



FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA "MINISTRO RALPH BIASI"
Curso Superior de Tecnologia em Gestão Empresarial

CAIO HENRIQUE MACARIO ALVES DOS SANTOS

**A APLICAÇÃO DO MÉTODO PDCA PARA A MELHORIA DA GESTÃO
AMBIENTAL DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**

Americana, SP

2023

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA “MINISTRO RALPH BIASI”
Curso Superior de Tecnologia em Gestão Empresarial**

CAIO HENRIQUE MACARIO ALVES DOS SANTOS

**A APLICAÇÃO DO MÉTODO PDCA PARA A MELHORIA DA GESTÃO
AMBIENTAL DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido em cumprimento à exigência curricular do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Empresarial, sob a orientação do Prof. Me. Renato Willian Martins de Oliveira.
Área de concentração: Gestão Ambiental.

Americana, SP

2023

**FICHA CATALOGRÁFICA – Biblioteca Fatec Americana
Ministro Ralph Biasi- CEETEPS Dados Internacionais de
Catalogação-na-fonte**

SANTOS, Caio Henrique Macario Alves dos

A aplicação do método PDCA para a melhoria da gestão ambiental de tratamento de efluentes industriais. / Caio Henrique Macario Alves dos Santos – Americana, 2023.

39f.

Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Empresarial) - - Faculdade de Tecnologia de Americana Ministro Ralph Biasi – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Orientador: Prof. Ms. Renato Willian Martins de Oliveira

1. Administração de empresas. I. SANTOS, Caio Henrique Macario Alves dos II. OLIVEIRA, Renato Willian Martins de III. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Faculdade de Tecnologia de Americana Ministro Ralph Biasi

CDU: 658

Elaborada pelo autor por meio de sistema automático gerador de ficha catalográfica da Fatec de Americana Ministro Ralph Biasi.

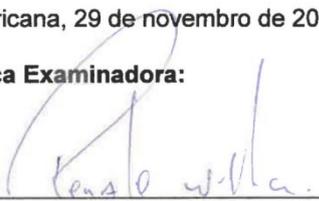
CAIO HENRIQUE MACARIO ALVES DOS SANTOS

**A APLICAÇÃO DO MÉTODO PDCA PARA A MELHORIA DA GESTÃO AMBIENTAL
DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**

Trabalho de graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Curso Superior de Tecnologia em Gestão Empresarial pelo Centro Paula Souza – FATEC Faculdade de Tecnologia de Americana Ministro Ralph Biasi.
Área de concentração: Gestão Ambiental.

Americana, 29 de novembro de 2023

Banca Examinadora:



Me. Renato Willian Martins de Oliveira (Presidente)
Mestre
Fatec Americana Ministro Ralph Biasi



Me. Benedito Luciano Antunes de França
Mestre
Fatec Americana Ministro Ralph Biasi



Dr. Reydner Furtado Garbero
Doutor
Fatec Americana Ministro Ralph Biasi

Dedico a todas as pessoas que acreditaram na minha capacidade de crescimento profissional e me incentivaram nesta etapa acadêmica, aos professores do Curso de Gestão Empresarial. O professor Renato Willian pelo apoio e orientação deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade analisar a importância do ciclo PDCA nos tratamentos de efluentes das indústrias do setor têxtil, no qual o respectivo tratamento de efluentes é um requisito indispensável perante a legislação, visando garantir a preservação ambiental e reforçando o papel social que estas empresas representam para a sociedade. No decorrer do tempo constatou-se cientificamente que os problemas ambientais gerados pelos descartes indiscriminados de efluentes pelas empresas sem o devido tratamento têm impactado negativamente e de modo significativo a qualidade de vida das pessoas. Estabelecer um Sistema de Gestão Ambiental para o adequado tratamento de efluentes nas empresas é uma das alternativas para ajudar a sustentabilidade ambiental, pois o mesmo visa mitigar os danos causados ao sistema hídrico e, também viabilizar o descarte conforme padrões estabelecidos pela legislação vigente de efluentes industriais, bem como a redução de custos financeiros no processo e novas alternativas de uso como o reuso da água a ser utilizada dentro do processo industrial. A ferramenta PDCA é uma proposta para melhoria no sistema de gestão ambiental e pode ser aplicada no processo de tratamento de efluentes industriais visando a otimização, esta ferramenta é amplamente aplicada para implementar melhorias nos processos, devido os resultados promissores que a mesma proporciona. Logo, a aplicação do método PDCA na implantação das ações do Sistema de Gestão Ambiental, ajuda a promover melhorias na gestão, permitindo a empresa minimizar consideravelmente a quantidade de água nos processos e contribuir com a sustentabilidade do meio ambiente.

Palavras-chave: Método PDCA; Tratamento de Efluentes; Sistema de Gestão Ambiental.

ABSTRACT

The present work aims to analyze the importance of the PDCA cycle in the treatment of effluents of the textile industries, in which the respective treatment of effluents is an indispensable requirement before the legislation, aiming to ensure environmental preservation and reinforcing the social role that these companies represent for society. Over time, it has been scientifically verified that the environmental problems generated by the indiscriminate disposal of effluents by companies without proper treatment have had a significant negative impact on people's quality of life. Establishing an Environmental Management System for the proper treatment of effluents in companies is one of the alternatives to help environmental sustainability, as it aims to mitigate the damage caused to the water system and also enable the disposal of industrial effluents according to the standards established by the current legislation, as well as the reduction of financial costs in the process and new alternatives of use such as the reuse of water to be used within the industrial process. The PDCA tool is a proposal for improvement in the environmental management system and can be applied in the process of treatment of industrial effluents aiming at optimization, this tool is widely applied to implement improvements in processes, due to the promising results it provides. Therefore, the application of the PDCA method in the implementation of the actions of the Environmental Management System helps to promote improvements in management, allowing the company to considerably minimize the amount of water in the processes and contribute to the sustainability of the environment.

Keywords: PDCA method; Effluent Treatment; Environmental Management System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Método PDCA | 22 |
| Figura 2 - Método PDCA e gerenciamento de processos | 23 |
| Figura 3 - Ciclo de Shewhart de 1939 | 25 |
| Figura 4 - Método PDCA de Deming em 1990 | 26 |
| Figura 5 - Processo de tratamento do efluente industrial | 32 |
| Figura 6 - Reuso do efluente tratado | 33 |
| Figura 7 - Volume de reuso de efluente tratado no ano de 2006 | 34 |
| Figura 8 - Custo do reuso X custo de compra de água | 35 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - O ciclo do PDCA e o seu desdobramento através do método de análise e solução de problemas | 24 |
|--|----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DAE - Departamento de Água e Esgoto

ETA - Estação de Tratamento de Água

ETE - Estação de Tratamento de Efluentes

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

ISO - International Organization for Standardization

SGA - Sistema de Gestão Ambiental

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 | Justificativa | 12 |
| 1.2 | Situação Problema | 13 |
| 1.3 | Objetivos | 15 |
| 1.3.1 | Objetivo geral | 15 |
| 1.3.2 | Objetivos específicos | 15 |
| 2 | METODOLOGIA | 16 |
| 3 | DEFINIÇÃO DE EFLUENTES | 17 |
| 3.1 | Classificações de efluentes | 17 |
| 3.2 | Impacto ambientais dos efluentes | 18 |
| 4 | O MÉTODO PDCA | 21 |
| 4.1 | Aspectos Históricos | 24 |
| 4.2 | Módulo <i>PLAN</i> | 26 |
| 4.3 | Módulo <i>DO</i> | 27 |
| 4.4 | Módulo <i>CHECK</i> | 28 |
| 4.5 | Módulo <i>ACT</i> | 29 |
| 5 | ANÁLISE DOS DADOS DO CICLO PDCA NA EMPRESA TÊXTIL | 30 |
| 5.1 | Aumento da eficiência | 33 |
| 5.2 | Redução dos custos | 34 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 37 |
| | REFERÊNCIAS | 38 |

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história ocorreram acidentes de grandes proporções ambientais que causaram um impacto na realidade das pessoas, perdas de vidas humanas e de animais, o que estimulou a sociedade a muitos debates acerca da importância de se preservar o meio ambiente e posteriormente os governantes instituíram leis ambientais, com a finalidade de assegurar o crescimento industrial com sustentabilidade e respeito ao meio ambiente.

As empresas nas operações produtivas em expansão utilizam grandes quantidade de água nos seus processos, esses recursos hídricos são essenciais para a fabricação de produtos. Contudo, se esta extração da água ocorrer de maneira indiscriminada com o despejo de efluentes industriais sem o tratamento adequado nos rios e lagos, ocasionarão a poluição e degradação resultando em um impacto ambiental danoso a natureza e todo o ecossistema.

Em virtude da empresa utilizar água nos seus processos industriais é necessário que seja realizado boas práticas de utilização deste recurso natural para reduzir o consumo, juntamente com reuso desta água no sistema produtivo e posteriormente um tratamento adequado deste efluente, para finalmente ser devolvida ao meio ambiente. Esta redução do consumo visa buscar soluções que conduzam ao uso racional da água, sendo pertinente o uso de medidas como a identificação de vazamentos e reaproveitamentos (Moura, 2011).

Moura (2011, p. 77) descreve “A ferramenta gerencial que consideramos a mais importante, e que poderá resumir toda a implantação do processo do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é o ciclo PDCA”.

Este trabalho tem o objetivo de analisar a importância do ciclo PDCA para melhoria contínua no tratamento de efluentes industriais, nas indústrias têxteis da região de Americana no estado de São Paulo. O sistema do SGA está fundamentado na norma ISO 14001:2015, deste modo, especificamente, a análise tem o foco de apresentar a ferramenta ciclo PDCA que ajuda a promover a melhoria do processo de tratamento de efluentes, considerando que proporciona a melhoria contínua.

1.1 Justificativa

O presente trabalho visa analisar a importância do PDCA no tratamento de efluente, que ajuda a promover a melhoria contínua no SGA. Deste modo, um sistema gerencial de tratamentos de efluentes estabelecido e estruturado contribui para a preservação do meio ambiente; proporcionando, também, o desenvolvimento sustentável nas empresas.

O método PDCA na gestão de efluentes é a principal ferramenta para elaborar o SGA, no qual é responsável por agregar um excelente desempenho na implementação deste sistema nas empresas, pois, através dele que diretamente é desenvolvido as ações efetivas que asseguram que o desenvolvimento do projeto ocorrerá conforme o esperado. O SGA é responsável por realizar a identificação, monitoramento e controle de efluentes industriais, através do mesmo que diretamente é desenvolvido as ações efetivas que asseguram que o tratamento dos efluentes ocorrerá conforme o esperado. É imprescindível para a empresa efetuar o tratamento de efluentes conforme determina a legislação na Lei N° 12.305/10, “Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos” (Brasil, 2010).

Art. 7º São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;

V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;

VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;

IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos (Brasil, 2010).

Com a globalização, a produção de produtos industrializados é o principal mecanismo utilizado para produzir riqueza nos países, através do comércio interno e externo, os quais detêm maior valor agregado no produto, em contrapartida as

matérias primas são consideradas pelo mercado como um produto que entrega pouco valor agregado. O mercado nesta perspectiva de buscar e incentivar as empresas a gerarem cada vez mais riquezas, através de produtos industrializados, tem possivelmente acarretado a uma maior degradação ambiental, algumas vezes irreparável; o qual traz a seguinte reflexão: quais os problemas que surgirão com o esgotamento dos recursos hídricos causados pelos impactos ambientais no meio ambiente?

A resposta é incerta devido a possibilidade de inúmeros problemas, tendo esta percepção muitos países assinaram acordos e metas de redução da poluição e se comprometeram a preservar o meio ambiente.

Tendo em vista a relevância do tema de gestão ambiental na sociedade e no ambiente empresarial, nota-se que ao passar do tempo este assunto de sustentabilidade será tratado com maior ênfase na realidade das pessoas. De modo que os gestores nas organizações utilizarão de ferramentas gerenciais com maior frequência para alcançar o objetivo de produzir bens com eficiência e buscando a melhoria do desempenho ambiental.

1.2 Situação Problema

Com o passar dos anos, a partir da revolução industrial no século XVIII, as indústrias tiveram um grande avanço tecnológico, as novas tecnologias possibilitaram aumentar a produtividade e reduzir os custos, em contrapartida surgiram diversos problemas relacionados com impactos ambientais no meio ambiente causados pelos processos produtivos nestas indústrias que ocasionavam a degradação ambiental. Um dos problemas é a possibilidade de esgotamento dos recursos hídricos, gerando assim a preocupação em promover atividades industriais com sustentabilidade, eliminando (ou reduzindo eventualmente) o impacto ambiental dos efluentes industriais em recursos hídricos.

Para ajudar a minimizar os problemas ambientais foram desenvolvidas normas internacionais, sendo a série ISO 14001 que a partir de 1996 contribui para que as empresas aplicassem um modelo de gestão ambiental visando minimizar os impactos ambientais e preservar a natureza e conseqüentemente o bem-estar da sociedade.

As empresas que atendem os requisitos da norma ISO 14000 podem requerer a certificação ambiental sendo está uma vantagem competitiva no mercado empresarial. Segundo Moura (2011) a importância destas normas técnicas é muito conhecida, sendo que a maioria dos países possuem seus mecanismos para gerar suas próprias normas técnicas. O Brasil possui a ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, no qual é uma entidade sem fins lucrativos responsável por definir as normas e técnicas na indústria, comércio e a prestação de serviço.

Os conceitos utilizados na implementação das normas da legislação sobre a preservação do meio ambiente são muito complexas e exigem um grande esforço da empresa para alcançá-los, para isto é necessária uma gestão estruturada que elabore o SGA. Tendo em vista a dificuldade deste objetivo, a ferramenta mais adequada neste processo de implementação é o método PDCA, composto por 4 fases: *PLAN* (Planejar); *DO* (Realizar); *CHECK* (Verificar); e *ACTION* (Agir para corrigir), este ciclo visa preceder o estabelecimento da política ambiental da empresa (Moura, 2011, p.78).

Realizar uma adequada administração é essencial para os novos projetos da empresa, visando principalmente a eficiência e eficácia para efetuar o adequado tratamento de efluentes. Moura (2011) destaca que os benefícios que o SGA fornece as empresas são muitos: Maior satisfação dos clientes; Melhoria da reputação da marca; Conquista de novos mercados; Redução de custos; Melhoria de produtividade da empresa; Maior ciclo de vida do produto; Redução de risco por multas ambientais; Maior facilidade de conseguir financiamento; Demonstração de responsabilidade ética. As empresas que implementam o SGA reforçam o compromisso com a sustentabilidade, melhoram o desempenho nas atividades desenvolvidas e promovem um melhor ambiente para as futuras gerações viverem.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral apresentar a importância do método PDCA aplicado na área de gestão ambiental e no processo de melhoria contínua de um SGA no tratamento de efluentes industriais.

1.3.2 Objetivos específicos

Tendo em vista atingir o objetivo geral proposto pelo trabalho, definiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar a importância no tratamento de efluentes industriais visando a sustentabilidade;
- Definir o conceito de efluentes e seus impactos ambientais;
- A importância do ciclo PDCA na gestão de efluentes.

2 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa será de natureza bibliográfica, com o intuito de descrever a maneira que as empresas desempenham a gestão administrativa do SGA no tratamento de efluentes, alcançando resultados satisfatórios através do método PDCA na gestão ambiental, o qual é utilizado para a elaboração de projetos e melhoria contínua de processos e produtos, visando promover a eficiência na elaboração e execução desses projetos.

Para a elaboração destas pesquisas será utilizada a biblioteca, consistindo na leitura de livros e a consulta de artigos online para a obtenção de materiais teóricos que viabilizem a análise do trabalho.

3 DEFINIÇÃO DE EFLUENTES

Os efluentes são caracterizados como resíduos contaminados, podem ser sólidos, líquidos ou gasosos, nos quais foram originados após os processos nas indústrias, residências ou comércios.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, define o efluente como “o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos”. Águas são utilizadas nos processos industriais como insumos, no resfriamento de máquinas, para fins sanitários e diversas outras utilidades; depois de ser utilizada no processo industrial, são denominadas efluentes.

O CONAMA (2011) é responsável por regulamentar, nesta resolução com diversos artigos, as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água receptores, estabelecendo normas que coordenam boas práticas para o devido tratamento de efluentes. Conforme pode ser consultado no artigo 3º, é descrito que os efluentes proveniente de qualquer fonte poluidora somente estão autorizados a serem lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento, esta norma visa resguardar o meio ambiente da poluição das águas. De acordo com este órgão ambiental no processo de licenciamento é exigido do empreendedor as informações referentes as substâncias contidas nos efluentes que serão geradas no processo produtivo.

3.1 Classificações de efluentes

Os efluentes são classificados em duas categorias: os efluentes industriais e os efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários.

Os efluentes industriais são os efluentes oriundos das indústrias e podem ser compostos por diversos elementos químicos, exemplo: chumbo, bário, benzeno, mercúrio etc. O CONAMA determina várias condições para o lançamento desse efluente no meio ambiente: pH entre 5 e 9, temperatura inferior a 40°C, materiais sedimentáveis até 1 ml/L e para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula os materiais sedimentáveis deverão estar ausentes etc.

Os efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitário são os efluentes oriundos das residências e comércios, e podem eventualmente conter determinada quantidade de efluentes industriais e efluentes não domésticos. O CONAMA determina várias condições para o lançamento desse efluente no meio ambiente: pH entre 5 e 9, temperatura inferior a 40°C, materiais sedimentáveis até 1 ml/L e para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula os materiais sedimentáveis deverão estar ausentes, substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L, ausência de materiais flutuantes etc.

3.2 Impacto ambientais dos efluentes

Segundo Barbieri (2016) o Impacto ambiental é definido como qualquer alteração no ambiente natural resultante de uma atividade industrial ou de ações humanas, essas mudanças ocorrerem alterando as propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, podendo gerar efeitos positivos ou negativos.

De acordo com Dias (2017) a contaminação do meio ambiente pelas empresas, como consequência do descarte irregular de efluentes industriais sem o adequado tratamento, iniciou-se a partir da revolução Industrial no século XIX, havendo um crescimento exponencial desta época em diante, essas ações provocaram diversas catástrofes ambientais. Devido a estes eventos foram criadas normas ambientais com o objetivo específico de proteger o meio ambiente. Dias (2017) afirma que nos processos industriais os recursos obtidos da natureza são utilizados como insumos, entretanto devido a ineficiência do processo em tratar o efluente gerado, os mesmos são formados de todo tipo de substâncias que contaminam o meio ambiente.

No que se refere aos resíduos sólidos, a Legislação determina, através da Lei 12305/10 que as empresas são responsáveis por tratar seus resíduos, assim é assegurado o compromisso com o meio ambiente, bem como é desenvolvido nas empresas uma Cultura Organizacional que prioriza e promove boas práticas da gestão ambiental, permitindo o adequado tratamento dos efluentes gerados nos processos industriais e conseqüentemente minimizando o Impacto ambiental na natureza.

A sociedade como um todo é recomendável ter a ciência do conceito de impacto ambiental, a maneira que este fator pode influenciar na qualidade de vida das pessoas está relacionado com sua identificação e análise, visando estudá-los para assim mitigar a degradação ambiental, promovendo continuamente melhorias das ações de caráter ambiental.

São grandes os impactos ambientais acarretados pelos efluentes despejados de maneira indiscriminada, sem o adequado tratamento na natureza. Devido a magnitude destes eventos é fundamental nas empresas os respectivos gestores adotarem as medidas estabelecidas pelos órgãos ambientais, coincidindo com a política ambiental da empresa.

Continuando com Barbieri (2016), ele destaca as consequências desses impactos ambientais, os quais afeta:

- A qualidade dos recursos ambientais;
- A saúde; a segurança e o bem-estar da população;
- A segurança alimentar da população;
- A biota.

Nesta perspectiva é notável que os problemas ambientais causados pelos efluentes descartados nos rios, sem o adequado tratamento, impedem a utilização destes recursos necessários para as pessoas e para as empresas na produção de bens e serviços, devido a poluição gerada. Essa situação crítica é evidenciada em diversos rios no Brasil, sendo o rio Tietê e Iguaçu que apresentam o índice de qualidade da água mais baixos, deste modo os problemas ambientais decorrentes da poluição pelos efluentes prejudica o cotidiano da população.

O tratamento de efluentes nas indústrias é fundamental não apenas pensando em sustentabilidade, mas também para atender requisitos legais de operação. Devido ao grande consumo de água nos processos produtivos, as estações de tratamento de efluentes industriais normalmente têm proporções consideráveis e por consequência altos custos de operação. Uma adequada gestão em uma estação de tratamento faz com que os recursos sejam eficientemente utilizados, por outro lado caso os gastos não sejam monitorados poderão ocorrer dificuldades com o orçamento disponível (Schenknecht, 2018).

Uma opção que Dias (2017) afirma ser viável e que os gestores podem adotar como medidas para reduzir emissões contaminantes é a instalação de tecnologias no

final do processo produtivo antes que o efluente seja lançado em rios e assim adequar os processos de acordo com as normas estabelecidas pelos órgãos ambientais.

Esta tecnologia é referente ao sistema de tratamento de efluentes, sendo realizado em uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). A ETE consiste em uma unidade operacional do sistema de tratamento de efluentes, o qual o efluente deve ser recolhido, em seguida ser colocado neste local determinado que possui recipientes adequados e finalmente realiza-se os processos físicos, químicos ou biológicos que removem as cargas poluentes dos resíduos domésticos e industriais.

4 O MÉTODO PDCA

O conceito do método de melhoria foi inicialmente elaborado na década de 1930, oriundo nos laboratórios da Bell Laboratories nos Estados Unidos, pelo estatístico americano Walter A. Shewhart, como um ciclo de controle estatístico do processo, que pode ser continuamente repetido em qualquer processo ou problema (Carvalho; Paladini, 2012).

Shewhart propôs o ciclo PDCA, que conduziria a análise e solução de problema, adotando o ciclo de planejar, fazer, checar o resultado e depois agir, ou seja, implementar a melhoria nos processos, com enfoque de melhoria contínua. Estes conceitos foram aperfeiçoados posteriormente e difundidos em conjunto por Shewhart e W. Edwards Deming (Carvalho; Paladini, 2012).

Segundo Seiffert (2011) o método PDCA é definido como uma ferramenta para a solução de problemas, na gestão do SGA o método PDCA é focado no aperfeiçoamento dos processos e melhoria contínua, conforme a norma ISO 14001:2015, com a finalidade de melhorar a eficiência.

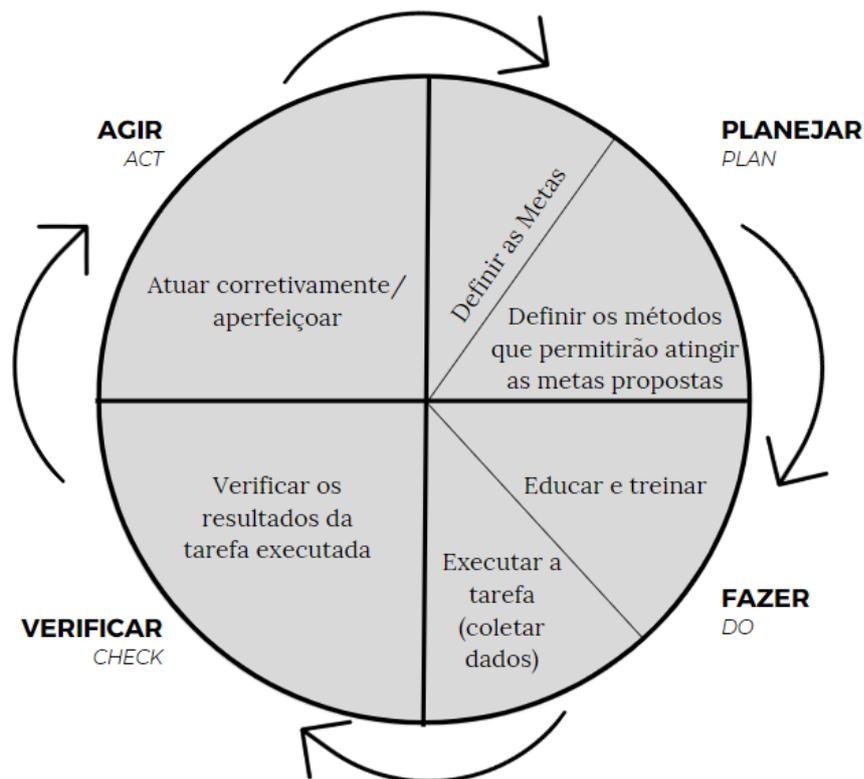
O ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de Shewhart, ciclo da qualidade ou ciclo de Deming, é um método de gestão de qualidade que tem como função a melhoria contínua, assistência no diagnóstico, análise e prognóstico de problemas organizacionais, sendo extremamente útil para a solução de problemas e tomada de decisão, capaz de indicar o caminho a ser seguido para que os objetivos estipulados no plano de ação possam ser alcançados com melhores resultados (Santos *et al.*, 2021).

É importante destacar que esse método vai além do pensamento estatístico, pois promove um alinhamento estratégico da qualidade, desdobrada em projetos prioritários. Além disso, existe forte ênfase na relação custo-benefício desse tipo de planejamento, cujos resultados, em algumas empresas, são expressivos (Carvalho; Paladini, 2012).

Segundo Seiffert (2011) este ciclo está fundamentado na melhoria contínua, no qual é fundamental para a melhoria de projetos ou na elaboração de novos, o ciclo inicia-se na fase de planejamento, em seguida as ações são efetivadas; posteriormente, as execuções das tarefas são verificadas através da análise crítica e a última etapa do ciclo é realizada a análise dos resultados conquistados durante a

execução e a verificação, no qual são comparados os resultados. O método PDCA está representado na Figura 1.

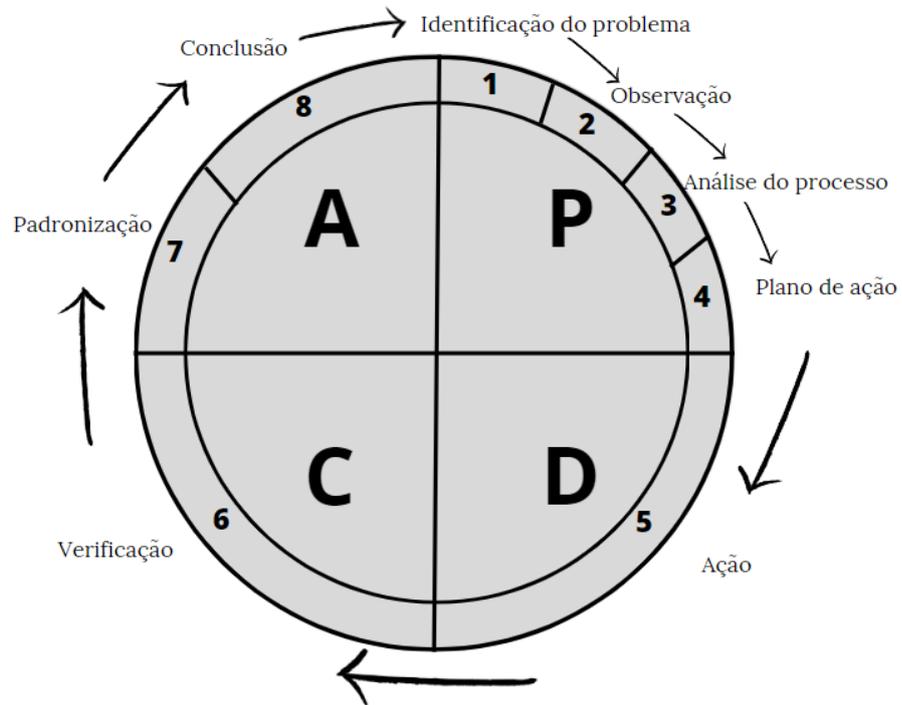
Figura 1 - Método PDCA



Fonte: Seiffert (2011)

Um aspecto muito relevante é a maneira coerente e funcional que essa ferramenta realiza o gerenciamento de processos, visando a compreensão e resolução de problemas complexos, conforme pode ser observado na Figura 2. A respectiva ferramenta é essencial, pois com base na observação do problema, elaboram-se os objetivos, e que considerando a análise da situação, permite finalmente resumir as soluções viáveis, tendo em vista todo o contexto, assim, finalmente analisam-se as soluções mais adequadas (Seiffert, 2011).

Figura 2 - Método PDCA e gerenciamento de processos



Fonte: Seiffert (2011)

No Quadro 1 desenvolvido abaixo, é apresentado o fluxograma de todas as fases do método PDCA, e seus respectivos objetivos, nota-se uma sequência do ciclo como um todo, de maneira detalhada, se iniciando na identificação do problema, passando em todas as fases e por último a conclusão.

Quadro 1 - O ciclo do PDCA e o seu desdobramento através do método de análise e solução de problemas

| PDCA | Fluxograma | Fase | Objetivo |
|----------|----------------|---------------------------|--|
| P | 1 ↓ | Identificação do problema | Definir o problema e reconhecer sua importância |
| | 2 ↓ | Observação | Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista |
| | 3 ↓ | Análise | Descobrir a causa fundamental |
| | 4 ↓ | Plano de ação | Elaborar um plano de ações para bloquear a causa fundamental |
| D | 5 ↓ | Ação | Bloquear causa fundamental |
| C | 6 ↓ | Verificação | Verificar se o bloqueio foi efetivo |
| | (N) ? ↓ (S) | O bloqueio foi efetivo | |
| A | 7 ↓ | Padronização | Prevenir contra o reaparecimento do problema |
| | 8 | Conclusão | Recapitular todo o processo de solução do problema para o trabalho futuro |

Fonte: Seiffert (2011)

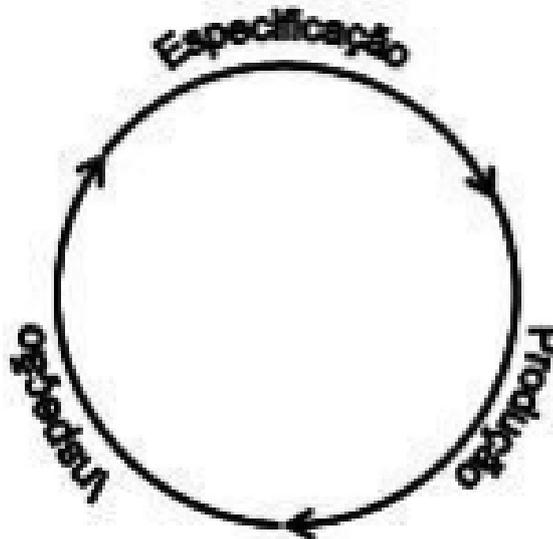
4.1 Aspectos Históricos

De acordo com Oribe (2009), por meio de relatos de Moen e Norman, autores da área da Qualidade, desde o início do século XX, as empresas conheciam os três processos da produção em massa: especificação, produção e inspeção. A sequência linear dos processos foi publicada no livro “Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control” (Método Estatístico sob o Ponto de Vista do Controle da Qualidade-

em tradução livre), em 1939 por Shewhart, e consistiam nestes três processos: especificação, produção e inspeção. Estes processos eram executados através de sequência linear e caracterizam a estrutura que eram constituídas as empresas naquela época. Depois de um tempo Shewhart modifica seu projeto e o torna o modelo circular, conforme mostra a Figura 3.

O termo método PDCA tem raízes no Japão, foi elaborado por Deming em 1990, a partir de uma nova versão do ciclo de Shewhart, proposto com enfoque inicial somente na qualidade na manufatura naquela época. Atualmente o método PDCA é comumente utilizado por gestores em diversos segmentos industriais, não se limitando somente a área de qualidade, mas também sendo difundido para a área de gestão ambiental, o objetivo desta ferramenta gerencial é promover melhores práticas de gestão, consistindo a essência e lógica deste ciclo em orientar para a solução de problemas, juntamente em coordenar continuamente os esforços no sentido da melhoria contínua (Seiffert, 2011).

Figura 3 - Ciclo de Shewhart de 1939

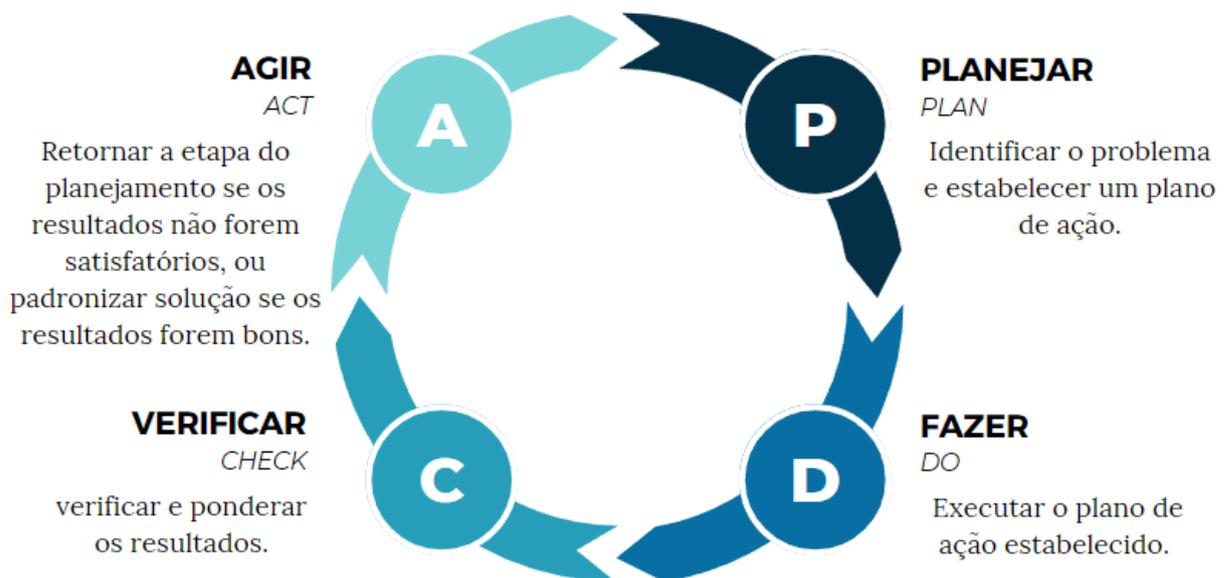


Fonte: Shewhart (1939)

Na medida em que a gestão de determinados projetos está mais complexa, devido os elevados custos, tempo longo ou os grandes escopos, é fundamental estabelecer métodos administrativos que atendam as boas práticas de gestão: melhorando a qualidade na elaboração dos projetos e reduzindo os custos. Está

adequada administração na área de gestão ambiental na implantação e controle do SGA se constitui principalmente através do método PDCA, dentre os diversos métodos administrativos também utilizados pela gestão (diagrama de Ishikawa, de Pareto, 5W2H, fluxogramas etc.). Desta forma o método PDCA torna-se uma ferramenta essencial na melhoria na gestão de processos, promovendo um gerenciamento mais eficiente e eficaz. Na figura abaixo é apresentado o método PDCA de Deming em 1990.

Figura 4 - Método PDCA de Deming em 1990



Fonte: Autoria própria (2023)

4.2 Módulo *PLAN*

Segundo Aguiar (2006), *PLAN* é a primeira a etapa do método PDCA no qual composto por quatro etapas, sendo, a partir dela que se inicia o ciclo. A eficiência do ciclo procede de um adequado planejamento.

O planejamento é fundamental e focaliza o futuro, através deste que são definidos os objetivos almejados. Por meio do planejamento as decisões são tomadas de modo assertivo e racional, sendo deste modo um fator relevante no alcance dos objetivos propostos no futuro (Chiavenato, 2009).

O planejamento é definido como um processo, visando o alcançar os objetivos futuros com eficiência e eficácia, gerindo de maneira adequada os esforços e recursos da empresa (Oliveira, 2009).

O planejamento é vital para ser realizado um projeto, através deste que os riscos são minimizados, conseqüentemente existe um aumento na probabilidade de sucesso dos projetos.

De acordo com Moura (2014) para o estabelecimento do SGA o módulo *PLAN* é subdividido várias fases, formando uma sequência de processos que engloba toda a essência do planejamento. As fases são:

1. Comprometimento com a política ambiental estabelecida;
2. Elaboração do Plano de Implementação do SGA;
 - Formação de uma equipe;
 - Aspectos e impactos ambientais;
 - Requisitos legais e corporativos;
 - Objetivos e metas;
 - Plano de ação.

4.3 Módulo *DO*

De acordo com Andrade (2003), a etapa *DO* caracteriza-se pela execução do que foi planejado, deste modo o plano de ação de implementação do processo elaborado na fase de planejamento é executado.

Após ter sido elaborado o plano de ação na etapa *PLAN* é necessário colocar esse plano em prática, permitindo que seja executado de modo organizado, de maneira gradual, com foco na eficiência e eficácia, ou seja, a etapa *DO* envolve a implementação prática das soluções ou mudanças planejadas na etapa anterior. Assim, esta fase permite a execução dos planos conforme foram desenvolvidos. É quando as ações planejadas são colocadas em prática para testar sua eficácia e coletar dados sobre como elas afetam o processo ou problema em questão (Badiru *apud* Andrade, 2003).

Segundo Moura (2014), para instituir a etapa *DO* no método PDCA é necessário implementar as seguintes ações:

1. Implementação e Operacionalização.

- Alocação de recursos;
- Estrutura e responsabilidades;
- Conscientização e treinamento;
- Comunicações;
- Documentação do SGA;
- Programas de gestão específicos;
- Resposta às emergências.

Sendo uma etapa fundamental do processo, a etapa *DO* é crucial para testar as hipóteses e as soluções planejadas, assim como para colocar em prática o plano de ação para a implementação do processo.

4.4 Módulo *CHECK*

Na etapa *CHECK* é realizada a verificação dos resultados, baseando-se nas informações e dados fornecidos na fase *DO*. Entretanto para a adequada verificação dos resultados é necessário a devida formalização e juntamente a monitoração dos processos que são procedentes da fase de planejamento (Aguiar, 2006).

Conforme Pereira (2021) a etapa *CHECK* é essencial no processo, a mesma compete verificar se o bloqueio dessas causas raízes foi efetivo, fundamentado nos resultados da segunda etapa, na qual também reavalia o planejamento, além de ponderar se as metas foram atingidas.

A utilização desta etapa no PDCA é imprescindível para o sucesso do projeto, considerando que sua função é justamente o monitoramento do processo, pois irá verificar se as ações implementadas estão produzindo os resultados desejados e se as metas estão sendo alcançadas. Para Aguiar (2006), as informações obtidas durante essa fase, auxiliará a administração na tomada de decisões mais assertiva. Assim, se a meta for atingida, prossegue-se para a última etapa *ACT*, no qual as ações

são padronizadas, com a finalidade de manutenção dos bons resultados atingidos. Porém, caso a meta não for alcançada, deve-se revisar seu plano retornando à análise do fenômeno.

Moura (2014), afirma que para estabelecer a etapa *CHECK* no método PDCA é necessário implementar as seguintes ações:

- Monitoramento e controle operacional;
- Auditoria do Sistema de Gestão Identificação de não conformidades;
- Ações corretivas e preventivas;
- Registros.

4.5 Módulo ACT

A etapa *ACT*, denominada como fase de ação, é a última do método PDCA, sendo conceituada como a análise dos resultados conquistados durante a execução e a verificação, no qual são comparados os resultados. Deste modo as falhas ocorridas nos processos das etapas anteriores são detectadas, através de um levantamento que aponta a causa do êxito ou insucesso das metas planejadas. Considerando esses resultados, na experiência obtida na finalização do método PDCA, tem início o estabelecimento de uma base sólida de informações e dados, que será um suporte para o desenvolvimento de um novo método PDCA (Guerra, 2020).

Moura (2014) afirma que para instituir a etapa *ACT* no método PDCA é necessário implementar as seguintes ações:

1. Revisão e avaliação crítica de todo o processo;
 - Reflexão;
 - Atuação corretiva;
 - Reunião com a alta administração;
 - Postura estratégica
 - Revisão da Política

5 ANÁLISE DOS DADOS DO CICLO PDCA NA EMPRESA TÊXTIL

Será analisado os resultados de ações promovidas por uma empresa do segmento têxtil na região de Campinas -SP referente as melhorias dos processos de tratamento de efluentes e reuso da água nos processos industriais, no qual venceu a segunda edição do prêmio Conservação e Reuso de Água, no ano de 2007, da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), em que homenageia as indústrias paulistas que adotam medidas efetivas na redução do consumo de água, mitigando o desperdício, o que promove benefícios ambientais, econômicos e sociais. A respectiva empresa elaborou um artigo, apresentado a FIESP, detalhando o projeto, os resultados e mais itens. Nós não divulgaremos o nome da empresa por não ter a autorização da mesma.

Para o melhor entendimento sobre a respectiva ferramenta PDCA, que ajuda a promover a melhoria contínua no processo de tratamento de efluentes das empresas, será apresentado os resultados da melhoria contínua para aumentar a eficiência da ETE nesta empresa, cujas ações, com o auxílio desta ferramenta no processo, possibilitaram uma economia de R\$ 5.200.000,00 (Cinco Milhões Duzentos Mil Reais) através do reuso de 36,4% da captação de água em 2006. A água utilizada na empresa é captada do rio Piracicaba, que passa atrás do sítio da fábrica. A outorga da empresa estabelece vazão média mensal de captação a 125 m³ por hora.

Na empresa o efluente resultante dos processos é rico em carga orgânica e sua coloração é alterada devido à forte presença de corante. Visando preservar o meio ambiente, antes do lançamento no rio, com vazão média de 65 m³ por hora, este efluente é tratado na Estação de Tratamento de Efluente (ETE) que opera desde 1981.

No ano de 2006 a empresa implantou projeto de melhoria em relação a eficiência no consumo de água aplicado aos processos industriais. Este projeto visa aumentar reuso de água em até 60% no processo industrial. O processo foi dividido em três etapas a seguir:

1. Redução do desperdício através da racionalização do uso da água;
2. Reuso da água nos processos industriais;
3. Melhoria dos processos de tratamento de efluentes com a finalidade de mitigar impactos ambientais e viabilizar o reuso dos efluentes.

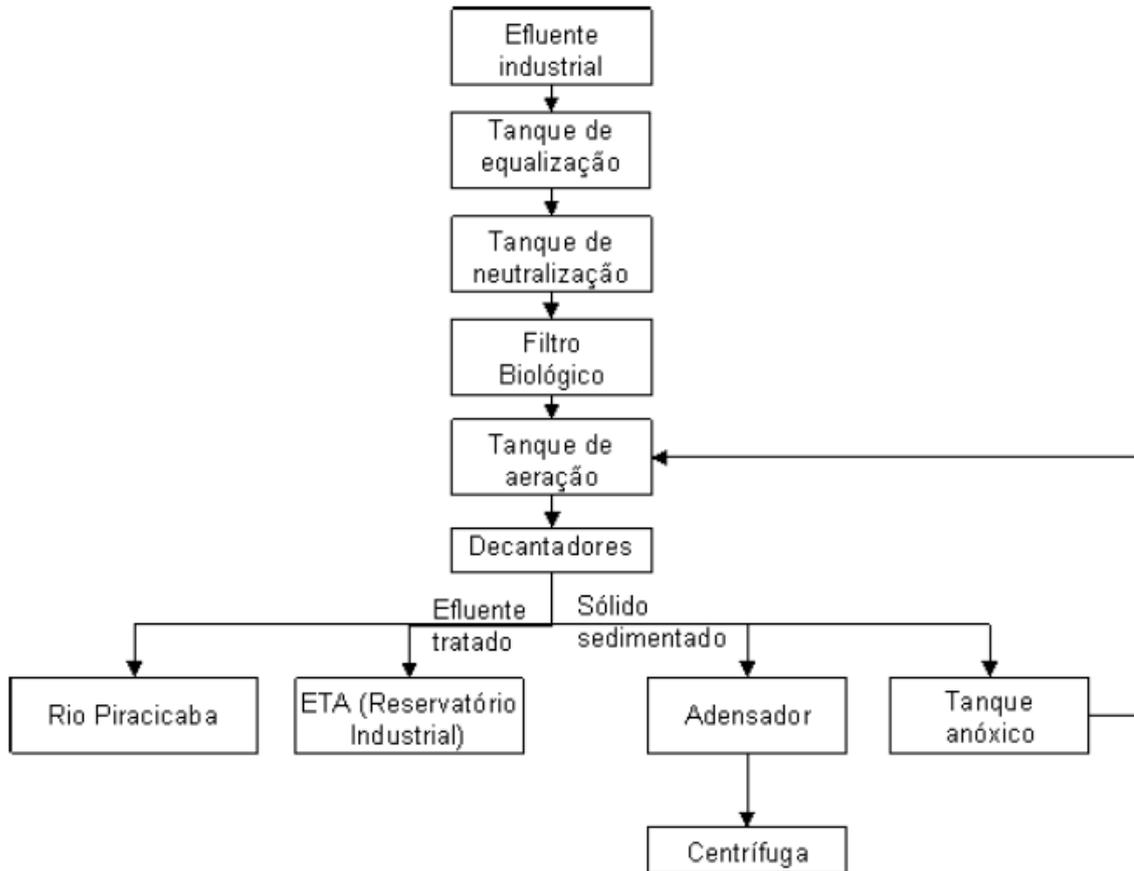
Estas ações implementadas ao longo do processo proporcionaram que a organização obtivesse melhorias na ETE, através do método PDCA, mitigando impactos ambientais e viabilizando o reuso dos efluentes, refletindo no aumento do desempenho ambiental almejada pela gestão. Em análise dos processos implantados foi detectado a minimização dos seguintes impactos abaixo:

- Em 2006 o índice de reuso da água foi de 24,7% da captação de água, o que gerou uma economia de aproximadamente R\$ 3.500.000,00 (Três Milhões Quinhentos Mil Reais);
- Em 2006 o índice de reuso do efluente foi de 11,7% da captação de água, o que gerou uma economia de aproximadamente R\$ 1.700.000,00 (Um Milhão Setecentos Mil Reais).

Deste modo a empresa manteve a certificação do meio ambiente utilizada como estratégia de diferenciação dos demais concorrentes. Esta certificação NBR ¹ ISO 14001 foi obtida em 1997. A Figura 5 apresenta o processo de tratamento de efluente industrial.

¹ NBR - Normas Brasileiras

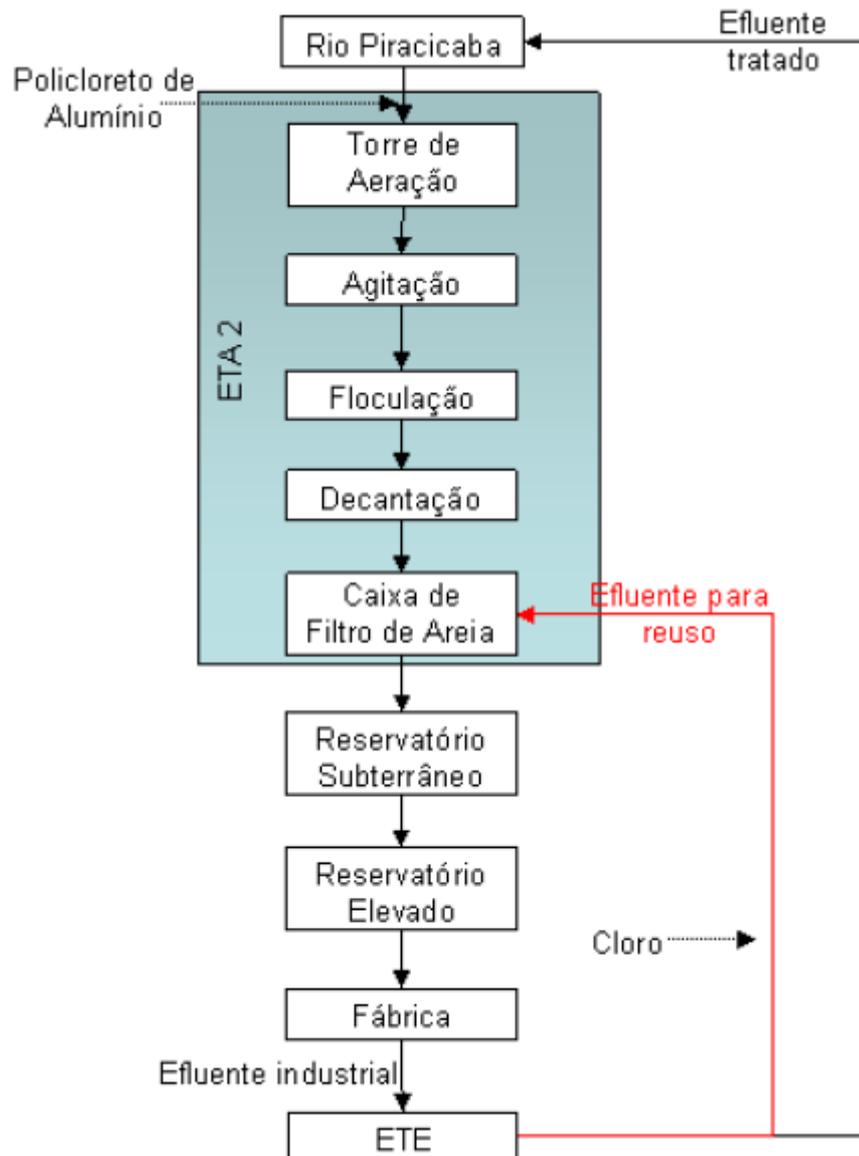
Figura 5 - Processo de tratamento do efluente industrial



Fonte disponível on-line: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/cases-de-sucesso-premio-fiesp-de-conservacao-e-reuso-de-agua/> (2023)

A figura 6 apresenta o processo de reuso do efluente, no qual demonstra que todo o efluente é devidamente tratado e parte deste é reutilizado no processo.

Figura 6 - Reuso do efluente tratado



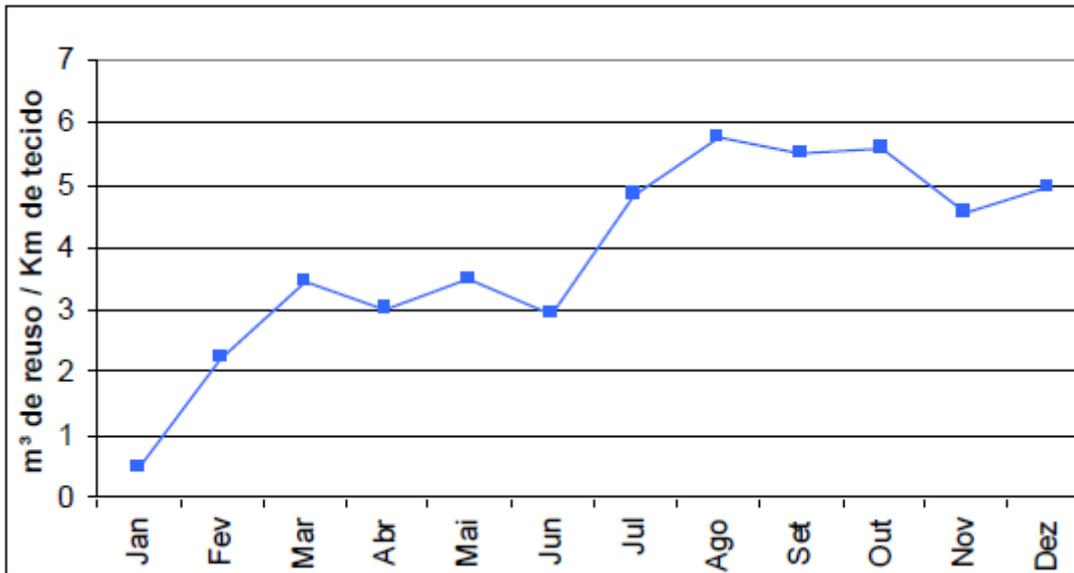
Fonte disponível on-line: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/cases-de-sucesso-premio-fiesp-de-conservacao-e-reuso-de-agua/> (2023)

5.1 Aumento da eficiência

Na empresa o reuso do efluente tratado possibilitou que novos processos fossem introduzidos na unidade de Americana sem que houvesse a necessidade do aumento da captação de água no Rio Piracicaba, e conseqüentemente contribuiu para a bacia do rio, que já tem dificuldades, principalmente, nas épocas de estiagem.

O reuso do efluente tratado começou em janeiro de 2006 aumentando o volume de reuso ao longo do ano conforme pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 - Volume de reuso de efluente tratado no ano de 2006



Fonte disponível on-line: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/cases-de-sucesso-premio-fiesp-de-conservacao-e-reuso-de-agua/> (2023)

Nesta empresa o índice de reuso no ano de 2006 foi de 45,5% da outorga, sendo 24,7% oriundos do reuso dentro do processo de produção e 20,8% da reutilização do efluente tratado.

Nota-se pelo gráfico que houve um crescimento expressivo do efluente tratado ao longo do ano de 2006, atingindo um volume de quase 50% da outorga, refletindo na redução de custos da água utilizada nos processos industriais. Estes dados demonstram a relevância da adoção de tratamentos de efluentes pela empresa, pois garantem não somente redução da captação de água dos rios e represas ou da companhia de água, mas também reduz consideravelmente os custos envolvidos no processo.

5.2 Redução dos custos

A empresa está com a capacidade de captação da bacia do Rio Piracicaba no limite da outorga, assim o volume de água equivalente ao volume de reuso tanto do efluente reutilizado como da água reutilizada dentro do processo deveria ser comprado do Departamento de Água e Esgoto (DAE) caso não fosse implementado o projeto de melhoria do tratamento de efluentes e o sistema de reuso.

A economia gerada pelo reuso do efluente é a diferença entre o custo da água que seria comprada e o custo do cloro incorporado ao efluente para reuso mais o custo da energia elétrica do bombeamento do efluente da ETE para a ETA².

Além disso o reuso da água não gerou nenhum custo adicional no processo de tratamento do efluente, nem mesmo no tratamento da água captada. Deste modo a economia com o reuso do efluente é de R\$ 1.707.392,32 /ano (Um Milhão Setecentos e Sete Mil Trezentos e Noventa e Dois Reais e Trinta e Dois Centavos por ano), conforme apresenta a Figura 8.

Figura 8 - Custo do reuso X custo de compra de água

| REUSO | | | COMPRAR | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| | Volume Reuso (m ³) | Custo Reuso (R\$/m ³) | Custo Total | | Volume Reuso (m ³) | Custo (R\$/m ³) | Custo Total |
| Janeiro | 920 | 0,10 | 94,64 | Janeiro | 920 | 13,64 | 12.548,80 |
| Fevereiro | 5716 | 0,08 | 477,05 | Fevereiro | 5716 | 13,64 | 77.966,24 |
| Março | 8350 | 0,08 | 659,56 | Março | 8350 | 13,64 | 113.894,00 |
| Abril | 6723 | 0,09 | 636,41 | Abril | 6723 | 13,64 | 91.701,72 |
| Maiο | 9419 | 0,09 | 801,25 | Maiο | 9419 | 13,64 | 128.475,16 |
| Junho | 8714 | 0,08 | 694,35 | Junho | 8714 | 13,64 | 118.858,96 |
| Julho | 16038 | 0,08 | 1.295,64 | Julho | 16038 | 13,64 | 218.758,32 |
| Agosto | 18307 | 0,08 | 1.552,86 | Agosto | 18307 | 13,64 | 249.707,48 |
| Setembro | 15691 | 0,09 | 1.400,79 | Setembro | 15691 | 13,64 | 214.025,24 |
| Outubro | 16379 | 0,09 | 1.466,03 | Outubro | 16379 | 13,64 | 223.409,56 |
| Novembro | 13866 | 0,10 | 1.343,44 | Novembro | 13866 | 13,64 | 189.132,24 |
| Dezembro | 6609 | 0,09 | 601,99 | Dezembro | 6609 | 13,64 | 90.146,76 |
| TOTAL | 126732 | | 11.024,00 | Sub total | | | 1.728.624,48 |
| | | | | Parcela a deduzir | | | 10.208,16 |
| | | | | TOTAL | 126732 | | 1.718.416,32 |
| Economia Total | | | 1.707.392,32 | | | | |

Fonte disponível on-line: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/cases-de-sucesso-premio-fiesp-de-conservacao-e-reuso-de-agua/> (2023)

De acordo com a empresa mesmo quando comparada a solução de reuso à captação do Rio Piracicaba, a solução ainda se mostra viável economicamente. Tendo em vista que o custo médio da captação é de R\$ 0,10/m³ (Dez Centavos por metro cúbico), incluindo a energia elétrica de bombeamento da água do rio para a ETA, e os produtos químicos utilizados no tratamento (policloreto e barrilha). Já o custo médio

² ETA - Estação de Tratamento de Água.

de reuso é R\$ 0,09/m³ (Nove Centavos por metro cúbico), incluindo a energia elétrica de bombeamento da ETE para a ETA e o cloro adicionado.

A aplicação do PDCA no tratamento de efluente industrial promoveu a melhoria no processo otimizando os recursos naturais, sendo um dos produtos reaproveitados deste processo a água de reuso, gerando uma economia na compra de água da empresa DAE (Departamento de água e esgoto).

Deste modo o volume de reuso mensal foi de 22.248 m³ (Vinte e Dois Mil Duzentos e Quarenta e Oito metros cúbicos). O custo da água para compra na unidade de Americana, na faixa de consumo da categoria industrial captado pela empresa, por m³ é de R\$ 13,64 (Treze Reais e Sessenta e Quatro Centavos), o que gera uma economia mensal de R\$ 303.462,72 (Trezentos e Três Mil Quatrocentos e Sessenta e Dois Reais e Setenta e Dois Centavos) e anual de R\$ 3.641.552,64 (Três milhões Seiscentos e Quarenta e Um Quinhentos e Cinquenta e Dois Reais e Sessenta e Quatro Centavos).

Portanto, a economia com a implantação do reuso de água e de efluente gera uma economia anual de R\$ 5.348.944,96 (Cinco Milhões Trezentos e Quarenta e Oito Novecentos e Quarenta e Quatro Reais e noventa e seis Centavos). Demonstrando a importância que o tratamento de efluentes representa para a empresa em gerar resultados satisfatórios; assim essa melhoria do processo proporcionou que esses recursos financeiros da economia gerada, estejam disponíveis para aplicar em outros projetos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise verificou-se que a aplicação da ferramenta do PDCA é importante para auxiliar no tratamento de efluentes industriais, contribuindo para a melhoria contínua da ETE, proporcionando o reuso da água utilizada nos processos e aumentando a eficiência desta estação, resultando em significativa economia na compra de água da empresa DAE.

Os resultados obtidos do presente estudo é demonstram que foi alcançado o objetivo principal de apresentar o método PDCA aplicado na área de gestão ambiental, sua importância em orientações assertivas no desenvolvimento e na melhoria contínua da ETE, tornando vantajoso para a empresa utilizá-la nos processos.

Observando-se os dados oriundos da pesquisa bibliográfica, nota-se que a ferramenta PDCA nos projetos de melhoria dos tratamentos de efluentes industriais é essencial, ajudando a promover não apenas melhorias da eficiência e eficácia da ETE, mas também contribuindo com o meio ambiente, pois um adequado tratamento dos efluentes da estação na empresa auxilia a promover a sustentabilidade ambiental.

Os Objetivos Específicos desse trabalho também foram alcançados, demonstrando a relevância do respectivo método PDCA, como ferramenta que visa ajudar a melhorar a gestão de efluentes na empresa.

Portanto, o alcance de tais resultados elucidam que o crescimento industrial com sustentabilidade ambiental é viável, sendo a aplicação do método PDCA para promover a melhoria contínua na ETE uma possibilidade para ajudar a mitigar o impacto ambiental causado pelos efluentes industriais a natureza e todo o ecossistema.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Silvio. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Nova Lima, DG Gráfica e Editora, 2006.
- ANDRADE, Fábio Felipe. **O método de melhorias PDCA**. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04092003-150859/publico/dissertacao_FABIOFA.pdf. Acesso em: 11 out. 2023.
- BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 4 ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- BRASIL. Congresso. Senado. Constituição (2010). Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12305&ano=2010&ato=e3dgXUq1keVpWT0f1>. Acesso em: 29 out. 2023.
- CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.
- CARVALHO, M. M; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e casos**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Iniciação administração geral**. 3 ed. Barueri, SP: Manole, 2009.
- DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). **Cases de sucesso – prêmio FIESP de conservação e reuso de água**. 2007. Disponível em: <https://sitefiespstorage.blob.core.windows.net/uploads/2013/12/Santista-T%C3%AAxtil.pdf>. Acesso em: 16 out. 2023.
- GUERRA, Maria das Graças Gonçalves Vieira. **Uso da análise SWOT e do ciclo PDCA para avaliação de cursos de graduação a partir do IACG 2017 (SINAES)**. 1 ed. Curitiba: Appris, 2020
- MELO, C. P. Caramori, E. J. **PDCA Método de melhorias para empresas de manufatura - versão 2.0**. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2001.
- MOURA, Luiz Antônio Abdalla de. **Qualidade e gestão ambiental**. Belo Horizonte: Del Rey, 2011.
- OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas**. São Paulo: Atlas, 2009.

ORIBE, Claudemir Y. **PDCA - origem, conceitos e variantes dessa ideia de 70 anos**. Banas Qualidade, São Paulo: Editora EPSE, ano XVIII. n. 209: out. 2009.

PEREIRA, Fabrício Souza. **Aplicabilidade da ferramenta PDCA no transporte logístico fluvial de hortifruti tomate**. 52f., 2021. Dissertação (Mestrado Profissional de Engenharia de Processos). Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal do Pará, 2021. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ufpa.br/bitstream/2011/13568/1/Dissertacao_AplicabilidadeFerramentaPDCA.pdf. Acesso em: 8 out. 2023.

RESOLUÇÃO DO CONAMA: N° 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. N° 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. 2011. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 07 out. 2023.

SANTOS, Patrick Pereira dos; CARVALHO, Gabriel Domingos; ALMEIDA, Clayton Perônico de; BARTOLOMEU, Dayse Aline Ferreira Silva. Aplicação do ciclo PDCA integrado ao plano de qualificação de fornecedores de leite. **Revista Ifes Ciência**, Vitória/ES, v. 7, n. 1, p. 1-14, 23 ago. 2021. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/1063/772>. Acesso em: 16 out. 2023.

SCHENKNECHT, Vinícius Schovanz. **Aplicação da metodologia PDCA para redução de custos com produtos químicos em uma estação de tratamento de efluentes industriais alimentícios**. 2018. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16452/2/PG_COENQ_2018_2_24.pdf. Acesso em: 11 out. 2023.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. **ISO 14001 sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2011.