilizadas para a melhoria contínua. Ela possibilita a sua aplicação várias vezes no mesmo processo. Assim, o PDCA permite uma análise mais detalhada do processo e, com isso, a correção da variável impactante até que os objetivos estipulados pela organização sejam alcançados (GAYER, 2020).

Consoante Ferreira e Pineyrua (2020), o sistema produtivo de polpa celulósica é baseado, na maior parte, em uma única linha de produção na qual parar algumas das máquinas nesta linha pode fazer com que a linha pare completamente. Equipamentos e maquinários – recuperador, digestor, misturador, purificadores, reatores e outros – são grandes e têm recursos exclusivos para a produção de celulose e todos são imprescindíveis para o processo de produção de celulose. Uma parada do digestor, responsável pelo cozimento dos cavacos de eucalipto, por exemplo, pode fazer com que a fábrica pare completamente.

Assim, levando-se em consideração o histórico de quebras recorrentes da rosca extratora de cavaco, que ocasiona a paralização do digestor e consequentemente perdas à produção, da indústria de celulose objeto deste estudo, o presente trabalho se justifica como forma de detectar uma possível solução para esse problema, promovendo a melhoria contínua.

Nessa senda, o objetivo deste trabalho é demonstrar a aplicação do método PDCA em uma empresa fabril de polpa celulósica. Quanto aos objetivos específicos, têm-se: realizar a revisão bibliográfica com enfoque na metodologia PDCA; analisar o processo produtivo sob o viés da ferramenta PDCA e, finalmente, propor possíveis melhorias ao processo.

A metodologia aplicada para o alcance dos objetivos ensejou na utilização da pesquisa exploratória e descritiva, baseadas na técnica de pesquisa estudo de caso. Este, estruturado a partir da metodologia PDCA, foi realizado em uma empresa fabril de polpa celulósica, localizada no estado do Espírito Santo. A abordagem foi qualitativa, utilizando fontes primárias e secundárias.

Por fim, este estudo está dividido em seis partes, além de um resumo e o seu equivalente em inglês. A primeira versa sobre os aspectos introdutórios. A segunda, sobre os fundamentos teóricos. A terceira descreve a metodologia utilizada. A quarta discorre acerca da análise e discussão dos resultados. A quinta expõe as conclusões. Na sexta seção destacam-se as referências bibliográficas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

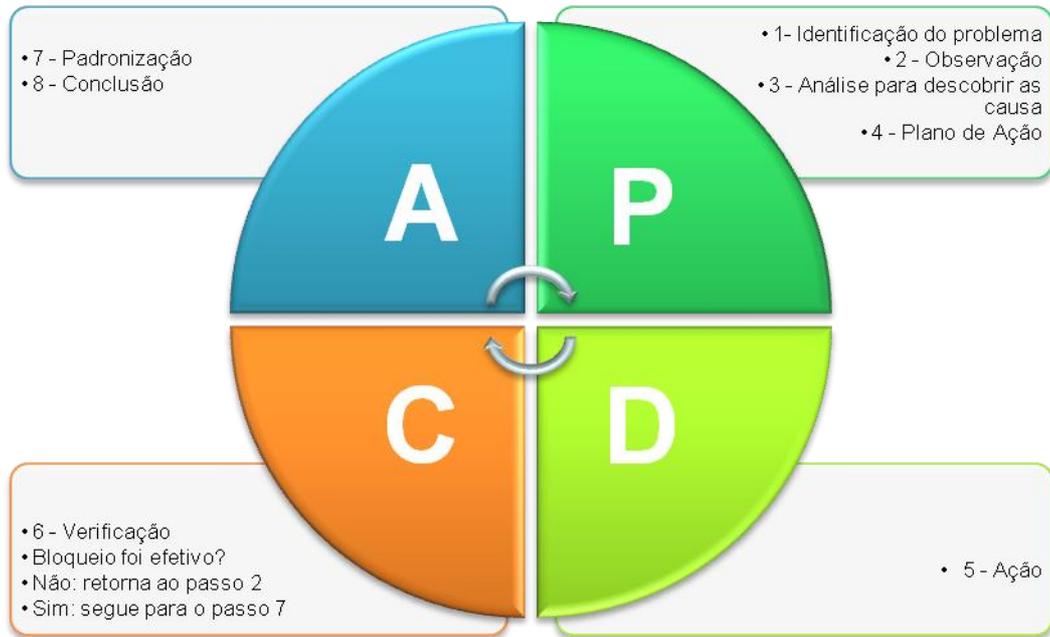
### 2.1 A FERRAMENTA PDCA

O ciclo PDCA (acrônimo das palavras *Plan, Do, Check, Action*), cuja base teórica foi introduzida por Shewhart e popularizada por Deming, é atualmente quase um ícone para os planos de melhoramento contínuo em operações. A partir da identificação de um problema ou de uma oportunidade de melhoramento, as várias fases são cumpridas em sequência e continuamente, pois utilizando o que foi aprendido em uma aplicação da metodologia PDCA, pode-se iniciar outro ciclo, em uma tentativa mais complexa para o fim que se deseja (CORRÊA, Henrique; CORRÊA, Carlos, 2000; FALCONI, 2014).

Para Sokovic, Pavletic e Pipan (2010), o ciclo PDCA é usado para coordenar esforços de melhoria contínua. Enfatiza e demonstra que os programas de melhoria devem começar com um planejamento cuidadoso, deve resultar em ação eficaz, e deve avançar novamente para planejamento cuidadoso em um ciclo contínuo. É uma estratégia usada para alcançar o avanço, melhorias na segurança, qualidade, moral, entrega, custo e outros objetivos críticos de negócios.

Conforme explicam Patel e Deshpande (2017), a execução do ciclo PDCA significa buscar continuamente melhores efeitos na melhoria. A ação temporária visa resolver de forma prática o problema. A ação corretiva permanente consiste na investigação e eliminação das causas raízes e, assim, objetiva a sustentabilidade do processo melhorado.

“A metodologia consta de quatro etapas contidas em um círculo e que se inicia após a observação de alguma não conformidade (resultado indesejado). Essa não conformidade pode tratar uma ação preventiva, corretiva ou processos de melhoria” (BRITTO, 2016, p. 82). A figura 1, que se segue abaixo, ilustra o ciclo PDCA.

**Figura 1 – Ciclo PDCA**

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007)

A técnica de resolução de problemas PDCA é igualmente útil se você está reagindo a um evento de falha existente ou buscando de forma proativa um meio de evitar um problema latente que ainda não aconteceu, mas isso pode acontecer. O ciclo PDCA, portanto, é um tipo de formato básico genérico para trazer ordem e lógica para o processo de resolução de problemas (GOETSCH; DAVIS, 2013).

Em suma, o uso do ciclo PDCA significa buscar continuamente os melhores métodos de melhoria, sendo eficaz tanto para fazer um trabalho quanto para gerenciar um programa. O ciclo PDCA permite dois tipos de ação corretiva: temporária e permanente. A ação temporária visa resultados, abordando e corrigindo de forma prática o problema. A ação corretiva permanente, por outro lado, consiste na investigação e eliminação das causas raízes e, assim, visa a sustentabilidade do processo aprimorado (SOCOVIC; PAVLETIC; PIPAN, 2010).

## 2.2 ETAPAS DO PDCA

### 2.2.1 Etapa Plan

A fase *plan* (plano) incorpora a definição do problema. Uma análise completa dos problemas do estado atual é conduzida para identificar as causas raízes. As

soluções adequadas são então formuladas e avaliadas para identificar as soluções mais lucrativas disponíveis. Deve-se identificar oportunidades de melhoria da qualidade do problema. Uma vez que a oportunidade de melhoria da qualidade foi decidida, articula-se uma declaração do problema. Revisita-se e, conforme apropriado, revisa-se a declaração do problema à medida que avança no processo de planejamento. O processo escolhido pode ser uma atividade, um método, uma linha de montagem etc. (PATEL; DESHPANDE, 2017; PEINADO; GRAEML, 2007).

Em primeiro lugar, é necessário descrever o processo que envolve o problema para entender o processo e identificar áreas para melhorias. Então, coleta-se os dados para o processo atual. Os dados podem abordar, por exemplo, tempo, pessoas, movimentos, espaço, custo, uma série de etapas, eventos adversos e satisfação do cliente. Muitas ferramentas estão disponíveis para coletar e interpretar dados no processo, como Gráfico de Pareto, Histograma, Gráficos de execução, Gráficos de Dispersão e Gráficos de Controle. Os dados coletados devem estar alinhados com as medidas listadas na declaração de objetivo. Em seguida, identifica-se todas as causas possíveis do problema e determina-se a causa raiz. Um diagrama de causa e efeito (espinha de peixe) é útil para determinar a causa raiz real (PATEL; DESHPANDE, 2017).

### **2.2.2 Etapa Do**

A fase *do* (execução) consiste em fazer com que o plano de ação definido aconteça na prática. É imprescindível coletar dados de medidas, continuamente, e documentar as mudanças no processo. Para sua realização, é necessário que haja pessoas com competências e habilidades suficientes para desenvolver o trabalho (PEINADO; GRAEML, 2007).

### **2.2.3 Etapa Check**

A etapa *check* (verificar) consiste em comparar os resultados obtidos com os esperados, analisando as causas dos desvios detectados. Os objetivos formulados na fase de planejamento serão tomados como referência e seu acompanhamento

será avaliado de acordo com o cumprimento das normas propostas (GALGANO, 1995). Se os resultados forem negativos, o trabalho de melhoria terá que ser reiniciado na fase de planejamento. Caso contrário, as soluções testadas continuarão para a fase de ação (PATEL; DESHPANDE, 2017).

#### **2.2.4 Etapa Action**

Uma vez que o ciclo de melhoria tenha atingido a etapa *action* (atuar), as soluções são preparadas para implementação final por padronização e possivelmente disseminadas para outras partes da organização. Para manter o trabalho de melhoria contínua, a chave do sucesso é repetir o ciclo no infinito para chegar a um nível ainda mais alto (PATEL; DESHPANDE, 2017). No entanto, no caso de uma mudança proposta não proporcionar os resultados pretendidos, esta etapa envolve o retorno ao passo anterior, a fim de que se evite que os ajustes ineficazes sejam incorporados à forma habitual de se fazer as coisas na organização (PEINADO; GRAEML, 2007).

### **2.3 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO**

O Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe foi desenvolvido e aperfeiçoado por Kauro Ishikawa no ano de 1943 através da percepção que ele teve ao presenciar a relação que existe entre um problema e a sua causa (TOLEDO *et al.*, 2013). Atualmente, o método tem sido muito difundido entre as empresas, a julgar por ser simples e de fácil manuseio, fornecendo melhorias consideráveis (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

Conforme explica Montgomery (2012), o método tem como principal objetivo pesquisar as possíveis causas de um problema por meio de perguntas do tipo: o que, como, onde e por que, de maneira que se proporcionem respostas objetivas e claras. “Estas possíveis causas representam hipóteses que precisam ser analisadas e testadas uma a uma, a fim de comprovar sua veracidade e determinar o grau de influência ou impacto sobre a situação em análise” (PEINADO; GRAEML, 2007, p. 550).

Uma vez que um defeito, erro ou problema foi identificado e para um estudo mais aprofundado, deve-se começar a analisar as possíveis causas desse indesejável efeito. Em situações em que as causas não são óbvias (às vezes são), a causa e efeito, o diagrama é uma ferramenta formal frequentemente útil para desfazer as causas potenciais. A análise de causa e efeito é uma ferramenta extremamente poderosa. Uma causa e efeito altamente detalhada, o diagrama pode servir como um auxílio efetivo para solução de problemas. Além disso, a construção de um diagrama de causa e efeito como uma experiência de equipe tende a levar as pessoas envolvidas em atacar um problema, em vez de apor a culpa (MONTGOMERY; RANGER, 2009).

Posteriormente, é feito um *brainstorming* em grupo para gerar todas possíveis causas que possam haver. Estruturando-se assim, as causas no diagrama – 6M: Método; Mão de obra; Material; Máquina; Meio Ambiente; Medida. Estas serão chamadas causas primárias. Logo após, carecerá de levantamento secundário de novas causas que afetam as primárias. Importante salientar que para cada causa primária deverá ser feito uma investigação específica para essa causa. Esse procedimento irá se repetir até que sejam detalhadas suficientemente (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

#### 2.4 PLANO DE AÇÃO 5W2H

A técnica 5W2H leva esse nome em virtude da inicial de cada palavra que lhe compõe, dessa forma, significam: *what* (o que será feito?); *who* (por quem será feito?); *where* (onde será feito?); *why* (por que será feito?); *when* (quando será feito?); *how* (como será feito?); *how much* (quanto custará para fazer?). Essa ferramenta é muito fácil e prática de ser aplicada, pode ser elaborada em formato de planilha (figura 2), sendo que ela ajuda a não esquecer de nenhum detalhe de um projeto, um problema ou qualquer situação que se deseja estudar, detalhar e analisar para buscar caminhos alternativos (BALLESTERO-ALVAREZ, 2019).

**Figura 2 – Modelo de Plano de Ação 5W2H**

5W					2H	
What	Why	Who	Where	When	How	How much
O quê	Por quê	Quem	Onde	Quando	Como	Quanto

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007).

Souza (2018) explica que o 5W2H permite que um processo em execução seja dividido em etapas, ordenadas a partir das perguntas, com o objetivo de serem encontradas falhas que impossibilitem a finalização adequada do processo. Além disso, o 5W2H é um documento de forma padronizada que identifica as ações e as responsabilidades de quem irá executá-lo, capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas. Geralmente, é utilizado no final do processo de identificação, análise e geração de solução de problemas (OLIVEIRA, 2014).

As respostas para as perguntas estão interligadas e, ao final de seu desenvolvimento, tem-se um plano de ação detalhado, de fácil compreensão e visualização, em que são definidas as ações realizadas, como e os responsáveis pela sua implementação. Com o uso dessa ferramenta, a quantidade de dúvidas ou incertezas serão eliminadas no planejamento, uma vez que ela permite uma resposta clara de quem, onde, quando, por que, como e quanto custa para solucionar o problema, afinal um erro de informação pode causar inúmeros prejuízos à organização (SILVA *et al.*, 2013).

Por fim, a técnica 5W2H, para Ballestero-Alvarez (2019), pode ser usada em três ocasiões diferentes da solução de problemas, quais sejam: primeiro, no diagnóstico da situação atual para ampliar o conhecimento; segundo, no plano de ação para detalhamento do que deve ser feito; e, por último, na padronização de procedimento para evitar a recorrência de problemas.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo classifica-se em pesquisa exploratória dado que construiu um arcabouço teórico, visando o conhecimento necessário ao entendimento do encadeamento lógico das informações aqui presentes; e pesquisa descritiva, uma vez que foram gerenciados dados oriundos do estudo *in loco* da técnica PDCA. Acerca da pesquisa exploratória, Gil (2002) explica que o objetivo dela é proporcionar maior familiaridade com o problema, aprimorando ideias ou ainda a descoberta de intuições. Em relação à pesquisa descritiva, Prodanov e Freitas (2013) explicam que quando ela é utilizada os fatos são observados, registrados, tratados e interpretados de modo impessoal, isto é, os fatos não são manipulados pelo pesquisador.

No que se refere à técnica para coleta de dados foi empregado o estudo de caso, por proporcionar a dimensão prática do tema em questão. A respeito do estudo de caso, cabe mencionar que, de acordo com Prodanov e Freitas (2013), ele consiste em coletar e analisar informações, sobre determinado indivíduo, uma família, um grupo ou uma comunidade, com o intuito de estudar aspectos variados de sua vida, conforme o assunto da pesquisa. O estudo de caso foi realizado no setor de produção em uma empresa fabril de polpa celulósica, localizada no estado do Espírito Santo. Além disso, ele foi estruturado a partir da metodologia utilizada na ferramenta PDCA, descrita seção 2. Por questão de sigilo o nome da empresa não pode ser divulgado.

As fontes utilizadas nesta pesquisa foram as primárias e secundárias. Estas englobam toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, como, por exemplos, publicações avulsas, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses (MARCONI; LAKATOS, 2003); aquelas, são constituídas por obras ou textos originais, material que ainda não foi trabalhado sobre determinado assunto, como dados estatísticos e visitas a instituições (ANDRADE, 2010).

Para a coleta de dados foi utilizada a observação, na qual o setor produtivo foi analisado e os dados necessários para o desenvolvimento da pesquisa coletados. Por já trabalhar na empresa estudada, o pesquisador concluiu essa fase no período

de seis meses no ano de 2020. Essa técnica, consoante Martins Junior (2015), permite que o pesquisador verifique pessoal e diretamente o fenômeno que se deseja estudar por intermédio da observação de como os sujeitos e as variáveis controladas se comportam durante um determinado espaço de tempo.

Finalmente, os dados foram tratados qualitativamente porque existem aspectos teóricos desta pesquisa que não podem ser convergidos em números. Segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 70) a pesquisa qualitativa “considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números”.

## **4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA**

A empresa, localizada no estado do Espírito Santo, é especializada na produção de celulose (matéria-prima para fabricação de papel). Ela possui três unidades fabris (A, B e C), sendo que cada uma delas atende a um tipo de cliente específico. Possui capacidade produtiva da ordem de dois milhões de toneladas anuais de celulose.

Para não violar o sigilo da empresa, o nome dela não será divulgado.

### **4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO**

O processo de fabricação de celulose tem início no pátio de madeira, onde é feita a recepção das toras de eucalipto. As toras são selecionadas por densidade, elas entram no processo por meio de uma mesa de recepção, no qual guas pegam os feixes de madeira das carretas e abastecem as mesas de recepção.

As mesas jogam as madeiras na linha de corte, na sequência passam por um picador; logo após, caem numa peneira, onde é feita a seleção dos cavacos. Os cavacos que apresentam tamanho pré-determinado (conforme ficha técnica) seguem o fluxo do processo, os demais, são utilizados na geração de energia para a fábrica.

Os cavacos selecionados vão para um silo de armazenamento. Embaixo dos silos ficam as roscas extratoras; elas têm a função de puxar os cavacos, direcionando-os para o digestor. O digestor nada mais é do que um vaso de pressão, utilizado para o cozimento do cavaco, fase em que é separada a fibra da celulose por meio de um processo químico.

Ademais, a celulose segue o fluxo do processo, passando pelo branqueamento. Quando atinge a cor ideal, a pasta é armazenada em um outro silo e passa por um processo de secagem. Depois, é transformada em folhas, cortadas e organizadas em fardos.

### 4.3 APLICAÇÃO DO PDCA

#### 4.3.1 Etapa Plan

Após observado o processo, o problema identificado foi a quebra da rosca extratora de cavacos. Em um período de dois meses a empresa passou por três quebras da rosca devido ao entupimento do chute – onde a rosca joga o cavaco até chegar à correia em forma de funil. Na terceira quebra, o instrumento, então, foi retirado da área e verificou-se que ele fazia a comutação, no entanto, o motor interno estava queimado.

A partir dessa constatação, foi realizado um *brainstorming* com uma pequena equipe multidisciplinar, incluindo o pesquisador, para analisar as principais causas do problema encontrado, utilizando como apoio o Diagrama de Causa e Efeito. As categorias avaliadas método, mão de obra, material, meio ambiente e medida não apresentaram elementos suficientes que se correlacionassem com o problema. Concluiu-se, então, que a principal causa advinha da máquina: o equipamento utilizava tecnologia antiga (chave mecânica).

A solução proposta para sanar o problema foi colocar um sensor de fluxo para substituir a chave de entupimento, ambos funcionam como um intertravamento para indicar que o chute está cheio. Porém, a chave é um equipamento mecânico, que não disponibiliza a indicação de falha, podendo ocasionar uma série de

entupimentos que pode resultar na quebra da rosca de abastecimento do chute, e, conseqüentemente haver perdas na produção.

A partir da definição da solução proposta para o problema identificado, foi realizado um plano ação, utilizando a técnica 5W2H para conduzir as etapas do projeto até a implementação da melhoria. O plano está representado no quadro 1, que se segue:

**Quadro 1: Aplicação do Plano de Ação 5W2H**

5W					2H	
What	Why	Who	Where	When	How	How much
O quê	Por quê	Quem	Onde	Quando	Como	Quanto
Pesquisar sensores de fluxo nos catálogos dos fornecedores	Identificar o sensor compatível com a máquina	Pesquisador	Setor de compras	Julho/2020	Folhear os catálogos de fornecedores	R\$ -
Fazer cotação do sensor	Identificar o melhor custo/benefício	Pesquisador	Setor de compras	Julho/2020	Ligar para os fornecedores	R\$ -
Fazer compra do sensor	Viabilizar a feitura dos testes	Pesquisador	Setor de compras	Julho/2020	Ligar para os fornecedores e finalizar compra	R\$ -
Realizar simulação em bancada	Verificar se o sensor, de fato, atende aos requisitos da máquina	Pesquisador	Área de manutenção	Agosto/2020	Substituir chave mecânica pelo sensor de fluxo	R\$ -
Realizar teste no processo	Verificar o funcionamento do sensor no processo	Pesquisador	Chão de fábrica	Agosto/2020	Colocar a máquina com o sensor no processo produtivo	R\$ -
Padronizar melhoria	Aumentar a qualidade do processo	Pesquisador	Processo de produção	Fim da verificação	Estabelecer procedimento de padronização de melhoria	R\$ -

Fonte: Próprio autor (2020)

Vale ressaltar que, dado o caráter sigiloso de algumas informações como custos, estes não foram evidenciados.

#### 4.3.2 Etapa Do

Nesta etapa, as ações descritas no plano de ação 5W2H foram postas em prática. Vale mencionar que o pesquisador, por possuir o conhecimento técnico

necessário, a equipe de usinagem e torneiro mecânico participaram da instalação do sensor de fluxo.

#### **4.3.3 Etapa Check**

Nesta etapa, comparou-se os resultados obtidos com aqueles antes do estudo. A verificação da eficácia do sensor de fluxo foi feita pela equipe de engenharia da empresa, durante um período de três meses. Para isso, o sinal do sensor foi acompanhado e gerenciado na sala de monitoramento, local onde monitora-se em tempo real todas as máquinas da fábrica, assim, os gestores conseguem atuar em tempo hábil caso haja alguma falha em determinado equipamento.

Aconteceram episódios de entupimento, no entanto, o sensor imediatamente cumpriu sua função.

A substituição da chave de entupimento resultou na melhora do fluxo de todo processo, bem como, otimizou o tempo de equipamento disponível para a produção, minimizando perdas na produção.

#### **4.3.4 Etapa Act**

A padronização ocorreu na medida em que os testes confirmaram a eficácia da melhoria proposta.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo deste artigo foi demonstrar a aplicação do ciclo PDCA em uma empresa fabril de polpa celulósica, assim como, a sua utilidade na resolução de problemas e na melhoria contínua da companhia em estudo. Para isso, a revisão da literatura abordou os conceitos e asserções sobre a ferramenta PDCA. Além disso, as ferramentas de apoio Diagrama de Causa e Efeito e Plano de Ação 5W2H foram contextualizadas e definidas.

A abordagem da técnica PDCA tem início com uma fase de planejamento na qual os problemas são claramente identificados e compreendidos e uma teoria para melhoria é definida. As soluções potenciais são testadas em pequena escala na fase

do e o resultado é então estudado e verificado. As etapas fazer e verificar podem ser feitas quantas vezes forem necessárias antes que a solução completa e polida seja implementada, na fase agir do ciclo.

No que se refere ao estudo de caso, o problema identificado foi a quebra da rosca extratora de cavaco, na qual resultava a paralização do digestor. O estudo das causas prováveis foi feito por meio de um *brainstorming*, apoiado no Diagrama de Causa e Efeito. Dessa forma, a principal causa encontrada diz respeito à máquina, pois, por ela ser fabricada com tecnologia antiga, a chave de entupimento era mecânica e não apresentava eficácia em sua proposta. Na sequência, propôs-se como solução para o problema encontrado, a substituição da chave de entupimento por um sensor de fluxo. A partir da solução proposta, elaborou-se o plano de ação 5W2H para o acompanhamento do cumprimento das etapas necessárias à implementação da melhoria. Com relação à etapa *do* do ciclo, as atividades elencadas no plano foram postas em ação. Na etapa *check*, comparou-se os resultados obtidos com os do início do estudo. Por fim, na última etapa do ciclo (etapa *act*), ocorreu-se a padronização da solução proposta.

Quanto a limitações do estudo, destaca-se a falta de acesso a informações como custo, no qual serviriam para mensurar quantitativamente os resultados apresentados.

Para trabalhos futuros, sugere-se um novo estudo na organização, aplicando novamente o ciclo PDCA, uma vez que ele é um ciclo sem fim, objetivando a melhoria contínua.

Por fim, conclui-se que o ciclo PDCA é um ciclo contínuo de planejamento, execução, verificação e ação poderoso. Contribui positivamente para a melhoria contínua. Além disso, fornece uma abordagem simples e eficaz para resolver problemas. O modelo é útil para testar medidas de melhoria em pequena escala antes de atualizar procedimentos e práticas de trabalho.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BALLESTERO-ALVAREZ, María Esmeralda. **Gestão de qualidade, produção e operações**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

BRITTO, Eduardo. **Qualidade total**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

FALCONI, V. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2014.

FERREIRA, Caio Vinicius Molina; PINEYRUA, Diego Gilberto Ferber. Aplicação do Failure Mode and Effect Analysis na identificação de falhas e quebras de um misturador de reagentes químicos. **O papel**. v. 81, n. 3, pp. 84 - 89 - mar 2020. Disponível em: <[http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1588525154\\_4439d2221aecac8032e7546b20d4eaa0\\_764793739.pdf](http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1588525154_4439d2221aecac8032e7546b20d4eaa0_764793739.pdf)> Acesso em: 07 out. 2020.

GALGANO, Alberto. **Los 7 Instrumentos de la Calidad Total**. España: Editorial Díaz de Santos, 1995.

GAYER, Jéssika Alvares Coppi Arruda. **Gestão da qualidade total e melhoria contínua de processos**. Curitiba: Contentus, 2020.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOETSCH, David L.; DAVIS, Stanley. **Quality Management for Organizational Excellence: introduction to Total Quality**. 7. ed. Boston: Pearson, 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2003.

MARTINS JUNIOR, Joaquim. **Como escrever trabalhos de conclusão de curso: instruções para planejar e montar, desenvolver, concluir, redigir e apresentar trabalhos monográficos e artigos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2015.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 4. ed. LTC: Rio de Janeiro, 2009.

OLIVEIRA, J. Otávio. **Curso de gestão da qualidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

PATEL, Pratik; DESHPANDE, Vivek. Application Of Plan-Do-Check-Act Cycle For Quality And Productivity Improvement-A Review. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology**. 2017. v. 5. 197-201.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SILVA, Alisson. O. *et al.* Gestão da qualidade: Aplicação da ferramenta 5W2H como plano de ação para projeto de abertura de uma empresa. In: 3ª SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR. 7º SEMINÁRIO ESTADUAL DE ENGENHARIA MECÂNICA E INDUSTRIAL, 2013. **Fahor**. Horizontina, 2013. Disponível em: <[https://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2013/gestao\\_de\\_qualidade.pdf](https://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2013/gestao_de_qualidade.pdf)> Acesso em: 25 maio 2020.

SIMANOVÁ, Ľubica; GEJDOŠ, Pavol. The Use of Statistical Quality Control Tools to Quality Improving in the Furniture Business. **Procedia Economics and Finance**, v. 34, 2015, p. 276–283.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SOKOVIC, Mirko; PAVLETIC, Dusko; PIPAN, Karmen. Quality improvement methodologies - PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**. v. 43, n. 1, 2010.

SOUZA, Stefania Márcia de Oliveira. **Gestão da qualidade e produtividade**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

TOLEDO, José Carlos *et al.* **Qualidade: gestão e métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.