



UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR
ENGENHARIA QUÍMICA

ANNE CAROLINE DIAS COELHO RAMOS

**UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA PDCA NA INDÚSTRIA: ESTUDOS
DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

SALVADOR - BA

2018



ANNE CAROLINE DIAS COELHO RAMOS

**UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA PDCA NA INDÚSTRIA: ESTUDOS
DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química da Universidade Católica do Salvador.

Orientador: Prof. Me. Wagner Almeida Mônico Conceição

SALVADOR - BA

2018

Ramos, Anne Caroline Dias Coelho.

Utilização da metodologia PDCA na indústria: Estudos de caso / Anne Caroline Dias Coelho Ramos; Orientação de Wagner Almeida Mônico Conceição. Salvador: 2018.

38 páginas.: Inclui referências: fls. 36 - 37

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Católica do Salvador – Campus de Pituvaçu, Salvador -BA.

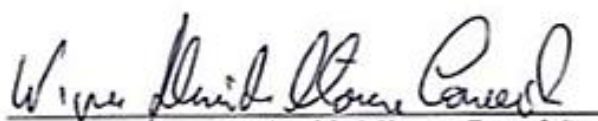
1. Gestão. 2. Melhoria Contínua. 3. Processos. I. Conceição, Wagner Almeida Mônico (orient.). II. Universidade Católica do Salvador III. Bacharel em Engenharia Química.

TERMO DE APROVAÇÃO


UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA PDCA NA INDÚSTRIA: ESTUDOS DE CASO

ANNE CAROLINE DIAS COELHO RAMOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), foi apresentado em 11 de Dezembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.



Prof. Me. Wagner Almeida Mônico Conceição
Universidade Católica do Salvador



Prof. Dr. Sérgio Bello Neves
Universidade Católica do Salvador



Prof. Dr. Milton Correia Sampaio Filho
Universidade Católica do Salvador

AGRADECIMENTOS

Qualquer palavra aqui escrita, jamais traduzirá o sentimento de gratidão por tudo o que foi vivido ao longo destes anos de estudo e dedicação ao curso e sobretudo, nos últimos 6 meses aos quais me dediquei de maneira intensa a este trabalho. A busca pelo conhecimento é incessante e cansativa, porém nos traz inúmeras surpresas e realizações que não consigo descrever através de palavras. O sentimento de missão cumprida é inexplicável.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu Deus, por tudo. Por ser a minha dupla em todos os desafios, por ser a minha fortaleza e a certeza de que eu nunca estive sozinha nesta caminhada. Agradecê-lo por me amar mesmo sendo tão falha e por me permitir vencer. Senhor, a Ti toda honra e glória, tudo em meu ser é por Ti. Eu te amo e te adoro mais do que tudo.

Gostaria de deixar registrado o meu eterno agradecimento aos meus pais Beto e Rita, que me permitiram com todo o amor do mundo, chegar até aqui. Dizer que a trajetória e vocês, me inspira a ser sempre melhor e que vocês são meus exemplos de vida, caráter, honestidade e de amor. Tudo isso, é por vocês. Agradeço ao meu irmão Lua, que é o meu amigo de todas as horas e que vibra por todas as minhas vitórias. Você é o meu exemplo de serenidade. Agradeço também ao meu parceiro de vida, meu noivo Kel, que me inspirou a seguir na engenharia, me ajudou a passar por todos os desafios e me dá todo o apoio e incentivo do mundo. Família: isso tudo é por vocês!

Gostaria de agradecer aos meus familiares, avós, avôs, tios, tias, primos, primas, sogros, cunhadas, por todo o incentivo e apoio. Também agradeço aos meus amigos e amigas, em especial Nielly, Nessa e Nat, que foram as minhas companheiras nessa jornada e serão de outras tantas outras da vida. Agradeço também a Nanda, Mi e Kerol pela parceria desde o meu primeiro dia na UCSAL. Vocês foram fundamentais para que eu pudesse vencer e superar minhas limitações e ser sempre melhor do que eu acho que eu era. Obrigada!

Agradeço a todos os mestres que por este ciclo passaram, e que deixaram tantas marcas na minha vida. Em especial ao meu orientador e coordenador, Wagner Mônaco que me acolheu de uma maneira única, de forma que eu serei eternamente grata por tudo. Ao professor Sérgio Bello por me mostrar que eu poderia ir muito mais além. Ao professor Milton Filho, por toda atenção, disponibilidade e simpatia.

Obrigada a todos por tudo. Esta caminhada foi árdua mas valeu a pena! GRATIDÃO.

RESUMO

RAMOS, Anne Caroline Dias Coelho. **Utilização da metodologia PDCA na indústria: Estudos de caso.** 2018. 38 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Católica do Salvador, 2018.

Toda e qualquer área ou segmento industrial possui diversos processos específicos ao longo de sua cadeia produtiva. Com a exigência do mercado por produtos cada vez melhores em termos de qualidade e custos, o PDCA surge como uma ferramenta cíclica, que possui quatro etapas de gerenciamento e que é muito útil, trazendo resultados muito positivos quando bem aplicada. Analisando a utilização do PDCA como peça fundamental a atingir resultados cada vez melhores em diferentes âmbitos, pode-se dizer que a metodologia continua sendo cada vez mais utilizada e bem consolidada ao longo dos anos. Como segmento de estudo, foi proposto o empenho em pesquisas de diferentes casos de aplicação da metodologia em indústrias de diversos segmentos. O estudo fora realizado a partir de uma revisão da literatura, para embasamento teórico, associada a pesquisas de campo com o intuito de comprovar a eficácia da aplicação da ferramenta como uma das formas de se obter melhoria de maneira contínua em torno de seus processos através da solução de problemas. A realização desta pesquisa exploratória teve o intuito de confirmar a sistemática de utilização da metodologia e suas ferramentas auxiliares em busca de resultados satisfatórios para a área da engenharia química, e das indústrias do mais diversos setores descritos neste estudo.

Palavras-chave: Gestão, Melhoria Contínua, Processos, Engenharia Química.

ABSTRACT

RAMOS, Anne Caroline Dias Coelho. **The use of PDCA methodology in industry: Case studies.** 2018. 38 leaves. Completion of course work (Bachelor of Chemical Engineering) Catholic University of Salvador - Bahia. Salvador, 2018.

Every area or industrial segment has several specific processes along its production chain. With the demand of market for even better products in terms of quality and cost, PDCA emerges as a cyclical tool that has four management steps and is very useful, delivering very positive results when applied. Analyzing the use of PDCA as a fundamental part to achieve better results in different areas, it can be said that the methodology continues to be increasingly used and consolidated over the years. As a segment of study, it was proposed the effort in researches in different cases of application of the methodology in industries of several segments. The study was realized, from a literature review, for theoretical background associated with field research in order to prove the effectiveness of the application of the tool as one of the ways to obtain improvement continuous around its processes through the solution of problems. The accomplishment of this exploratory research had the intention to confirm the systematic of use of the methodology and its auxiliary tools in search of satisfactory results for the area of chemical engineering, and of the industries of the most diverse sectors described in this article.

Keywords: Management, Continuous Improvement, Processes, Chemical Engineering.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

- Figura 1.** Resultados obtidos pelas ações propostas em 26 semanas de observação.....pág. 8
- Figura 2.** Problemática identificada através da coleta de dados históricos para aplicação da ferramenta.....pág. 9
- Figura 3.** Resultados do primeiro semestre de 2013 para as manutenções realizadas nos cromatógrafos.....pág. 12
- Figura 4.** Resultados do primeiro semestre de 2014 após implementação do plano de ações.
.....pág. 13
- Figura 5.** Fluxograma que representa a etapa da hidrogenação parcial.....pág. 19
- Quadro 1.** Plano de ações com base nas análises realizadas
.....pág. 12
- Tabela 1.** Parte do modelo 5w1h mostrando as ações para resolução do problema identificado.....pág. 7
- Tabela 2.** Plano de ação para atuação na causa raiz do problema identificado.....pág. 10
- Tabela 3.** Comparação dos índices de produtividade, parada e tempo de máquina antes e após implementação de plano de ação.....pág. 11

Tabela 4. Problemas que afetaram diretamente no projeto, e ações para eliminação dos mesmos.	pág. 16
Tabela 5. Cenário de dimensionamento dos cilindros antes e após utilização do ciclo PDCA.	pág 16
Tabela 6. Cenário de dimensionamento dos cilindros antes e após utilização do ciclo PDCA.....	pág 17
Tabela 7. Dados antes e depois da utilização do ciclo PDCA para a empresa do ramo de bebidas não alcoólicas	pág. 18
Tabela 8. Dados de consumo de hidrogênio utilizado como matéria prima no processo de obtenção do ácido 2-etil-hexanóico, ao decorrer do estudo do case.....	pág. 22
Tabela 9. Dados da vida do catalisador antes e depois da resolução do problema identificado e da utilização do PDCA como ferramenta cíclica de gestão.	pág. 22
Tabela 10. Comparação entre os dados obtidos e os resultados dos 3 casos da revisão de literatura.....	pág. 25
Tabela 11. Comparação entre os dados obtidos e os resultados dos 3 casos da pesquisa de campo.	pág. 26

LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

CO	Monóxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPA	Etil Propil Acroleína/ Aldeído 2-etil-2-hexenal
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
HPLC	High Performance Liquid Cromatography
ISO	International Organization for Standardization
IVL	Índice Volumétrico de Lodos
UPLC	Ultra Performance Liquid Cromatography
MASP	Método de Análise e Solução de Problemas
PDCA	Plan/Do/Check/Act
PPM	Partes por Milhão
SDCA	Standard/Do/Check/Act
SIG	Sistema Integrado de Gestão

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	1
2.METODOLOGIA.....	4
3.DESENVOLVIMENTO.....	5
3.1.REVISÃO DA LITERATURA.....	5
3.1.1.CASO 1: APLICAÇÃO DO MÉTODO DE SOLUÇÕES DE PROBLEMAS (PDCA) EM UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA FRIGORÍFICA DE AVES.....	5
3.1.2.CASO 2: ESTUDO DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA PARA UMA LINHA DE CORTE DE REVESTIMENTO CERÂMICO DO TIPO PORCELANATO.....	8
3.1.3.CASO 3: APLICAÇÃO DA FERRAMENTA PDCA NA OTIMIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE ANÁLISES INSTRUMENTAIS (HPLC-UPLC) NA ROTINA DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS EM UMA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA NACIONAL.....	11
3.2.PESQUISA DE CAMPO.....	13
3.2.1.CASO 1: CICLO PDCA NA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETO PARA ÁREA DE RECEBIMENTO E TRANSPORTE DE MATÉRIA PRIMA BRUTA PARA PRODUÇÃO DE CAFÉ TORRADO E MOÍDO.....	14
3.2.2.CASO 2: UTILIZAÇÃO DO PDCA COMO FERRAMENTA DE MELHORIA CONTÍNUA NA GESTÃO DE PRODUTOS NÃO CONFORMES E EM OBSERVAÇÃO NUMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS NÃO ALCÓOLICAS E ÁGUA MINERAL.....	16
3.2.3.CASO 3: UTILIZAÇÃO DO CICLO PDCA COMO FERRAMENTA DE MELHORIA CONTÍNUA EM PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ÁCIDO 2-ETIL-HEXANÓICO A PARTIR DA IDENTIFICAÇÃO DA DESATIVAÇÃO PRECOCE DE CATALISADOR NA ETAPA DE HIDROGENAÇÃO PARCIAL.....	19
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
5. REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

Em geral, cadeias produtivas industriais possuem processos específicos que objetivam a entrega de um produto final, em um tempo determinado e com um custo esperado. Adicionalmente, existe um outro ponto muito importante e que deve andar junto ao nível de produtividade, que é a qualidade do produto que se entrega. Referir-se a qualidade de um produto, tanto dentro da indústria química, quanto em outros segmentos da indústria, significa falar da forma como este se estabelece de acordo com os padrões exigidos por legislações e pelas expectativas do mercado. Para seja possível alcançar bons níveis que produtividade e qualidade, é necessário conhecer bem o processo, mapear todas as lacunas e desvios; e atuar de maneira assertiva afim de eliminar ou pelo menos amenizar, os pontos que trazem prejuízos aos processos. Para isto existem ferramentas que atuam diretamente em causas raízes a fim de sanar pontos que estejam causando perdas de produto, processo, tempo e investimento; uma dessas ferramentas de gestão, é o “Ciclo PDCA”.

O PDCA se resume a quatro etapas, que podem ser aplicadas a qualquer processo, independente do seu segmento dentro da indústria. Segundo Campos (2004), essas etapas podem ser descritas como:

- P de “Plan” – em português, Planejar – esta etapa de resume em estabelecer objetivos e processos necessários para fornecer os resultados de acordo com os requisitos e políticas pré-determinados (projeto da garantia da qualidade).
- D, de “Do” – em português Fazer/Executar – implementar as ações necessárias para alcançar aquilo que foi planejado na etapa anterior (cumprimento dos padrões).
- C, de “Check” – em Português Checar/Verificar – nesta etapa, se faz necessário monitorar e medir os processos e produtos em relação às políticas, aos objetivos e aos requisitos estabelecidos, e relatar os resultados (cumprimento dos padrões/garantia da qualidade).
- A, de “Act” – em Português Agir – executar ações para promover continuamente a melhoria dos processos.

A metodologia se resume a uma ferramenta de gestão, voltada para melhoria contínua daquilo que se deseja controlar, e é considerada eficiente para gerenciamento e gestão de processos e seus produtos. Para Berk (1993), alcançar a melhoria continua consiste em medir índices de qualidade e de processo de todas as áreas, buscando sempre melhorá-los, ou seja, esta melhoria deve retornar ao processo e se concretizar em todas as áreas da empresa. O conceito se dá pela identificação de problemáticas em diversos setores da organização que

podem vir a diminuir a qualidade do processo e devem ser eliminadas pois podem, a curto ou longo prazo trazer resultados indesejáveis.

“Torna-se necessário implementar a utilização de ferramentas para a obtenção, estudo e apresentação de dados a fim de se tomar as devidas ações corretivas”. (Deming, 1990).

Segundo Werkema (1995), a ferramenta é considerada simples e se apresenta de maneira direta, clara e objetiva, sendo definida da seguinte forma: “O Ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização”. Sendo assim, para garantir bons resultados, deve-se estar bem claro que esta metodologia é cíclica, ou seja, todas as etapas estão interligadas entre si e necessariamente dependem uma das outras para que o ciclo “gire” de forma efetiva; e foi desta forma que o procedimento foi definido por Slack (2008), onde o processo em busca da melhoria é considerado como um processo sem fim, sempre havendo “questionamentos e requestionamentos” visando a obtenção de aperfeiçoamento nos processos.

Após um processo adaptação e implementação, metodologias, métodos e recursos necessitam ter seus fluxos estabilizados e ter padrões estabelecidos de maneira única e não variável. O ciclo PDCA, é uma dessas metodologias que podem sofrer padronização dos recursos utilizados em seus modelos de gestão. Neste caso, a “Etapa P” do ciclo é substituída por uma “Etapa S” de “Standard” que significa “Padrão” em português. A respeito do SDCA, o escritor brasileiro e consultor em gestão Vicente Falconi diz:

É também necessário monitorar os resultados para verificar a estabilidade dos resultados dos processos. A própria equipe tem que corrigir seus desvios. Conseguir isto é o auge de um bom SDCA. Quando se tem um bom SDCA, pode-se copiar mais facilmente as melhores práticas, pois as pessoas já estão acostumadas com a execução disciplinada de padrões. Troca-se o padrão por um melhor, treina-se e a disciplina é conseguida rapidamente. Uma empresa assim aprende rápido. (Falconi, 2015)

Muitas indústrias e empresas, utilizam o PDCA para refinar seus processos (desde os mais simples aos mais complexos); e isto pode ser comprovado não só através de relatos bibliográficos, mas também através de pesquisas de campo, onde fica claro que algumas indústrias, possuem inserido em sua cultura de resolução de problemas, o ciclo PDCA.

Associadas a ferramenta de gestão cíclica, existem ferramentas de qualidade que são utilizadas como apoio à metodologia. Estas, são utilizadas com o intuito de mapear as causas de um desvio central, que levam a aplicação do PDCA como forma de obter melhoria contínua de processos. Algumas destas ferramentas são:

- Brainstorming: Consiste na reunião de ideias, a respeito de possíveis causas, de um desvio identificado;

- Diagrama Ishikawa ou Análise de Causa Raíz: Esta ferramenta permite a organização do raciocínio em torno de um determinado problema, através da disponibilização de tópicos que permitem chegar a conclusão das possíveis causas que levaram a um desvio. Os tópicos são: mão de obra disponível, ambiente onde ocorreu o desvio, materiais disponíveis, métodos utilizados do processo, medição de metas e indicadores e máquinas disponíveis/utilizadas;
- 5W1H: 6 perguntas são feitas, e quando respondidas permitem encontrar soluções para determinado desvio, estabelecer responsáveis e prazos para ações. As perguntas realizadas são: What (O que deverá ser feito), Where (Onde deverá ser feito), When (Quando será feito), Why (Por que será feito), Who (Por quem será feito) e How (Como será feito);
- MASP: Segundo Daniel e Murback (2014), esta metodologia administrativa de análise de solução de problemas para detecção e tratamento específico de de não conformidades, consiste em 8 passos (identificação, observação, análise, plano de ação, execução, verificação, questionamento e ação) para atingir a melhoria da qualidade de um produto;
- Diagrama de Pareto: Este, se resume a um gráfico de barras, que ordena as frequências das ocorrências e nos permite uma melhor visualização e priorização de resolução dos desvios identificados com maior frequência;

2. METODOLOGIA

Um objeto de estudo pode ser definido e descrito por pesquisas, análises e estudos realizados de acordo com objetivos previamente propostos. Para o desenvolvimento de um trabalho que tem como uma base, um objeto de estudo específico, é necessário utilizar-se de ferramentas e metodologias para se conseguir alcançar o propósito conforme os objetivos estabelecidos para o desenvolvimento do trabalho. De uma maneira geral, a estrutura metodológica adotada para o presente trabalho, é definida como sendo de caráter exploratório, que se divide em duas etapas de desenvolvimento, e tem por objetivo geral, estudar a apresentar o PDCA como ferramenta de gestão e melhoria contínua de processos dentro da indústria.

A primeira etapa do desenvolvimento, trata-se de um procedimento de revisão da literatura onde buscou-se, como um dos objetivos específicos, obter uma maior “familiaridade” com a problemática proposta dentro das indústrias, com a finalidade de se construir hipóteses, e ter embasamento teórico sobre o estudo de casos relatados em artigos que descrevem a utilização do PDCA como ferramenta de gestão e melhoria contínua.

Paralelamente a primeira, a segunda etapa fundamentou-se numa extensão da verificação feita em artigos na etapa anterior, através da realização de pesquisa de campo. Esta investigação, deu-se por entrevistas com engenheiros químicos que atuam ou atuaram, em indústrias de diferentes segmentos, onde os mesmos relataram casos vivenciados por eles em sua rotina de trabalho, em que o PDCA é/foi aplicado como metodologia de melhoria contínua associada a algumas ferramentas auxiliares de solução de problemas.

O intuito das duas etapas do desenvolvimento, foi a verificação da utilização da ferramenta PDCA aplicada a situações e áreas da indústria, demonstrando ações que fogem da obviedade administrativa e são voltadas para engenharia química; pois é notório que o mercado torna-se cada vez mais exigente, o que eleva as expectativas com relação a qualidade do produto final, que depende diretamente do quão monitorado e estável é o seu processo de produção. Por este motivo, perdas e retrabalhos devem ser mapeados pois estes impactam diretamente em tempo, custo e mão de obra disponíveis e por isto implementar fluxos e ações que visem monitorar estes desvios, é necessário pois desta forma, os impactos são minimizados.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. REVISÃO DA LITERATURA

Na primeira etapa deste trabalho, utilizou-se como metodologia de estudo o procedimento de revisão da literatura, onde por meio da análise de artigos já publicados, foi feito um levantamento de dados e dos resultados obtidos nestes estudos, a partir da utilização da metodologia proposta como estudo central deste trabalho. Dentre os artigos encontrados, os que melhor representam a proposta de abordagem da metodologia voltadas para a engenharia química na indústria, são:

- Aplicação do Método de Soluções de Problemas (PDCA) em um sistema de tratamento de efluentes de indústria frigorífica de aves. (Castro *et al.* 2011);
- Estudo da eficiência produtiva para uma linha de corte de revestimento cerâmico do tipo porcelanato. (Valgas, 2017);
- Aplicação da ferramenta PDCA na otimização de equipamentos de análises instrumentais (HPLC-UPLC) na rotina de análises físico-químicas em uma indústria farmacêutica nacional. (Miranda e Santana, 2018);

3.1.1 – CASO 1: Aplicação do Método de Soluções de Problemas (PDCA) em um sistema de tratamento de efluentes de indústria frigorífica de aves.

Dentre os artigos onde a metodologia foi aplicada para a resolução de problemas voltados para a engenharia na indústria, um deles traz uma problemática ligada ao meio ambiente. Sabe-se que toda e qualquer indústria tem a responsabilidade ambiental de dispor os efluentes gerados como resíduo de seu processo produtivo, de maneira correta conforme Resolução 430/2011 regida pelo CONAMA. Sendo assim, Castro *et al.* (2011) mostra em seu trabalho, a identificação de desvios operacionais em um sistema de tratamento de efluentes numa indústria frigorífica de aves através de análise de indicadores de desempenho, identificação das causas fundamentais para a geração dos problemas e como o ciclo PDCA foi utilizado para alcançar melhores resultados e busca da melhoria contínua do seu sistema.

Nesta indústria são abatidos o equivalente a uma produção diária aproximada de 450 toneladas de carne aviária. Este volume de produção resulta na geração, em média, de 6.000 m³ de efluente por dia. O problema identificado foi que apesar de todo o efluente gerado na indústria ser tratado na ETE e, apesar do sistema de tratamento apresentar bom desempenho na

maior parte do tempo, percebeu-se que a sedimentabilidade do lodo em um dos decantadores apresentava-se bastante deficiente, apresentando flotação de lodo e perda de sólidos junto com o efluente final.

Na primeira etapa do ciclo (Plan) foi feita a identificação do problema tendo como base o histórico de análises do Índice Volumétrico de Lodos (IVL). Foi constatado que os resultados apresentavam valores na faixa de 500 mL/g no primeiro semestre do ano de 2010 (considerando que entre janeiro e julho do ano supracitado, o IVL variou entre 193 mL/g e 536 mL/g, tendo um valor médio de 337 mL/g), sendo que de acordo com Von Sperling (2002), para o lodo ativado é recomendado que o valor do IVL seja menor que 200 mL/g.).

A definição das possíveis causas para o problema foi feita a partir de brainstorming, diagrama de Ishikawa e 5W1H. Os resultados das ferramentas utilizadas demonstraram que após implantação parcial do plano de ação proposto, na etapa de checagem do ciclo, o problema de sedimentabilidade de lodo, representado pelo IVL, foi minimizado, reduzindo os valores da ordem de 500 mL/g para valores da ordem de 250 mL/g no segundo semestre de 2010. Assim, constata-se que a metodologia PDCA foi adequada para solucionar o problema em sistemas de tratamento de efluentes.

Tabela 1. Parte do modelo 5W1H mostrando as ações para resolução do problema identificado.

PROBLEMA		O QUE	POR QUE
Choque de carga no tanque de aeração devido a entrada de sangue na ETE	1. Indisponibilidade da bomba de sangue.	Adquirir bomba de sangue reserva.	A indisponibilidade da bomba de sangue causa transbordamento no tanque de sangue e conseqüente entrada de sangue na rede de efluente.
	2. Indisponibilidade da centrífuga de sangue.	Adquirir kit reserva para manutenção da centrífuga de sangue.	A indisponibilidade da centrífuga de sangue exige excelência no cozimento do sangue, isto nem sempre funciona, causando entrada de sangue no tanque de neutralização.
Choque de carga no tanque de aeração devido a entrada de resíduo líquido de incubação na ETE		Construir tanque pulmão com capacidade de 10 m ³ para armazenar o resíduo de incubação e dosar resíduo ao longo do dia na ETE.	Adicionar o resíduo de incubação de uma única vez no sistema de tratamento reduz a eficiência do sistema de flotação.
Falha na gestão de descarte de lodo		Definir vazão excedente de lodo através do controle de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) no tanque de aeração (Von Sperling, 2002).	Para garantir que não seja descartado lodo com vazão inferior ou superior da necessária
Baixas concentrações de OD		Criar padrão para controle de OD com medições por turno. Operar com concentração de OD entre 1.5 e 2.0 mg/L.	Porque baixas concentrações de OD podem gerar impactos indesejados na microfauna do lodo.
Variação na carga de entrada do sistema		Construir tanque de equalização com capacidade maior.	Para aumentar o tempo de detenção hidráulica do tanque de equalização e melhorar eficiência da equalização do efluente.
Falta de monitoramento	1. Ausência de monitoramento microbiológico.	Solicitar compra de microscópio óptico; Adotar metodologia de IBL para monitoramento contínuo.	Análises microbiológicas do lodo proporcionam uma resposta rápida do estado do sistema e possibilitam agilidade e confiabilidade para as tomadas de decisões
	2. Frequência de análises físico-químicas insuficiente para tomada de decisões operacionais.	Adquirir equipamentos para realizar análises de SST, SSV e DQO em laboratório próprio.	A impossibilidade de realizar essas análises com maior frequência pode resultar em tomadas de decisões equivocadas.
Ausência de treinamento operacional		Treinar 100% dos operadores nos Padrões Operacionais	A falta de treinamento pode resultar em inúmeros erros operacionais.

Fonte: Castro *et al.* (2011).

Foi possível observar que aplicação da metodologia contribuiu para identificar, propor ações viáveis e desta forma, tratar problema da sedimentabilidade de lodo da ETE da indústria de aves. O resultado obtido com as ações, foi o decaimento da evolução do IVL, ou seja, apesar de a meta colocada ter sido atingida apenas uma vez, ficou claro que é possível sim obter

resultados satisfatórios na diminuição do índice, conforme gráfico abaixo que compreende o período entre julho de 2010 e janeiro de 2011.

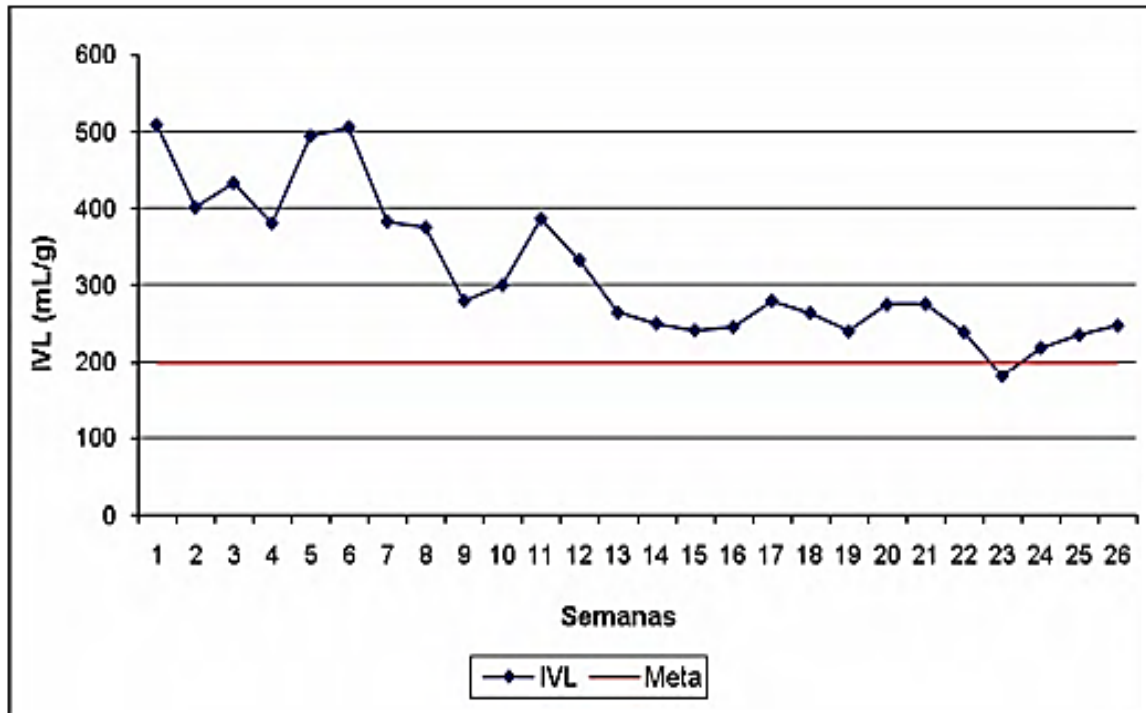


Figura 1. Resultados obtidos pelas ações propostas em 26 semanas de observação.

Fonte: Castro *et al.* (2011)

3.1.2 – CASO 2: Estudo da eficiência produtiva para uma linha de corte de revestimento cerâmico do tipo porcelanato.

Os ramos de atuação da engenharia química na indústria são muitos, compreendendo inclusive a área de gestão e monitoramento de perdas de matéria prima e produto final por exemplo; e como isto pode impactar em uma cadeia produtiva. A esta área se dá o nome de “Lean Manufacturing”, que em português significa “Produção Enxuta”, e tem justamente como objetivo, mapear e evitar perdas de quaisquer naturezas dentro de um processo produtivo.

Tendo isto definido, Valgas (2017), com o objetivo de aumentar a eficiência da linha de corte de um material do tipo porcelanato, traz um estudo de análise das variáveis de controle de processo do corte do material proposto, mapeando perdas de produção, sejam elas de quaisquer naturezas como por exemplo por paradas de equipamento; também foram mapeados os pontos críticos do processo e verificados os impactos gerados na linha de produção de maneira diária.

Para isto foi necessária a implementação do PDCA, que “trabalhou” em conjunto com outras ferramentas de qualidade (MASP, diagrama de pareto e análise de causa e efeito) com intuito de evidenciar os pontos críticos, para que as ações traçadas pudessem atuar de maneira mais assertiva.

Numa indústria onde o produto segue a linha de revestimentos cerâmicos, o acabamento de cada peça produzida é um dos critérios mais importantes de qualidade do produto acabado. Sendo assim, a problemática trazida por uma empresa do sul de Santa Catarina, surgiu a partir de um novo modelo da peça de corte em uma das linhas de produção da peça, que causou uma baixa na capacidade de produção (30% abaixo).

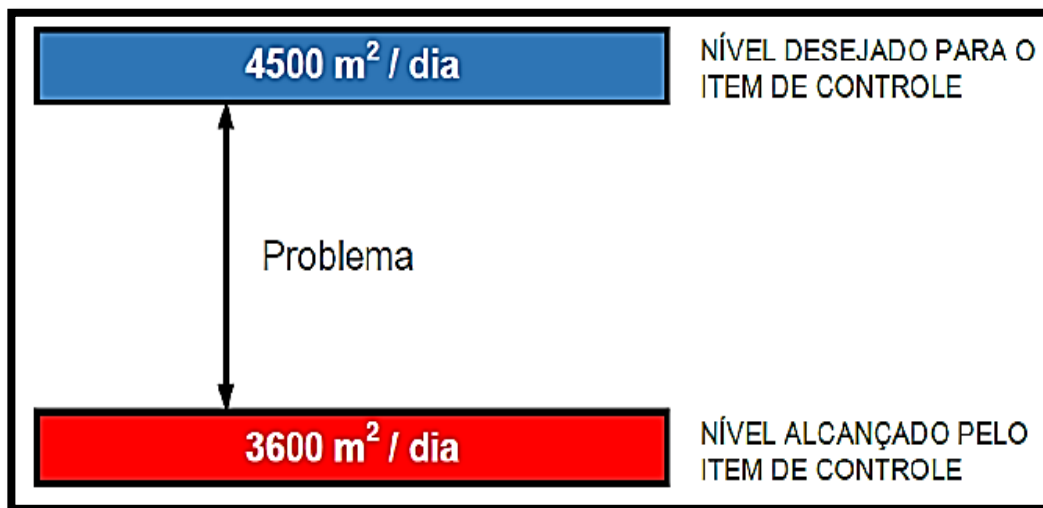


Figura 2. Problemática identificada através da coleta de dados históricos para aplicação da ferramenta.

Fonte: Valgas (2017).

Identificou-se o problema raiz em um dos componentes da máquina de corte da peça (mais precisamente na ferramenta responsável pelo corte), e que ocasionava a perda no tamanho do produto. Além disso, alguns outros problemas que ocasionavam paradas de maquinário como trancamentos na linha, foram identificados e levados em conta para a eficiência do corte, mas o problema principal tido como causa raiz, foi correlacionado a ferramenta de corte citada anteriormente. Tendo identificado esse problema a partir das ferramentas de qualidade em apoio ao ciclo PDCA, foi feito um plano de ação para solucionar o problema em sua causa raiz como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Plano de ação para atuação na causa raiz do problema identificado.

Problema	Ação
Desgaste não uniforme rebolos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudar uma melhor posição para a mangueira de água de modo a melhorar a refrigeração dos rebolos; 2. Trocar o amperímetro analógico por um digital de modo a melhorar a visualização da regulagem do rebolo; 3. Testar material mais resistente para o guia inferior de modo a diminuir o desgaste e melhorar o posicionamento das peças; 4. Melhorar os pontos de fixação do guia superior de modo a melhorar o espaçamento entre as correias e, como consequência, o posicionamento das peças; 5. Avaliar pressão das correias no ponto onde o desgaste não é uniforme; 6. Realizar treinamento com os operadores com o objetivo de padronizar a regulagem da ferramenta; 7. Melhorar iluminação da retífica com o objetivo de facilitar o trabalho e propiciar a sua padronização; 8. Comprar uma lanterna.
Agilizar troca de rebolos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melhorar a fixação do flange no redutor (parafuso menor); 2. Virar a posição da abraçadeira no redutor/sanfona; 3. Aumentar a furação do flange do redutor; 4. Corrigir o canto vivo da caixa de proteção; 5. Avaliar e treinar o trabalho do setor operacional.

Fonte: Valgas (2017).

Com a execução deste plano de ações, e com o monitoramento para redução de paradas relacionadas a maquinário, foi possível obter uma melhoria de 22,66% nos indicadores de produção. Também foi possível notar uma redução de 33,13% nas paradas e 24,79% em tempo de máquinas paradas. Os dados de produção eram acompanhados na etapa de verificação, e quando um valor indesejado era evidenciado, ações eram estabelecidas para que o ciclo girasse de forma efetiva. Foi possível fazer uma comparação entre os índices antes e após a implementação do plano de ações.

Tabela 3. Comparação dos índices de produtividade, parada e tempo de máquina antes e após implementação de plano de ação.

	Produção / Dia		Paradas / Dia	
Período 31 dias	Produção (m ²)	Produção (peças)	Paradas	Tempo de paradas (min)
Antes	3581,66	22229,77	26,87	380,94
Depois	4393,35	27267,55	17,97	286,52
Ganho	811,69	5037,78	<i>Redução</i>	
<i>Melhoria obtida</i>	22,66%	22,66%	33,13%	24,79%

Fonte: Valgas (2017).

3.1.3 – CASO 3: Aplicação da ferramenta PDCA na otimização de equipamentos de análises instrumentais (HPLC-UPLC) na rotina de análises físico-químicas em uma indústria farmacêutica nacional.

Para o último caso de estudo proveniente de revisão da literatura, Miranda e Santana (2018), trazem um estudo que foi desenvolvido em uma indústria farmacêutica, onde a ferramenta PDCA foi utilizada para se alcançar melhoria contínua em resultados analíticos de cromatógrafos líquidos de alta eficiência HPLCs (cromatógrafo líquido de alta pressão) e UPLCs (cromatógrafos líquidos de ultra pressão), num laboratório de controle de qualidade. Este trabalho foi realizado para manter a rotina de melhoria dos equipamentos em questão, pois estes são muito eficientes e realizam uma análise criteriosa quanto a identificação, separação e quantificação dos componentes de uma mistura do fármaco a ser analisado por estes.

A problemática que levou a utilização da metodologia de gestão, foi a existência de 55 cromatógrafos líquidos de alta eficiência na unidade de implementação, onde por conta do mau uso deste equipamento, precisavam receber manutenções mensais. Desta forma foi preciso implementar o ciclo de gestão do PDCA na redução dos custos com manutenções realizadas e sobretudo otimização das análises feitas por estes equipamentos.

Alguns dos principais problemas que levaram ao mal funcionamento e manutenções frequentes nos equipamentos foram: troca de reagentes e troca de água diárias e que não estavam sendo realizadas na frequência estabelecida, falta de habilidade para manusear e

colocar o equipamento em operação; por conta destas falhas, eram necessárias mais manutenções (ações corretivas) nos equipamentos conforme pode ser visto em forma de gráficos para o ano de 2013.

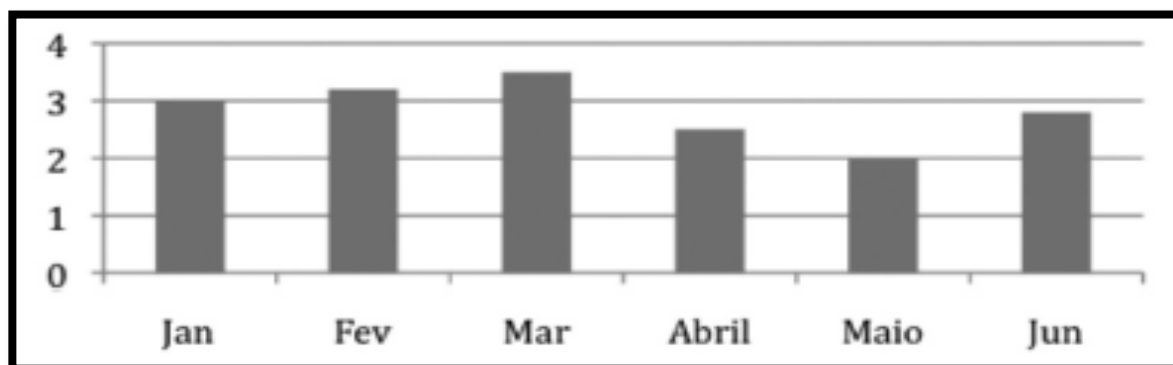


Figura 3. Resultados do primeiro semestre de 2013 para as manutenções realizadas nos cromatógrafos.

Fonte: Miranda e Santana (2018).

Para que o problema fosse sanado e os equipamentos continuassem a operar em ritmo contínuo, foram propostas as seguintes ações conforme quadro a seguir.

Quadro 1. Plano de ações com base nas análises realizadas.

Plan (Planejar)	Do (Fazer)	Check (Verificação)	Act (Ação)
Avaliar quais os problemas frequentes apresentados pelos equipamentos de HPLC's e UPLC's relacionar estas causas com mau uso, conservação e até mesmo falta de conhecimento ao operar o equipamento (uso indevido). Quantificar a abertura de chamados feitos para manutenção e avaliar os itens mais frequentes de queixa.	Responsabilizar analistas para verificação e checagem diária dos equipamentos, com a finalidade de conservá-los e deixá-los sempre em boas condições de uso ao início ou término de qualquer análise. Realizar treinamentos sobre hardware e software do equipamento, com intuito corrigir e informar o modo correto de uso do mesmo.	Catalogar e acompanhar através de gráficos a evolução da conservação dos equipamentos e relacionar a redução de visitas de manutenção. Avaliar o comprometimento dos analistas quanto à responsabilidade diária de manter os equipamentos em boas condições de uso.	Mediante os resultados obtidos, elaborar um plano de manutenção preventiva dos HPLC's e UPLC's de modo evitar gastos excessivos com visitas desnecessárias de técnicos e manter a vida útil das peças e compartimentos do equipamento de acordo com a conservação e preservação contínua durante o uso.

Fonte: Miranda e Santana (2018).

Com esta sistemática proposta, foi possível fazer um comparativo do primeiro semestre de 2013, com o primeiro semestre de 2014, observando o fato de que se obteve uma diminuição de custos de manutenção, tendo somente 4 manutenções no primeiro semestre, e obtendo uma redução de R\$ 19.500,00 no período de 2014 nos custos que anteriormente, no período de 2013 eram gastos com manutenções excessivas (custo de cerca de R\$25.500,00) por falta de manuseio adequado do equipamento.

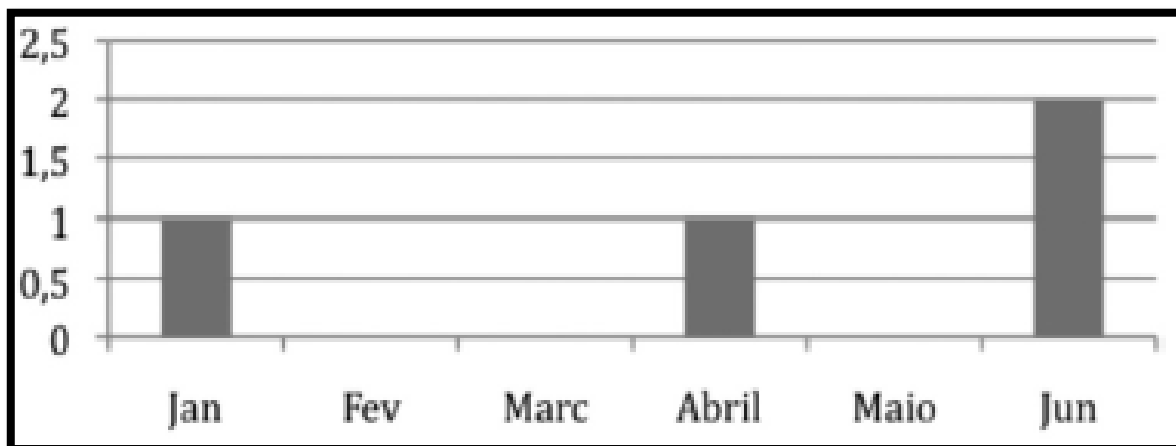


Figura 4. Resultados do primeiro semestre de 2014 após implementação do plano de ações.

Fonte: Miranda e Santana (2018).

3.2. PESQUISA DE CAMPO

Como pode ser visto ao longo deste trabalho, os benefícios da utilização do PDCA na indústria em seus mais diversos segmentos variam de acordo com o que se espera de um processo e seus respectivos produtos finais. Os trabalhos, estudos e artigos citados na seção anterior deste presente artigo, foram utilizados como base teórica para uma melhor compreensão dos diferentes casos de aplicação do ciclo e dos resultados diretos desta. Portanto, como base comprobatória da eficácia da metodologia de melhoria contínua, fez-se necessária a realização de um estudo através de acompanhamento e pesquisas de campo com o auxílio de Engenheiros Químicos do estado da Bahia, com o intuito de validar a eficácia da ferramenta cíclica.

3.2.1 – CASO 1: Ciclo PDCA na implementação de projeto para área de recebimento e transporte de matéria prima bruta para produção de café torrado e moído.

Como primeiro caso evidenciado por pesquisa de campo, têm-se uma fábrica de alimentos (mais precisamente de café torrado e moído), localizada na cidade de Salvador-BA. A empresa possui mercado nacional e internacional e ocupa a segunda posição como uma das maiores vendedoras dos seus produtos no ranking mundial. O processo produtivo deste tipo de alimento, não tem muitas etapas de transformação de matéria, porém possui outras etapas também importantes de recebimento e transporte de matéria prima que fazem diferença na eficiência em termos de entrega e qualidade do produto final.

A produção do café torrado e moído se resume, basicamente, a 4 etapas, que são respectivamente: recebimento de matéria prima, torra dos grãos verdes recebidos, moagem dos grãos torrados e empacotamento do pó de café. Cada etapa é controlada continuamente e são extremamente importantes para que o produto final saia de acordo com as especificações definidas. Assim como em qualquer indústria, todas as etapas são interligadas, afetam umas as outras e conseqüentemente, a qualidade final do produto também é afetada se estas etapas não forem bem definidas e controladas.

Foi evidenciado pelo setor de Engenharia de Projetos/Manufatura da fábrica em questão, que o sistema de recebimento de matéria prima (café verde) precisava ser substituído por um sistema que trouxesse maior capacidade de armazenamento, melhor organização e controle do balanço de massa do sistema, maior precisão das bateladas enviadas para a etapa seguinte do processo (ou seja, aos torradores), envio dos dados em tempo real para o sistema sem precisar inputá-los manualmente diminuindo as fontes de erro, e uma melhor higienização da matéria prima para armazenamento e processo. Considerando todos esses fatores, o projeto para implantação de uma nova área de recebimento de matéria prima foi iniciado, tendo como uma das metodologias base para funcionamento correto após término do projeto, o PDCA. As fases do ciclo, foram descritas da seguinte forma:

- Etapa “P”: Foi evidenciado que através do sistema antigo, a entrega do café verde não atendia aos requisitos básicos de qualidade de processos em eficiência, tempo, precisão para composição de receita de blend (mistura de diferentes cargas de matéria prima) e segurança alimentar. Para isto, foi feito um estudo e um planejamento para a implantação de uma nova área de recebimento e distribuição do café verde para as próximas etapas de produção;

- Etapa “D”: Após o planejamento e conclusão da disposição de todos os equipamentos envolvidos no sistema, deu-se início a uma fase de testes de operação, ou seja, deu-se início ao comissionamento deste novo sistema afim de assegurar que todos os componentes do mesmo estivessem devidamente instalados e operando de acordo com os requisitos previamente definidos para operação;
- Etapa “C”: Nesta etapa deu-se início ao ramp-up (rampa de produção) do novo sistema, que é o início da produção de fato em escala gradual, após a fase inspeção/testes anterior; foi nesta fase do ciclo que foi evidenciado o problema para a realização deste estudo.
 - PROBLEMA: As válvulas que permitem o despejo do café armazenados em silos de café verde (12 silos, sendo uma válvula acionada por cilindros pneumáticos em cada um dos silos), para a composição de receita de blend, travavam no momento de fechar por conta de grãos de café que impediam o fechamento parcial ou total destas válvulas. Quando dimensionados os cilindros do conjunto de válvulas, não foi avaliado que as tubulações que iam dos silos até a balança acumulavam em torno de 100 kg de café, aproximadamente 25 kg acima do previsto para a força exercida para os cilindros. Sendo assim a balança que recebiam a batelada a ser enviada para a etapa de torra, não zerava (peso a mais ou a menos do esperado para o envio aos torradores) e impedia a dosagem de outro tipo de carga que compõe determinado blend da receita;
- Etapa “A”: Primeiramente foi realizado um estudo envolvendo todas as áreas da fábrica, para entender o que estava causando o travamento das válvulas e o que poderia ser eficaz para a resolução do problema. Através de Brainstorming, 5W1H e Ishikawa foi possível evidenciar que os cilindros pneumáticos que, através de pressão, exercem força para o fechamento das válvulas, estavam subdimensionados para tal atividade. Sendo assim, foi necessária a troca dos cilindros pneumáticos para acionamento das válvulas on-off/automáticas com objetivo de melhorar o controle de fluxo destas válvulas.

Tabela 4. Problemas que afetaram diretamente no projeto, e ações para eliminação dos mesmos.

PROBLEMAS	AÇÕES
Deslizamento de talude próximo a área de construção da estrutura na nova área.	Montar um muro de contenção para eliminar problemas de deslizamento futuros
Paradas consecutivas no processo devido ao atraso no envio de matéria prima para os torradores devido ao travamento de válvulas subdimensionadas (Falha no projeto conceitual).	Identificação do sub dimensionamento baseado na força dos cilindros responsáveis pela abertura das válvulas; cálculo para definição de novo dimensionamento, remoção dos cilindros e instalação de novos de acordo com a necessidade do projeto.

Fonte: Autoria própria.

Após avaliação e tomada de ações, o cenário antes e depois para que o sistema operasse com o fechamento e abertura de válvulas com força suficiente em seus cilindros, se encontra na Tabela 6 abaixo. Atualmente as válvulas operam em 3 estágios: fechada, aberta e parcialmente aberta. Sendo assim, o sistema opera normalmente sem maiores problemas relacionados ao que fora citado neste caso, ou seja, o ciclo continua sendo aplicado e as ações foram dadas como eficazes.

Tabela 5. Cenário de dimensionamento dos cilindros antes e após utilização do ciclo PDCA.

CENÁRIO ANTES DO CICLO PDCA	CENÁRIO DEPOIS DO CICLO PDCA
Dimensionamento inicial: 754 N	Dimensionamento atual: 1870 N

Fonte: Autoria própria.

3.2.2 – CASO 2: Utilização do PDCA como ferramenta de melhoria contínua na gestão de produtos não conformes e em observação numa indústria de bebidas não alcóolicas e água mineral.

O segundo caso de verificação de utilização da metodologia como ferramenta de melhoria contínua, não traz de maneira direta um problema que tenha sido identificado, resolvido e que o ciclo PDCA tenha sido utilizado/implementado com foco direto a gestão em um evento específico. Neste caso, foi implementado um projeto por parte do setor de melhoria

contínua de uma empresa em questão. A indústria supracitada é do ramo de fabricação de bebidas não alcólicas (refrigerantes e néctares de fruta) e água mineral, situada na cidade de Alagoinhas- BA; e é considerada pela quantidade de funcionários e volume de produção, de grande porte e é certificada pela ISO 9001 em gestão de qualidade.

Segundo informações concedidas pelo setor de melhoria contínua da indústria, o PDCA é utilizado em projetos específicos de diversos setores da empresa, assim como em diversas atividades de rotina ligadas ao Sistema de Gestão Integrado (SIG), que nada mais é do que um sistema de informação que integra dados, fluxos e processos de uma organização dentro de um único sistema. O ciclo começou a ser implementado recentemente na empresa como uma exigência da norma para cumprimento de requisitos na área do sistema de gestão em melhoria contínua.

O caso citado será utilizado como mais um dos objetos de estudo citados neste trabalho, e girará em torno da gestão de produtos não conformes e em observação dentro desta indústria de bebidas, ou seja, possui o objetivo de impedir que produtos não conformes sejam expedidos e cheguem até o cliente/consumidor. Esta gestão consiste em eliminar a movimentação incorreta de produtos com características fora de especificação para comercialização, e extinguir do sistema as diferenças entre os inventários físicos e virtuais. Os produtos não conformes devem ser geridos controlados segundo a norma ISO 9001 citada anteriormente, e a gestão incorreta destes produtos impacta diretamente no controle dos recursos impactando diretamente em custos para a empresa.

As principais não conformidades identificadas conforme informações concedidas, na linha de produção e em produto acabado da empresa, se encontram na Tabela 7 a seguir.

Tabela 6. Cenário de dimensionamento dos cilindros antes e após utilização do ciclo PDCA.

PRINCIPAIS NÃO CONFORMIDADES
Aspectos visuais de embalagem, em tampas, rótulos e insumos físicos de maneira geral.
Produtos identificados com alguma ocorrência pelo controle de qualidade após análises.
Produtos com problemas no enchimento e encapsulamento/envase das bebidas que saem da linha já considerados não conformes.

Fonte: Autoria própria.

De uma maneira geral, quando qualquer uma das principais não conformidades de produto citadas acima, bem como qualquer outro tipo de não conformidade que possa vir a ocorrer, são identificadas, existe um fluxo pré-definido pela empresa que é seguido e suas variáveis são alteradas de acordo com aquilo que se deseja trabalhar em termos de melhorias. Desta forma pode-se descrever as etapas do ciclo PDCA deste projeto da seguinte forma, para toda e qualquer tipo de oportunidade melhoria identificada:

- Etapa P: Definição do problema, mapeamento dos fluxos de processos envolvidos e análise de causa raiz onde para identificação e resolução de problemas, são utilizadas como ferramentas de qualidade auxiliares o “Diagrama de Ishikawa” e o “5W1H”;
- Etapa D: Execução do plano de ações específico;
- Etapa C: Verificação dos inventários físicos e sistêmicos com o intuito de verificar se as ações propostas foram eficazes ao ponto de garantir que os produtos que por ventura possuam não conformidades estejam devidamente identificados afim de não permitir que estes sejam expedidos aos clientes/consumidores;
- Etapa A: Verificação do fluxo de processos e métodos previamente definidos afim de corrigir o que por ventura tenha falhado nas etapas anteriores;

É possível perceber que o fluxo seguido para melhoria contínua na empresa em questão, tornou-se padrão para quaisquer que sejam as não conformidades. Desta forma pode-se dizer que com a utilização do ciclo PDCA como ferramenta de gestão e posterior padronização das atividades a serem seguidas em cada etapa, o ciclo PDCA evoluiu para SDCA onde as informações foram descritas e padronizadas de maneira documental para alcançar melhores desempenhos. Desta forma, após implementação do projeto para utilização do ciclo PDCA na empresa em questão, os resultados obtidos estão demonstrados na Tabela 8, garantindo aquilo que se teria como a premissa de controlar os produtos não conformes a partir de uma sistemática interna, impedindo a sua expedição ao cliente.

Tabela 7. Dados antes e depois da utilização do ciclo PDCA para a empresa do ramo de bebidas não alcoólicas.

ANTES	DEPOIS
Estoque de 5% de produto NÃO CONFORME não identificado, em armazém de produto CONFORME.	Estoque de 5% de produto NÃO CONFORME identificado, em armazém de produto CONFORME.

Fonte: Autoria própria.

3.2.3– CASO 3: Utilização do ciclo PDCA como ferramenta de melhoria contínua em processo de obtenção de ácido 2-etil-hexanóico a partir da identificação da desativação precoce de catalisador na etapa de hidrogenação parcial.

O terceiro e último caso a ser relatado neste estudo, traz dados de uma empresa com mais de 120 anos de atuação e que é uma das maiores produtoras de produtos químicos intermediários de uso industrial e que atendem a construção civil, tintas e vernizes, calçados e vestuário, química industrial, filmes e embalagens, transporte, defensivos, papel e celulose e fertilizantes. A empresa possui 3 sites no Brasil, mas o caso relatado neste trabalho teve origem na fábrica que fica localizada na cidade de Camaçari-BA.

Segundo informações concedidas por um dos engenheiros envolvidos na resolução do caso, o PDCA é uma ferramenta de melhoria contínua utilizada de maneira ativa e direta dentro da empresa. Além do PDCA, são utilizadas outras ferramentas que atuam como peças chave para mapear problemas e encontrar soluções reais e viáveis para resolvê-los. Neste caso, a ferramenta auxiliar utilizada para entender as causas da raiz do problema e traçar o plano de ações foi o Brainstorming.

De maneira previamente resumida, a partir de uma hidrogenação parcial deseja-se obter o ácido 2-etil-hexanóico a partir de aldeído 2-etil-2-hexenal (EPA), utilizando um catalisador a base de paládio. O catalisador, possuía em sua composição 0,4% em paládio e funcionava perfeitamente em sua primeira carga no reator e teve a sua vida útil de 1 ano, como previsto pelo fabricante.

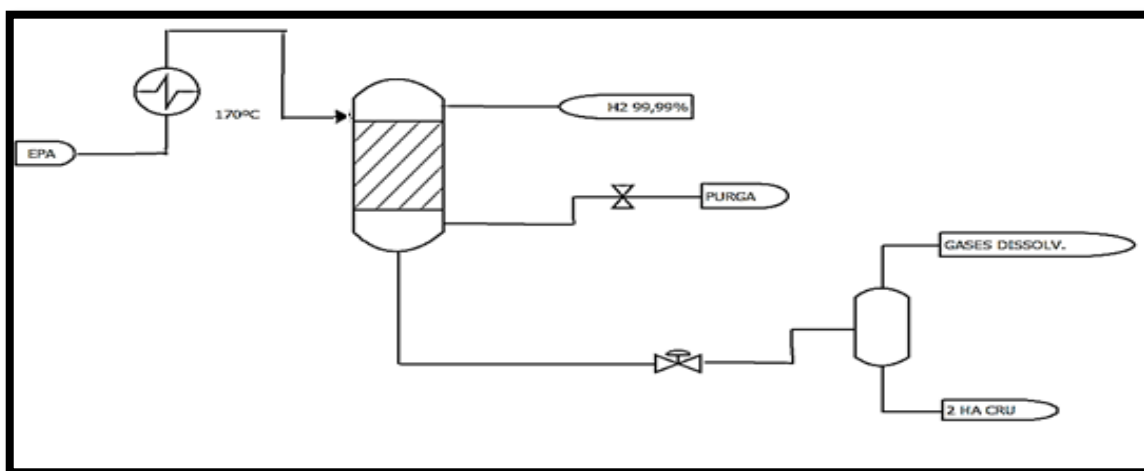


Figura 5. Fluxograma que representa a etapa da hidrogenação parcial.

Fonte: Autoria própria.

O problema central do caso foi a desativação precoce da 2ª carga do catalisador para hidrogenação parcial de aldeído 2 etil-2-hexenal, transformando-o em 2-etil-hexanal para que posteriormente sofrendo oxidação pudesse ser obtido o ácido 2-etil-hexanóico. Nesta 2ª carga, a concentração de paládio no catalisador foi aumentada para 0,6% afim de se obter uma melhor atividade e de aumentar a capacidade da planta. No primeiro mês, percebeu-se um aumento de atividade, o que para o processo foi muito bom, porém, no segundo mês começou-se a observar uma queda brusca de conversão, que era controlada pelo não reagido e compensada com o aumento de temperatura da reação. Sabe-se que compensar a queda de atividade de um catalisador com aumento de temperatura não é viável por longos períodos de tempo pois começam a se formar subprodutos que além de ser indesejáveis, podem ser prejudiciais ao processo.

Com 3 meses que esta 2ª carga estava em utilização, notou-se que o catalisador estava num ponto de operação muito ruim, não conseguindo mais compensar a queda da sua atividade por ter atingido o seu limite máximo de temperatura. Este problema se tornou um foco de estudo entre os especialistas da planta, que se debruçaram sobre o mesmo na tentativa incessante de descobrir, o mais rápido possível, a causa raiz desse problema. Para isto o ciclo PDCA foi o artifício utilizado para estabelecer a melhoria contínua do processo. As etapas de gerenciamento do ciclo foram descritas da seguinte forma:

- Etapa P: Nesta etapa, a ferramenta auxiliar Brainstorming foi utilizada com o intuito de obter o máximo de informações factíveis a respeito das possíveis causas do problema evidenciado. Foi realizada uma reunião para que fossem feitas averiguações a respeito da vida útil do catalisador e no final, foram levantadas algumas possíveis causas para a diminuição de sua vida útil. As causas levantadas foram: envenenamento do catalisador por algum contaminante da matéria prima e degradação do catalisador através de aglutinação dos sítios ativos pelo fato de ter uma maior concentração de paládio na segunda carga do que na primeira carga;
- Etapa D: Dadas as questões levantadas na etapa anterior, o plano de ação foi estabelecido e o objetivo foi verificar nas matérias primas, que neste caso eram o aldeído (2-etil-2-hexenal) e o hidrogênio, os possíveis venenos. Como o aldeído era produzido internamente e era utilizado em outros processos com catalisadores mais sensíveis, sem maiores problemas, descartou-se que algum envenenamento fosse proveniente dele. Sendo assim através de testes realizados pelo fabricante do catalisador, onde as condições do processo em questão foram reproduzidas, foi comprovado que nenhuma perda de atividade foi verificada durante esses testes. Foi descartada também a

possibilidade de envelhecimento do catalisador por aglutinação dos sítios ativos, através de testes para verificar este possível envelhecimento; sendo assim, considerando o que fora descartado, foi cogitado o envenenamento do catalisador por monóxido de carbono (CO) presente no hidrogênio utilizado no processo. Sabe-se que o monóxido de carbono é um dos grandes causadores de envenenamento de catalisadores, porém neste caso, pelas especificações do fornecedor de hidrogênio, a concentração de CO presente no hidrogênio era baixa (menos de 5 ppm). O hidrogênio alimentado tinha uma pureza elevada de 99,99% e praticamente não havia purga do mesmo; sendo assim, descartando a possibilidade de haver uma concentração considerável de CO no hidrogênio, passou-se a analisar a atmosfera do reator. Não havia saída de gás no reator, pois partiu-se do princípio que o hidrogênio estava a todo o momento sendo consumido. Até que em determinado momento, após uma análise cromatográfica do hidrogênio do processo, observou-se uma considerável presença de CO na amostra deste hidrogênio analisado, e partir disto resolveu-se analisar a concentração de monóxido de carbono dentro do reator. A concentração estava no valor de 11.000 ppm e para sanar isto, ficou decidido que iria se purgar esse CO que estava fazendo com que a atividade do catalisador caísse. Quando a purga começou a ser realizada, a temperatura do meio reacional também começou a cair e observou-se que a atividade do catalisador melhorava de maneira significativa, alertando os responsáveis pela investigação do problema, que a causa raiz poderia ser de fato o envenenamento do catalisador por CO. Após ter sido confirmado, que a queda da atividade do catalisador era por envenenamento por monóxido de carbono, foram levantadas algumas possibilidades afim de entender como este envenenamento estaria ocorrendo. Desta forma, através de acompanhamento de testes abrindo e fechando a purga de hidrogênio para remoção do CO contaminante, chegou-se a conclusão de que o mesmo não estaria contaminado e o que de fato estava acontecendo era a formação de CO dentro do reator; formação esta que não se concluiu como estaria acontecendo e por este motivo, outras tratativas deveriam ser feitas afim de contornar o problema.

- Etapa C: Tendo identificado o problema, foi necessária a checagem das ações realizadas até a etapa anterior e os benefícios que estas trariam. Sendo assim os responsáveis pelo acompanhamento do processo resolveram que diante daquilo que foi testado, o mais eficiente e benéfico ao processo era trabalhar com a purga de hidrogênio aberta, mesmo que isso significasse alguma perda de matéria prima, pois desta forma a concentração de CO cairia significativamente de 11.000 ppm para 100 ppm, e a atividade do

catalisador voltaria a esperada. Mas, ainda assim o processo não tinha sido ajustado de maneira completamente satisfatória, pois essa diminuição de concentração teve como preço uma perda muito grande de hidrogênio pela purga.

- Etapa A: Considerando o que foi identificado na etapa anterior com relação a perda de matéria prima no ajuste da purga para diminuição da concentração do monóxido de carbono, os testes e análises foram continuados e chegou-se a uma abertura razoável da válvula possibilitando uma purga considerável, onde a concentração de CO era representada pelo valor de no máximo 300 ppm, estabilizando assim o processo.

O período entre a identificação do problema e a utilização do PDCA como forma de manter a melhoria do processo conforme solução encontrada para o caso, foi em torno de 6 meses. Nas Tabela 9 e 10 estão representados alguns dados comparativos pertinentes ao processo, entre o antes e o depois da aplicação do ciclo PDCA como ferramenta de melhoria contínua.

Tabela 8. Dados de consumo de hidrogênio utilizado como matéria prima no processo de obtenção do ácido 2-etil-hexanóico, ao decorrer do estudo do caso.

DADOS DE CONSUMO DE H₂	
INÍCIO	200 Nm ³ /ton
ABERTURA DA VÁLVULA	900 Nm ³ /ton
ESTABILIZAÇÃO	400 Nm ³ /ton

Fonte: Autoria própria.

Tabela 9. Dados da vida do catalisador antes e depois da resolução do problema identificado e da utilização do PDCA como ferramenta cíclica de gestão.

VIDA DO CATALISADOR	
EXPECTATIVA FABRICANTE	1 ano
APÓS ESTABILIZAÇÃO	mais de 2 anos

Fonte: Autoria própria.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal vertente deste estudo baseou-se primeiramente no entendimento da aplicação da metodologia através de informações obtidas na teoria, desta forma, pode-se afirmar que o objetivo de apresentar o PDCA como ferramenta de gestão e melhoria contínua foi alcançado. Posteriormente, através de pesquisas na literatura pode-se visualizar como a ferramenta aplicada a casos vivenciados na indústria, junto as ferramentas de qualidade auxiliares, trazem resultados satisfatórios a cada vez que o ciclo gira. Após este estudo e para posterior comprovação na prática da utilização da ferramenta, buscou-se a conclusão dos objetivos específicos através de pesquisas de campo pela realização de entrevistas com engenheiros químicos de três indústrias de segmentos diferentes.

Na etapa de desenvolvimento, primeiramente foram realizadas as revisões da literatura partindo do princípio de que, dentre inúmeros casos existentes, três pudessem representar a aplicação do PDCA dentro da indústria sob o contexto de ações voltadas para a engenharia química. Sendo assim, pode-se atestar que estes casos que em sua totalidade, obtiveram ações eficazes para que o ciclo girasse de maneira efetiva. Sendo assim, os artigos foram selecionados para este trabalho pois representam uma parcela importante do estudo e serviram de base teórica para atestar o quão consolidada e utilizada é a metodologia no mercado, há décadas.

Como segunda etapa do desenvolvimento, foram realizadas as pesquisas de campo que explanaram as informações de forma alinhada com o que foi visto em trabalhos consolidados da etapa de revisão da literatura. Dos três casos citados, dois deles apresentaram situações em que um problema específico foi retratado, a ferramenta de gestão foi utilizada e a obtenção de melhoria cíclica foi atingida, atestando que o PDCA é uma ferramenta bem consolidada e utilizada, como fora observado na etapa dos estudos da literatura. De maneira paralela, o caso que não trouxe um problema específico, mas sim um projeto de implementação da metodologia na empresa de bebidas não alcólicas, alcançou um patamar de estabilidade dos seus processos, evoluindo para um ciclo SDCA.

Pode-se concluir que os objetivos propostos para este estudo foram alcançados, e que para a engenharia de uma forma geral, a utilização/implementação da ferramenta como base para alcançar resultados específicos, contínuos e estáveis de processos é eficaz, visando atingir padrões de qualidade na entrega de produtos aos clientes/consumidores do mercado de todos os segmentos; mercado este que está sempre crescendo e se tornando cada vez mais exigente. A seguir, pode-se visualizar de maneira mais direta quais os desvios, ferramentas de qualidade auxiliares utilizadas para eliminação do problema, e resultados de cada caso citado no decorrer

deste estudo; permitindo uma análise comparativa entre os casos estudados, demonstrado assim a eficácia da ferramenta proposta.

Tabela 10. Comparação entre os dados obtidos e os resultados dos 3 casos da revisão de literatura.

TABELA COMPARATIVA: REVISÃO DA LITERATURA					
ETAPA	CASO	DESVIO IDENTIFICADO	FERRAMENTAS DE QUALIDADE UTILIZADAS	PDCA EFICIENTE?	RESULTADOS OBTIDOS
REVISÃO DA LITERATURA	Aplicação do Método de Soluções de Problemas (PDCA) em um sistema de tratamento de efluentes de indústria frigorífica de aves.	A sedimentabilidade do lodo em um dos decantadores apresentava-se bastante deficiente, apresentando flotação de lodo e perda de sólidos junto com o efluente final.	Brainstorming, Diagrama de Ishikawa e 5W1H	SIM	A sedimentabilidade de lodo, foi minimizada, reduzindo os valores da ordem de 500 mL/g para valores da ordem de 250 mL/g no segundo semestre de 2010.
	Estudo da eficiência produtiva para uma linha de corte de revestimento cerâmico do tipo porcelanato.	Identificado problema na peça de corte de uma das linhas de produção de determinada peça, que causou uma baixa na capacidade de produção (30% abaixo).	MASP, Diagrama de Pareto e Análise de Causa e Efeito (Ishikawa).	SIM	Aumento de 22,66% na produção diária (quase retomando o nível de controle estipulado) e redução de 24,79% em paradas de maquinário.
	Aplicação da ferramenta PDCA na otimização de equipamentos de análises instrumentais (HPLC-UPLC) na rotina de análises físico-químicas em uma indústria farmacêutica nacional.	Alto custo de manutenção de 55 cromatógrafos líquidos de alta eficiência, onde por conta do mau uso, precisavam receber manutenções mensais.	S.I.	SIM	Houve uma diminuição de custos de manutenção de R\$ 6.000,00 reais, pois no período de 2013 eram gastos cerca de R\$25.500,00 e em 2014 foram gastos R\$ 19.500,00.

Fonte: Autoria própria.

Tabela 11. Comparação entre os dados obtidos e os resultados dos 3 casos da pesquisa de campo.

TABELA COMPARATIVA: PESQUISA DE CAMPO					
ETAPA	CASO	DESVIO IDENTIFICADO	FERRAMENTAS DE QUALIDADE UTILIZADAS	PDCA EFICIENTE?	RESULTADOS OBTIDOS
PESQUISA DE CAMPO	Ciclo PDCA na implementação de projeto para área de recebimento e transporte de matéria prima bruta para produção de café torrado e moído.	Foi evidenciado pelo setor de Engenharia de Projetos/Manufatura da fábrica, que o sistema de recebimento de matéria prima (café verde) estava obsoleto precisava ser substituído.	Brainstorming, 5W1H e Diagrama de Ishikawa.	SIM	Após avaliação e tomada de ações, para que o sistema operasse com o fechamento e abertura de válvulas, os cilindros têm o dimensionamento atual de 1870 N .
	Utilização do PDCA como ferramenta de melhoria contínua na gestão de produtos não conformes e em observação numa indústria de bebidas não alcoólicas e água mineral.	Projeto de melhoria para eliminar a movimentação incorreta de produtos não conformes e em observação dentro a partir de um fluxo de gestão implementado (Estoque de 5% de produto NÃO CONFORME não identificado, em armazém de produto CONFORME).	Diagrama de Ishikawa e 5W1H.	SIM	Estoque de 5% de produto NÃO CONFORME identificado, em armazém de produto CONFORME.
	Utilização do ciclo PDCA como ferramenta de melhoria contínua em processo de obtenção de ácido 2-etil-hexanóico a partir da identificação da desativação precoce de catalisador na etapa de hidrogenação parcial.	Desativação precoce da 2ª carga do catalisador para hidrogenação parcial de aldeído 2-etil-2-hexenal, transformando-o em 2-etil-hexanal para que posteriormente sofrendo oxidação pudesse ser obtido o ácido 2-etil hexanóico.	Brainstorming.	SIM	Vida útil do catalisador superou a informada pelo fabricante (mais de 2 anos), sem problemas em sua atividade.

Fonte: Autoria própria.

REFERÊNCIAS

BERK, Joseph & Susan. **Administração da Qualidade Total: O aperfeiçoamento contínuo** (teoria e prática). Açailândia: Ibrasa, 1993.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8 ed. Nova Lima : INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CASTRO, Andressa Della Justina de; PINHEIRO, Adilson; GINORIS, Yovanka Pérez. **Aplicação do Método de Soluções de Problemas (PDCA) em um sistema de tratamento de efluentes de indústria frigorífica de aves**. Ambiente e Agua - Revista Interdisciplinar de Ciências Aplicadas, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 221-238, dec. 2011. ISSN 1980-993X. Disponível em: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/743>>. Acesso em: 20 de dezembro 2018

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO N° 430**: Ministério do Meio Ambiente. Brasil: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011. Disponível em: <http://www.labb.com.br/wp-content/pdf/Resolucao_CONAMA_430_11.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2018.

DANIEL, Érika Albina; MURBACK, Fábio Guilherme Ronzelli. **Levantamento Bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade**. Disponível em: <https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo16_2014.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2014.

DEMING, Willian Edwards. **Qualidade: a revolução da administração**. 2. ed. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

FALCONI, Vicente. **Método PDCA: Uma organização de aprendizado**. 2015. Disponível em: <https://www.falconi.com/flcn_articles/metodo-pdca-uma-organizacao-de-aprendizado/>. Acesso em: 25 out. 2018

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2018.

MIRANDA, Amanda Carvalho; SANTANA, José Carlos Curvelo. **Aplicação da ferramenta PDCA na otimização de equipamentos de análises instrumentais (HPLC-UPLC) na rotina de análises físico-químicas em uma indústria farmacêutica nacional**. *Exacta*, [s.l.], v. 16, n. 1, p.1-6, 21 mar. 2018. Universidade Nove de Julho.

S.I. **Ciclo Deming ou Ciclo PDCA**. Disponível em: <<https://scsampaio.files.wordpress.com/2011/12/ciclo-de-deming-ou-ciclo-pdca.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2018.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TONDELLI, Camila. **PDCA e SDCA: você sabe a diferença?** 2016. Disponível em: <<https://blogdaqualidade.com.br/pdca-e-sdca-voce-sabe-a-diferenca/>>. Acesso em: 25 out. 2018.

VALGAS, Gislaine Bem. **Estudo da eficiência produtiva para uma linha de corte de revestimento cerâmico do tipo porcelanato**. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017.

VON SPERLING, Marcos. **Lodos Ativados**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2002.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.