

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA QUÍMICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

VINÍCIUS SCHOVANZ SCHENKNECHT

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PDCA PARA REDUÇÃO DE
CUSTOS COM PRODUTOS QUÍMICOS EM UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS ALIMENTÍCIOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2018

VINÍCIUS SCHOVANZ SCHENKNECHT

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PDCA PARA REDUÇÃO DE
CUSTOS COM PRODUTOS QUÍMICOS EM UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS ALIMENTÍCIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química, do Departamento Acadêmico de Engenharia Química, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Bittencourt
Sydney

PONTA GROSSA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

Aplicação da Metodologia PDCA para Redução de Custos com Produtos Químicos em uma Estação de Tratamento de Efluentes Industriais Alimentícios

por

Vinícius Schovanz Schenknecht

Monografia apresentada no dia 23 de novembro de 2018 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados¹. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho Aplicação da Metodologia PDCA para Redução de Custos com Produtos Químicos em uma Estação de Tratamento de Efluentes Industriais Alimentícios aprovado.

Profa. Dra. Alessandra Cristine Novak Sydney
(UTFPR)

Profa. Dra. Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli
(UTFPR)

Prof. Dr. Eduardo Bittencourt Sydney
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Juliana de Paula Martins
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

¹ A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Química

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

A Deus por permitir através das bênçãos recebidas cada ano ser melhor que o anterior.

Aos meus pais, Ildo e Isolde, pelo suporte, incentivo e zelo durante todo meu percurso até aqui.

À minha irmã, Caroline, pelos conselhos, pela pré-disposição em ajudar sempre que necessário e por ser exemplo.

À Jocasta por ser leal companheira nos mais difíceis momentos e participar das melhores conquistas.

Aos amigos Hebert, Pedro, Yuri, Danilo, Brisola e Eric, por ensinarem o valor do bom humor, do elogio e do apoio e por formarem os melhores grupos para os melhores trabalhos.

Ao orientador Eduardo pela confiança e apoio para realização deste trabalho e reta final da faculdade.

À UTFPR-PG de modo geral por me fazer amadurecer e sonhar mais alto.

À empresa que possibilitou o ambiente e situações para execução deste trabalho e profundo desenvolvimento profissional durante o último ano.

“Todo homem que conheço é superior a mim em alguma coisa. E nesse particular aprendo com ele.” (Ralph Waldo Emerson)

RESUMO

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. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

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. Em um cenário de gastos variáveis, é proposta a aplicação da metodologia PDCA para realizar a gestão dos custos com produtos químicos em uma estação de tratamento de efluentes provenientes de frigoríficos de abate de frango, suínos e de uma indústria de laticínios. A etapa de planejamento do PDCA foi elaborada levando-se em conta dados dos custos dos produtos químicos utilizados nesta estação de janeiro a junho de 2018. Foram utilizadas ferramentas da qualidade para identificar e priorizar os problemas e causas, bem como propor soluções para reduzir o custo com esses insumos. As ações foram executadas de julho a setembro do mesmo ano e em outubro foi realizada a verificação dos resultados. Com a verificação constatou-se que o resultado das ações propostas na etapa de planejamento deste PDCA não foram efetivas para reduzir os custos com produtos químicos. Assim é proposto na última etapa do PDCA alternativas para refazer o ciclo considerando aspectos que não haviam sido observados anteriormente no planejamento ou que ocorreram após a execução deste.

Palavras-chave: Tratamento de efluentes. Efluentes industriais. Método PDCA.

ABSTRACT

SCHENKNECHT, Vinícius Schovanz. **Application of PDCA methodology for cost reduction with chemicals in an industrial wastewater treatment plant.** 2018. 62 pg. Work of Conclusion Course (Graduation in Chemical Engineering) – Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2018.

Wastewater treatment in industries is crucial not just thinking about sustainability, but also to meet legal requirements. Due to the large water consumption in production processes, industrial wastewater treatment plants usually have considerable proportions and consequently high costs of operation. An appropriate management in a treatment plant makes that resources are efficiently used, on the other hand if the expenses are not monitored difficulties may occur with the available budget. In a scenario variable costs, it is proposed the application of the PDCA methodology to perform cost management with chemicals in a wastewater treatment plant from slaughterhouses of chicken, pigs and dairying. The planning stage of PDCA was drafted considering data from the cost of the chemicals used in this season between January to June 2018. It was used quality tools to identify and prioritize the issues and causes, as well as propose solutions to reduce the cost of these inputs. The actions were carried out from July to September of the same year and in October was carried out the verification of the results. With the check it was found that the result of the actions proposed in the planning stage of this PDCA were not effective to reduce costs with chemicals. Being proposed in the last step of PDCA alternatives to redo the cycle whereas aspects that had not been previously observed in the planning or that occurred following the execution of this.

Keywords: Wastewater Treatment. Industrial wastewater. PDCA Method.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de Diagrama de Ishikawa	16
Figura 2 - Representação gráfica do ciclo PDCA	19
Figura 3 - Exemplo de peneira estática	28
Figura 4 - Flotador por ar dissolvido	30
Figura 5 - Representação esquemática simplificada de um sistema de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados	32
Figura 6 - Diagrama do processo de tratamento de efluentes	37
Figura 7 - Fluxograma ETE 1ª	38
Figura 8 - Fluxograma ETE 2ª	39
Figura 9 - Fluxograma ETE 3ª	40
Figura 10 - Diagrama de Ishikawa.....	44
Gráfico 1 - Custo de produtos químicos em reais	41
Gráfico 2 - Estratificação por produto químico	42
Gráfico 3 - Estratificação por etapa do processo.....	43
Gráfico 4 - Verificação: Custo com produtos químicos em reais	52
Gráfico 5 - Contribuição percentual de cada produto químico	53
Gráfico 6 - Vazão de efluente tratado na ETE 1ª e custos com produtos químicos ..	54
Gráfico 7 - Comportamento do pH e custos com produtos químicos	55
Quadro 1 - Principais símbolos utilizados em fluxogramas de processo.....	14
Quadro 2 - Exemplo de Matriz de Priorização.....	17
Quadro 3 - Exemplos de indústrias e características de efluentes industriais.....	22
Quadro 4 - Poluentes considerados no tratamento de efluentes.....	23
Quadro 5 - Níveis de tratamento de efluente	26
Quadro 6 - Matriz de Priorização.....	44
Quadro 7 - 5 porquês	45
Quadro 8 - Plano de Ação.....	48
Quadro 9 - Status do plano de ação.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Eficiência de remoção de poluentes, conforme nível de tratamento	27
Tabela 2 - Padrões de lançamento de efluentes conforme legislação	33

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

4P	Política, procedimento, planta, pessoas
5W2H	5 (<i>What, Who, Where, When, Why</i>) 2 (<i>How, How much</i>)
6M	Mão-de-obra, máquina, método, material, medição, meio ambiente
BASICO	Benefícios, abrangência, satisfação, investimento, cliente, operacionalidade
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
ETE 1 ^a	Estação de tratamento de efluentes primária
ETE 2 ^a	Estação de tratamento de efluentes secundária
ETE 3 ^a	Estação de tratamento de efluentes terciária
ETE	Estação de tratamento de efluentes
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
m ³ /h	Metros cúbicos por hora
N	Nitrogênio
P	Fósforo
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
pH	Potencial hidrogeniônico
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
POP	Procedimento operacional padrão
SAP®	Software de gestão de empresas
SDCA	<i>Standard, Do, Check, Act</i>
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SMART	<i>Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	13
3.1.1 Fluxograma	13
3.1.2 Gráfico de Pareto.....	14
3.1.3 Diagrama de Ishikawa	15
3.1.4 Matriz de Priorização	16
3.1.5 Porquês	17
3.1.6 5W2H.....	17
3.2 PDCA	18
3.2.1 Planejar.....	19
3.2.2 Fazer.....	20
3.2.3 Checar	20
3.2.4 Atuar	21
3.3 EFLUENTES INDUSTRIAIS	21
3.3.1 Efluentes de Abatedouros.....	24
3.3.2 Efluentes de Laticínios.....	24
3.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	24
3.5 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO ESTUDADA.....	27
3.5.1 Tratamento Preliminar	27
3.5.2 Tratamento Primário	29
3.5.3 Tratamento Secundário	30
3.5.4 Tratamento Terciário.....	32
3.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	33
4 METODOLOGIA	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 PLANEJAR	37
5.2 FAZER	50
5.3 CHECAR.....	51
5.4 ATUAR.....	55
6 CONCLUSÃO	57
7 REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

Problemas ecológicos relativos à água, como captação, distribuição, consumo e esgoto, afetam o homem desde a Antiguidade devido às aglomerações humanas. Conforme descobertas feitas por arqueólogos no Egito, na Índia e na Mesopotâmia, já eram construídas canalizações de água para os múltiplos usos. No final do século XVIII, com a Revolução Industrial, houve um incremento do impacto ambiental devido à crescente necessidade de energia fóssil e água (ADISSI; PINHEIRO; CARDOSO, 2013, p. 210).

A intensificação da exploração dos recursos naturais, especialmente da água, e conseqüente aumento de poluentes lançados no meio ambiente, faz do controle da poluição um grande desafio para a sociedade atual.

Nesse contexto, as indústrias alimentícias se encontram com grande responsabilidade, devido à ampla utilização de água em seus processos, como: higienização de processo, geração de vapor, sistemas de resfriamento, lavagens gerais e instalações sanitárias. Dessa forma, a água, que para ser utilizada precisa ser tratada, após o processo torna-se efluente líquido, pois é contaminada com resíduos do processo industrial (GIORDANO, 2004).

Assim, faz-se necessária a aplicação de processos de tratamento de efluentes, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental ao lançar o efluente tratado nos corpos hídricos. O tipo de tratamento a ser utilizado depende das características do efluente bruto, como carga orgânica e contaminantes presentes, além das características do corpo receptor.

O sistema de tratamento de efluentes tradicional é composto de 4 etapas: pré-tratamento (ou tratamento preliminar), tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário. Em geral, essas etapas são compostas de tratamentos físico-químicos e biológicos. Por fim, há a destinação final de resíduos sólidos como o lodo gerado.

A utilização de produtos químicos no processo de tratamento de efluentes é fundamental. Diferentes compostos químicos são aplicados para sequestrar sólidos dissolvidos no efluente, corrigir pH, remover nutrientes específicos ou realizar desinfecção. A eficiência do tratamento depende diretamente da dosagem correta desses produtos em conjunto com a adequada regulação dos parâmetros de processo (equipamentos e utilidades).

Os produtos químicos representam um dos maiores gastos em uma estação de tratamento de efluentes, em conjunto com despesas com eletricidade e, a depender do nível de automação do tratamento, custos de mão-de-obra. Portanto é necessário realizar uma gestão atenta desses recursos.

Dessa forma se os custos para o tratamento de efluentes se elevarem a ponto de comprometerem o orçamento fica evidenciado um problema de gestão, uma vez que ela deve conduzir a resultados sustentáveis. Para resolver problemas de gestão é necessário aplicar um método apropriado. Campos (2013, p. 173), ao utilizar da etimologia da palavra método, esclarece a importância do mesmo: “Método é uma palavra que vem do grego. É a soma das palavras gregas *meta* e *hodos*. *Hodos* quer dizer caminho. Portanto, método quer dizer caminho para a meta.” O mesmo autor sugere que o PDCA, como método de gestão, pode ser esse caminho para atingir as metas.

Este trabalho apresenta as etapas de execução de um PDCA para redução de custos com produtos químicos em uma estação de tratamento de efluentes industriais alimentícios.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho, por meio da utilização de uma ferramenta de gestão, é reduzir os gastos com produtos químicos em uma estação de tratamento de efluentes industriais do ramo alimentício.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fornecer uma visão holística do processo de tratamento de efluentes;
- Proporcionar controle do processo;
- Utilizar as ferramentas da qualidade propostas pela metodologia PDCA para identificar e priorizar problema, causas e soluções;
- Elaborar um plano consistente para atingir um novo patamar de gastos com produtos químicos na estação de tratamento de efluentes;
- Implementar a melhoria contínua na gestão dos insumos da estação de tratamento de efluentes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

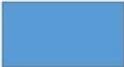
3.1 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Em um sistema de gestão algumas ferramentas da qualidade auxiliam no processo de análise dos fatos e tomada de decisão, como fluxogramas, gráficos, diagramas, etc. Cada uma dessas ferramentas será apresentada nos tópicos seguintes.

3.1.1 Fluxograma

Fluxograma é uma representação gráfica que descreve os passos e etapas sequenciais de um determinado processo (ALONÇO, 2017). Ele mostra as entradas, ações e saídas. Cada tarefa é representada por um símbolo e cada símbolo tem um significado designado, como pode ser observado no Quadro 1. Geralmente, usa-se retângulos para a maioria das tarefas e diamantes para pontos de decisão. A localização das etapas do processo no mapa é indicada por raias, usadas para indicar layout físico, departamento responsável, partes interessadas, cronograma ou outra condição para cada atividade de processo (QUALITY AMERICA, 2018a).

Quadro 1 - Principais símbolos utilizados em fluxogramas de processo

Símbolo	Nome	Quando utilizar?
	Início ou fim	Todas as vezes que iniciar ou terminar o fluxograma de um determinado processo.
	Decisão	Todo processo existe um ponto de decisão que dependendo da situação ou decisão tomada poderão sinalizar dois ou mais caminhos. Um exemplo prático poderia ser após a verificação de um produto antes da sua liberação. Nesta situação poderíamos ter um símbolo de decisão com o questionamento: "O produto está conforme?". Caso positivo, o produto poderia ser entregue ao cliente, caso negativo, o produto não pode ser liberado.
	Processo	Este é o símbolo mais utilizado, pois ele serve para indicar as etapas no fluxo contínuo do processo. "Embalar o produto", "Atendimento ao cliente", "Avaliar os produtos encaminhados pelos provedores externos", estes são apenas alguns exemplos de atividades que podem ser inseridos neste símbolo. Este símbolo nomeia quais são as etapas fundamentais de cada processo.
	Processo pré definido	Em todos os momentos em que existir uma etapa que já foi utilizada em outro lugar, ou seja foi pré definida em outro fluxograma, este é o símbolo mais indicado. Imagine que exista um fluxograma para o "tratamento de não conformidades" e para isto exista uma etapa de "Brainstorming", porém esta mesma etapa já está sendo utilizada em outro fluxograma de processo, logo o símbolo de "Processos pré definido" seria o mais indicado para contemplar esta tarefa.
	Operação Manual	Indicado para representar tarefas manuais existente no fluxo de um processo. Existem outras situações que este símbolo pode sinalizar etapas não automatizadas, as quais se repetirão até que sejam paradas manualmente. Há tarefas produtivas em que determinada máquina só pode ser interrompida por um esforço manual de algum colaborador, logo o símbolo de "operação manual" é o mais indicado.
	Conector	Sua finalidade é ligar um ponto ao outro no fluxo. Alguns fluxogramas de processos são altamente complexos e enormes, por isso além de utilizar um "fluxo de linha" para ligar uma etapa que esteja distante da outra, o símbolo do "conector" pode ser uma saída para tornar o desenho do fluxograma mais agradável e de fácil compreensão.
	Documento	Mostra uma etapa do processo em que é gerado um documento. Exemplificando, algum cliente aceita determinada proposta, logo podemos inserir este símbolo com a seguinte legenda: "O colaborador redige a proposta".
	Fluxo de Linha	Utilizado como conector entre os símbolos de um processo. Serve para indicar a direção em que os processos ocorrem.

Fonte: Alonço (2017)

3.1.2 Gráfico de Pareto

O gráfico de Pareto é um gráfico de barras em que o eixo horizontal representa as diferentes categorias e o eixo vertical esquerdo representa a medição

(frequência, quantidade, custo, tempo) em cada categoria. As barras são colocadas no gráfico em ordem decrescente, ou seja, a barra à esquerda é a mais alta. O eixo vertical direito representa a medida cumulativa expressa como porcentagem da contagem total e uma linha cumulativa é usada para adicionar as porcentagens de cada barra, começando pela barra mais à esquerda.

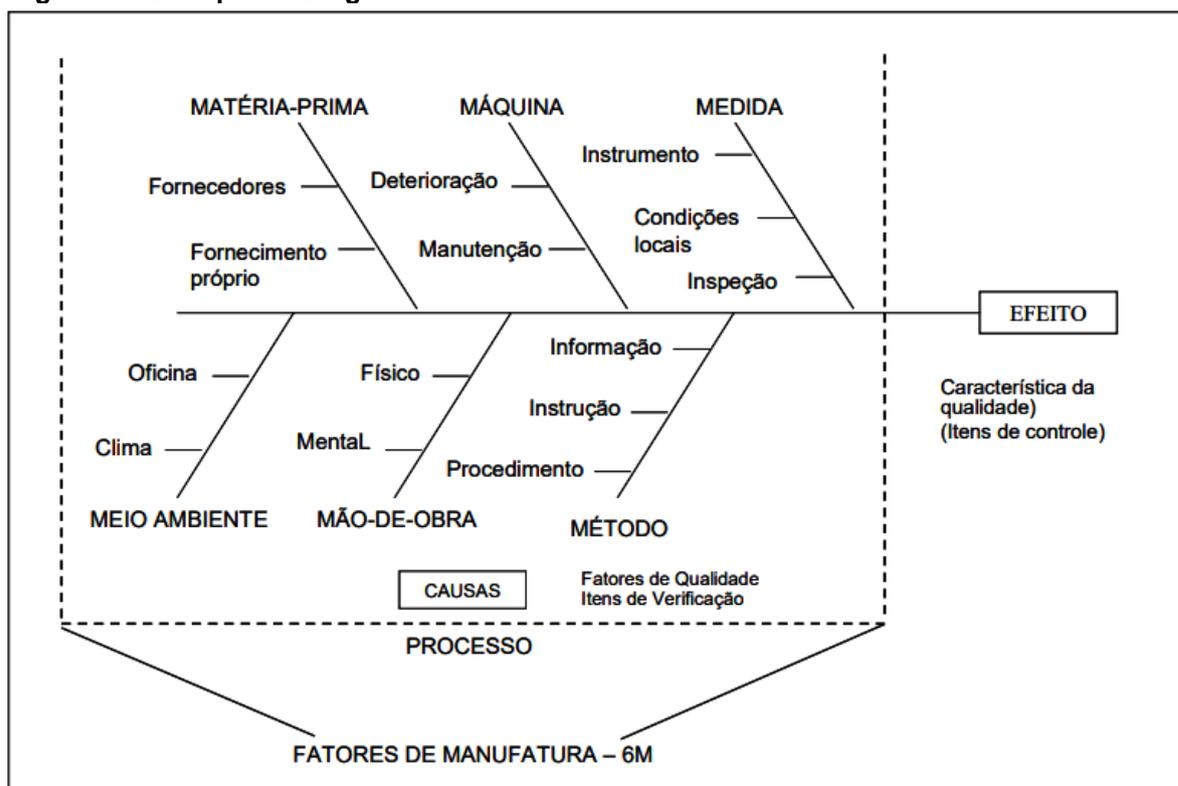
O Princípio de Pareto, ou regra dos 80/20, define que 80% dos problemas são ocasionados por 20% das causas (PQSYSTEMS, 2018), esse princípio caracteriza os dados como “poucos vitais e muitos triviais”. “Poucos Vitais” são um pequeno número de problemas com grande impacto (causam grandes perdas); “Muitos Triviais” representam um alto número de causas com perdas pouco significativas (NEVES, 2007). Ressalta-se que seu objetivo não é identificar as causas, mas permitir uma fácil visualização e identificação dos problemas mais importantes (FM2S, 2018a). Com a utilização do Gráfico de Pareto, torna-se mais fácil a identificação dos itens mais problemáticos a fim de dar prioridade aquele que deverá ser resolvido com maior urgência (ASQ, 2018).

3.1.3 Diagrama de Ishikawa

Também chamado Diagrama de Causa e Efeito ou ainda Espinha de Peixe, é um instrumento que objetiva representar a relação entre um “efeito” e suas possíveis “causas” (BEZERRA, 2014). Como ilustra a Figura 1, o resultado do processo se localiza ao final de um eixo central à direita (efeito); do eixo central partem as espinhas principais que representam as causas primárias desse efeito e as ramificações dessas espinhas representam as causas secundárias. Os ramos principais são escolhidos para ajudar no brainstorming ou para categorizar os possíveis problemas. Geralmente, usa-se 6M (mão de obra, máquinas, métodos, material, medição e meio ambiente) ou 4P (política, procedimentos, planta e pessoas) para compor os ramos principais (QUALITY AMERICA, 2018b).

Uma das grandes vantagens do diagrama é fornecer uma conexão visual entre o efeito observado e todos os possíveis fatores que contribuem para ele (FM2S, 2018b).

Figura 1 – Exemplo de Diagrama de Ishikawa



Fonte: Campos (1992) apud Neves (2007)

3.1.4 Matriz de Priorização

Essa ferramenta define por meio de critérios previamente estabelecidos quais projetos devem ser implementados ou quais são prioritários. Existem diversas matrizes de priorização, será explorada a matriz BASICO que é utilizada para priorização de soluções (INK, 2017).

Primeiramente é construída uma tabela com as seguintes colunas: problema, benefício, abrangência, satisfação, investimento, cliente, operacionalidade, total e ranking. Nas linhas são elencadas as soluções a serem estudadas. Os seis critérios considerados são o significado da sigla BASICO, portanto, representado pela letra inicial de cada uma dessas palavras. “Benefícios” refere-se ao o impacto que uma determinada solução tem para os resultados dos processos. “Abrangência” é a quantidade de pessoas/empresas/setores beneficiados. “Satisfação” é o contentamento dos colaboradores com a solução. “Investimento” considera os recursos aplicados para que a melhoria possa ser efetivada. “Cliente” é o grau de impacto para o cliente externo. E a

“Operacionalidade” refere-se à facilidade em implementar o projeto (SANTOS, 2017; RIBEIRO, 2018).

Cada solução é analisada sob esses seis critérios e lhe é atribuída uma nota de 1 a 5 para cada parâmetro, conforme Quadro 2. Os seis valores são somados e a maior pontuação indica o projeto que dever ser priorizado (SANTOS, 2017).

Quadro 2 - Exemplo de Matriz de Priorização

MATRIZ B.A.S.I.C.O. ou MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO (priorização das soluções a serem tomadas)						
VALOR	BENEFÍCIOS	ABRANGÊNCIA	SATISFAÇÃO	INVESTIMENTOS	CLIENTE	OPERAÇÃO
5	De vital importância	Total (70 a 100%)	Muito grande	Pouquíssimo investimento	Impacto muito grande	Muito fácil
4	Impacto significativo	Muito Grande (40 a 70%)	Grande	Algum investimento	Grande impacto	Fácil implementar
3	Impacto razoável	Razoável (20 a 40%)	Médio	Médio investimento	Bom impacto	Média facilidade
2	Poucos benefícios	Pequena (5 a 20%)	Pequeno	Alto investimento	Pouco impacto	Difícil implementar
1	Algum benefício	Muito pequena	Quase não nota a diferença	Altíssimo	Nenhum impacto	Requer decisões

Fonte: Santos (2017)

3.1.55 Porquês

O “5 Porquês” é uma ferramenta para encontrar a causa raiz de um defeito ou problema. É uma técnica de análise que parte da premissa que após perguntar 5 vezes o porquê um problema está acontecendo, sempre relacionado a causa anterior, será determinada a sua causa raiz. A razão para um problema muitas vezes pode levar a uma outra pergunta e poderá ser necessário fazer a pergunta menos ou mais do que cinco vezes antes de chegar à origem. É importante que a resposta seja fundamentada na realidade, devendo refletir fatos que realmente aconteceram e não eventos que poderiam ter acontecido (QUALIDADE TOTAL, 2014).

3.1.65W2H

A ferramenta 5W2H é utilizada para elaboração de um plano de ação, ela descreve as ações de uma forma cuidadosa e objetiva garantindo a execução organizada do projeto (FM2S, 2017). Para isso são respondidas as seguintes questões:

- O que? (*What*): quais as atividades a serem executadas;
- Quando? (*When*): prazo para que sejam completadas essas atividades;

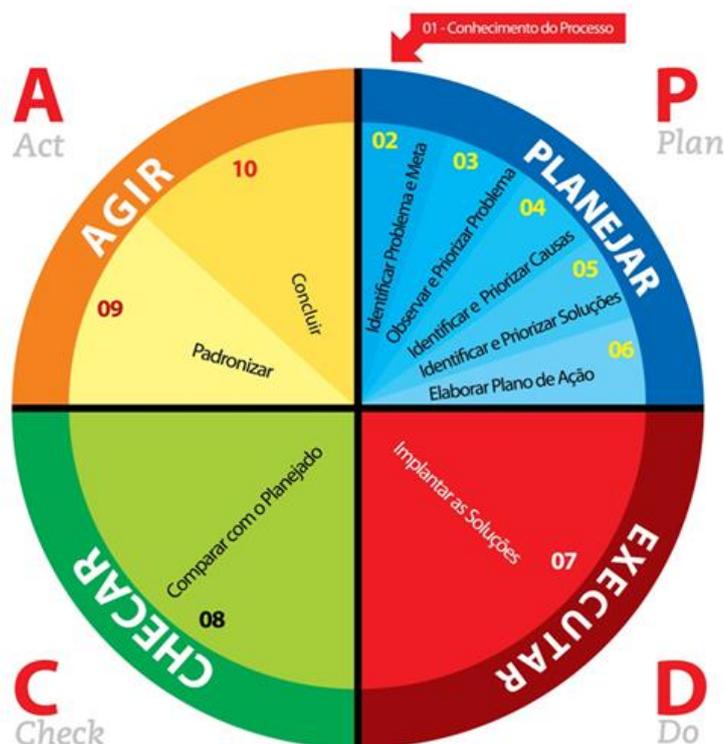
- Onde? (*Where*): local onde serão desenvolvidas essas atividades;
- Quem? (*Who*): responsável pela realização da atividade;
- Por que? (*Why*): razão pela qual deve-se realizar essa atividade;
- Como? (*How*): método, ou maneira, pela qual será realizada a atividade;
- Quanto? (*How much*): custo da atividade.

Em uma tabela, em que as colunas são as perguntas acima descritas e as linhas são as etapas do plano de ação, são organizadas as respostas às questões. Versões mais simples podem ser empregadas dependendo da complexidade de cada situação (PORTAL ADMINISTRAÇÃO, 2014).

3.2 PDCA

O Ciclo PDCA, também conhecido como Ciclo de Shewhart, Ciclo da Qualidade ou Ciclo de Deming, é uma metodologia de abordagem de processo. Segundo Lima (2006), o Ciclo PDCA é uma ferramenta utilizada para a aplicação das ações de controle dos processos, tal como estabelecimento da “diretriz de controle”, planejamento da qualidade, manutenção de padrões e alteração da diretriz de controle, ou seja, realizar melhorias (PACHECO et al., 2015). Geralmente representado como um círculo (Figura 2), a conclusão de uma volta do ciclo flui para o começo de uma nova volta remetendo a melhoria contínua (PALISKA; PAVLETIC; SOKOVIC, 2007). Composta de quatro etapas as quais formam a sigla em inglês: “*Plan*” - planejar; “*Do*” - fazer; “*Check*” - checar; e “*Act*” - atuar ou ajustar.

Figura 2 - Representação gráfica do ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Campos (2013)

3.2.1 Planejar

O propósito desta fase é investigar a situação atual, entender completamente a natureza do problema a ser resolvido e desenvolver soluções potenciais para o problema (GORENFLO; MORAN, 2009). Quando a melhoria do processo começa com um planejamento cuidadoso, resulta em ações corretivas e preventivas, que levam a uma verdadeira melhoria (PALISKA; PAVLETIC; SOKOVIC, 2007; SOKOVIC et al., 2008).

Para identificar o problema alvo, sendo problema definido como um resultado indesejado de um processo, primeiramente deve-se conhecer esse processo. Para melhor visualização e entendimento o processo pode ser mapeado por meio de um fluxograma. A análise do fluxograma conjuntamente com indicadores chave de desempenho permitem identificar pontos que necessitam de melhoria. Os dados que descrevem o estado atual são fundamentais para entender melhor o processo e estabelecer uma base para medir melhorias (GORENFLO; MORAN, 2009). Pode-se descobrir que há várias oportunidades de melhoria de qualidade, um Diagrama de Pareto pode auxiliar a determinar qual deles priorizar.

Definindo-se o problema, passa-se para a definição da meta de melhoria, a qual responde à questão: o que estamos tentando realizar? Tal meta deve atender aos requisitos SMART, ou seja, considera 5 atributos: S (Específico), M (Mensurável), A (Atingível), R (Relevante) e T (Temporal). Podendo ser por meio de benchmarking baseado em processo similar (PRASHAR, 2017).

O problema é revisado e caracterizado detalhadamente de uma maneira ampla e sob diversos pontos de vista, todas as possíveis causas são identificadas. Diagrama de causa e efeito é uma maneira útil de identificar causas possíveis e uma matriz de priorização e os 5 Porquês são maneiras para determinar a causa raiz.

Ações para bloquear a causa raiz são elaboradas. Um plano de ação estratégico para alcançar metas específicas é um elemento-chave, a ferramenta 5W2H é adequada para auxiliar nesse processo. Este plano indica o que precisa ser feito, quem é responsável e quando deve ser concluído (GORENFLO; MORAN, 2009).

3.2.2 Fazer

Caracteriza-se pela execução do que foi planejado. Inicia-se com o treinamento e capacitação de todas as pessoas envolvidas para que haja comprometimento e execução conforme o plano de ação. Os problemas, observações inesperadas e demais informações devem ser documentados, ou seja, há a coleta de dados para verificação na próxima etapa (GORENFLO; MORAN, 2009).

3.2.3 Checar

O objetivo desta fase é analisar os efeitos da intervenção, comparando os dados obtidos na execução com as metas estabelecidas no plano, com a finalidade de verificar se os resultados estão sendo atingidos conforme o que foi planejado, se o bloqueio do problema foi efetivo (GORENFLO; MORAN, 2009). A diferença entre o desejável (planejado) e o resultado real alcançado constitui um problema a ser resolvido (PACHECO et al., 2015). Portanto essa etapa busca responder a três

questões: em quais situações o plano de ação funcionou? Em quais não? Por que a diferença? (BALLÉ, 2014).

3.2.4 Atuar

As análises realizadas na etapa anterior (verificação) podem resultar em duas possíveis conclusões: a meta foi alcançada ou a meta não foi atingida.

No caso de a meta ser atingida, a melhoria é padronizada. Parte-se para um PDCA para manutenção de metas, um SDCA (*Standard* - padrão, Do, Check, Act). Bastante similar ao PDCA com exceção da primeira etapa, em que são estabelecidas faixas aceitáveis de valores (nível de controle) como meta. Para tal, é necessário o gerenciamento da rotina, ou seja, que se siga um padrão de trabalho, com a elaboração e cumprimento de um Procedimento Operacional Padrão (POP) (CAMPOS, 2013; NEVES, 2007).

Se as mudanças feitas no processo não resultaram em melhoria, o ciclo PDCA se reinicia. Possíveis soluções que não foram inicialmente selecionadas são consideradas ou volta-se à análise da causa raiz para ver se causas adicionais podem ser descobertas ou até mesmo reconsidera-se o objetivo (GORENFLO; MORAN, 2009; NEVES, 2007).

3.3 EFLUENTES INDUSTRIAIS

Os despejos derivados dos variados usos da água, como residencial, agrícola, industrial, entre outros, são chamados efluentes ou, mais popularmente, esgoto. Mais especificamente o efluente industrial ou resíduo líquido industrial é o esgoto resultante de processos industriais. Este tipo de esgoto normalmente possui características muito particulares, a depender do tipo de indústria que provém, como pode ser observado no Quadro 3. Portanto é necessário estudar cada tipo de despejo isoladamente em termos de tratamento e disposição (BRAGA et al., 2005, p. 119).

Quadro 3 - Exemplos de indústrias e características de efluentes industriais

Tipo de indústria	Unidade	Quantidade despejo	DBO (mg/L)	Tratamentos mais utilizados	Eficiência na remoção de DBO	Poluentes principais
MATADOURO						
Bovino	Litros/Cabeça	2500	800 - 32000	Lagoa anaeróbia + aeróbia	90-99%	Carga orgânica
Suíno		1200		Lodo ativado	99%	
				Filtro biológico	92-99%	
Aves		25 - 50		Irrigação	99%	
CERVEJARIA	litros/litro de cerveja	8 - 40	1000 - 3000	Filtro biológico Lodo ativado	> 90% 90%	Carga orgânica
CURTUME	litros/ kg de pele	30 - 100	1000 - 2000	Tratamento químico + tratamento biológico (lodo ativado, lagoa aerada, filtro biológico)	65-95%	Cromo
GALVANOPLASTIA	litros/hora	250 - 2000	-	Processos químicos: oxidação de cianetos com cloro; redução dos ânions cromato; neutralização	-	Cromo, cobre, zinco, cádmio, cianetos, etc
FECULARIA	Litros/ton. Matéria-prima manipulada	2000 - 4000	1500 - 30000	Filtro biológico Lodo ativado	>90% >90%	Ácido cianídrico

Fonte: Braille 1993; Silva in Rebouças 1999; Henze et al. 1995 (apud PHILIPPI JÚNIOR, 2005, p. 194)

É fundamental conhecer as características físicas, químicas e biológicas do efluente gerado, bem como os efeitos nocivos que podem causar nos reservatórios de água e na biota, que estão explicitados no Quadro 4. São parâmetros que devem ser considerados durante o tratamento dos efluentes (ADISSI; PINHEIRO; CARDOSO, 2013, p. 210).

Quadro 4 - Poluentes considerados no tratamento de efluentes

Poluente	Efeito poluidor
Físicos	
Cor	Coloração da água principalmente por sólidos dissolvidos: restringe o uso, causa impacto visual e, conforme o efluente pode apresentar toxicidade.
Turbidez	Dificulta a entrada de luz na água, podendo impactar a fauna e a flora aquática.
Sabor e odor	Causado por sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e gases dissolvidos, restringindo o uso do recurso sem tratamento adequado.
Químicos	
Compostos orgânicos biodegradáveis (proteínas, hidrocarbonetos e gorduras)	Impacto na diminuição do oxigênio dissolvido.
Compostos orgânicos refratários (surfactantes, fenóis, pesticidas, solventes)	Efeitos tóxicos, degradação estética e problemas de bioacumulação.
Compostos orgânicos voláteis	O sulfeto de hidrogênio e outros orgânicos voláteis desprendidos durante o tratamento de efluentes são tóxicos e criam problemas de poluição do ar.
Dureza (Minerais dissolvidos contendo cálcio de magnésio)	Redução da formação de espuma, exigindo maior consumo de sabão; incômodo aos consumidores; causa problema de incrustação nas tubulações de caldeiras e aquecedores.
Ferro e Manganês	Problemas de cor na água que restringem o uso sem tratamento adequado.
Fósforo, Nitrogênio	Excesso de nutrientes pode levar ao processo de eutrofização do corpo d'água, impactando o uso para fins de consumo e lazer.
Metais pesados (Hg, Pb, Cr, Zn, Ar etc.)	Altamente tóxicos e concentram-se à medida que se avança na pirâmide alimentar.
Biológicos	
Microrganismos patogênicos	Aumento do risco de doenças de veiculação hídrica.
Algas	Causa problemas de odor, gosto e sabor; impacta negativamente o potencial de uso do recurso.

Fontes: Adaptado de Philippi Júnior (2005, p. 195-196); Lora (2002, p. 100)

3.3.1 Efluentes de Abatedouros

O abate de suínos e aves em frigoríficos demanda grande utilização de água em seus processos, destaca-se o consumo em etapas de escaldagem, chuveiros de limpeza de carcaças, chillers, refrigeração e higienização de processo. Segundo Pacheco (2008), abatedouros de aves, bovinos e suínos geram efluentes com alta carga orgânica e grande conteúdo de gordura, contêm altas concentrações de nitrogênio, fósforo e sais, bem como variações de temperatura, além de apresentarem flutuações no pH nos processos de limpeza. Há presença de sólidos, como fragmentos de carne, vísceras, pele, penas e gorduras.

Normalmente o sangue é canalizado em linha separada para o tratamento, devido a sua alta carga orgânica e possível valor comercial secundário. Em seu estado líquido bruto apresenta valores aproximados de DQO de 400 g/L, DBO de 200 g/L e concentração de nitrogênio de 300 g/L (PACHECO, 2008).

3.3.2 Efluentes de Laticínios

A geração de efluentes na indústria de laticínios origina-se majoritariamente pelo uso de grande quantidade de água para operações de processamento e limpeza, resultando em vazões elevadas de efluentes (1,1 a 6,8 m³ por m³ de leite processado). É característico desse efluente conter nutrientes, persistentes poluentes orgânicos e inorgânicos. A DQO do efluente bruto varia de 150 mg/L a 7000 mg/L e a DBO varia de 20 a 4700 mg/L (SARAIVA et al., 2009). Há variação de pH, principalmente nos horários de higienização, pois para a limpeza do processo de pasteurização do leite são empregadas soluções ácidas e básicas em grandes concentrações (SILVA; EYNG, 2013).

3.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Um sistema de tratamento de efluentes é composto por um conjunto de equipamentos e serviços que atendem a coleta, transporte, tratamento e a

disposição final das águas residuárias a fim de proteger a saúde pública, atender a legislação em vigor e resguardar o meio ambiente (PHILIPPI JÚNIOR, 2005, p. 197).

A partir das características físico-químicas e biológicas do efluente, bem como dos padrões de qualidade da água dos corpos receptores, pode-se determinar o sistema de tratamento, tendo em vista remover os poluentes a fim de atingir o padrão necessário de lançamento e, para tanto, o nível de tratamento necessário e a eficiência a ser atingida (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005).

O nível de tratamento normalmente é utilizado para indicar a eficiência global do processo de tratamento. Os níveis, também chamados de etapas, são classificados em preliminar, primário, secundário e terciário (ADISSI; PINHEIRO; CARDOSO, 2013; PHILIPPI JÚNIOR, 2005).

O tratamento preliminar é uma preparação do efluente não tratado para as etapas seguintes, a principal função é remover poluentes que possam causar problemas operacionais ou demandar maior manutenção nos equipamentos e instalações. Nesta etapa remove-se principalmente sólidos grosseiros e areia. É composto normalmente por gradeamento, peneiramento, caixa de remoção de areia, óleos e graxa, equalização e neutralização (ADISSI; PINHEIRO; CARDOSO, 2013; PHILIPPI JÚNIOR, 2005).

O tratamento primário ou físico-químico é responsável por estabilizar o efluente, eliminar sólidos em suspensão, parte da matéria orgânica e parte de substâncias coloidais. Não remove substâncias dissolvidas. São utilizadas operações físicas como sedimentação, tanque de decantação primário, tanque séptico, floculação ou coagulação e flotação (ADISSI; PINHEIRO; CARDOSO, 2013; PHILIPPI JÚNIOR, 2005).

O tratamento secundário ou biológico contém microrganismos que consomem a matéria orgânica coloidal ou dissolvida por processos biológicos de tratamento como lodo ativado, lagoas de estabilização e filtro biológico. Remove principalmente matéria orgânica e sólidos em suspensão e dissolvidos. Em alguns casos inclui-se nesse nível de tratamento a desinfecção (ADISSI; PINHEIRO; CARDOSO, 2013; PHILIPPI JÚNIOR, 2005).

O tratamento terciário é conhecido como uma etapa de polimento. É projetado para garantir a eficiência na remoção de nutrientes, especialmente o fósforo e o nitrogênio, principais causadores do processo de eutrofização. Nessa etapa também deve-se remover agentes patogênicos, compostos tóxicos ou não

biodegradáveis que não tenham sido eliminados no tratamento anterior. Existem diferentes tecnologias empregadas nesta etapa, pois ela varia muito dependendo da característica do efluente e do resto do sistema, alguns exemplos são a troca iônica, osmose reversa, filtração, ozonização, adsorção em leito de carvão ativado, ultravioleta e cloração (ADISSI; PINHEIRO; CARDOSO, 2013; MARINHO, 2017; PHILIPPI JÚNIOR, 2005; VON SPERLING, 2007b).

O Quadro 5 expõe de forma resumida as principais características de cada nível de tratamento.

Quadro 5 - Níveis de tratamento de efluente

Tratamento	Tipo	Objetivo
Preliminar	Gradeamento Peneiramento	Remoção de sólidos grosseiros
	Desarenação	Remoção de areia
	Equalização	Homogeneização das características físico-químicas e vazão
Primário	Ajuste de pH Coagulação Floculação Decantação Flotação	Remoção de sólidos sedimentares
Secundário	Lagoa de estabilização Filtro biológico Lodo ativado	Redução de matéria orgânica
Terciário	Filtração Ozonização Absorção Osmose reversa	Remoção de nutrientes como fósforo e nitrogênio

Fonte: Adissi; Pinheiro; Cardoso (2013, p. 216)

Conforme o conceito de Philippi Júnior (2005) de que os níveis de tratamento estão relacionados à eficiência global do tratamento, segue a tabela 1 com os valores da eficiência de remoção de poluentes, conforme o nível de tratamento, para os parâmetros DBO, nitrogênio, fósforo e coliformes.

Tabela 1 - Eficiência de remoção de poluentes, conforme nível de tratamento

Nível de tratamento	Eficiência média de Remoção (%)			
	DBO	N	P	Coliforme
Preliminar	0 - 5	0	0	0
Primário	30 - 40	10 - 25	10 - 20	30 - 40
Secundário	70 - 90	30 - 50	20 - 60	60 - 90
Terciário	97 - 99	95 - 99	95 - 99	> 99

Fonte: Von Sperling 1996; Metcalf e Eddy 1991; Henze 1995 (apud PHILIPPI JÚNIOR, 2005, p. 197)

3.5 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO ESTUDADA

A Estação de Tratamento de Efluentes Industriais que será o objeto de estudo deste trabalho é responsável por tratar o efluente de três origens diferentes: abatedouro de frangos, abatedouro de suínos e indústria de laticínios, a uma vazão total média de 500 m³/h.

O tratamento pode ser dividido nos quatro níveis abordados anteriormente, mas apresenta particularidades com relação aos equipamentos utilizados em cada etapa. A estação de tratamento é dividida em dois setores separados geograficamente, sendo conhecidos por ETE 1^a (Estação de tratamento de efluentes primária) e ETE 2^a (Estação de tratamento de efluentes secundária), ainda que o tratamento terciário esteja dentro da área conhecida por ETE 2^a.

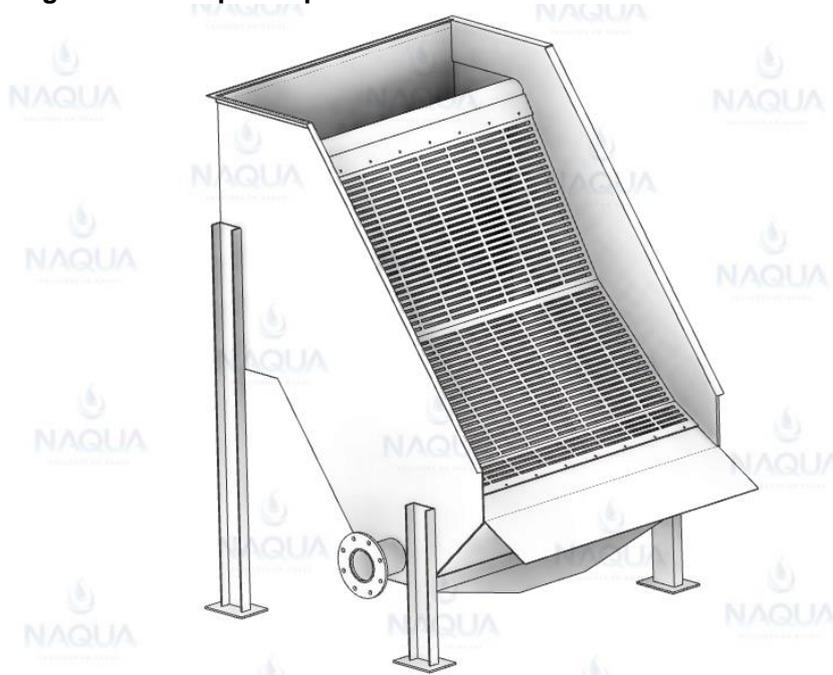
3.5.1 Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar inicia-se assim que o efluente sai da indústria. Composto basicamente por peneiras estáticas. Em particular no abate de aves, há peneiras estáticas dispostas ao fim das tubulações individuais referentes às principais etapas do processo geradoras de efluentes líquidos com arraste de partículas sólidas maiores, como escaldagem e evisceração.

Os efluentes líquidos chegam ao setor da ETE 1^a por diferentes tubulações (também chamadas linhas). Os efluentes líquidos provenientes dos processos de abate de aves e abate de suínos passam primeiramente por peneiras estáticas

(Figura 3) individuais para cada linha, após passar por esse equipamento essas tubulações os destinam ao tanque de equalização.

Figura 3 - Exemplo de peneira estática



Fonte: NAQUA (2018)

A principal função da peneira estática é reter os sólidos presentes no efluente a fim de evitar problemas de entupimento de bombas e equipamentos no restante do processo. Os resíduos sólidos acumulados na peneira caem em uma rosca transportadora posicionada imediatamente abaixo da peneira, que destina esses resíduos a caçambas e por fim esses resíduos são destinados como resíduos sólidos.

As tubulações de efluente sanitário (linha verde) e do efluente proveniente do processo industrial de laticínios são conduzidos diretamente ao tanque de equalização.

Há ainda uma linha separada que chega à ETE 1^a, responsável por conduzir o sangue do abate de frangos. Esse sangue é armazenado em um tanque próprio e em seguida é desidratado em centrífuga. O sangue desidratado é destinado como um subproduto e o clarificado proveniente do processo de desidratação é direcionado ao tanque de equalização.

O tanque de equalização é responsável por homogeneizar os efluentes a fim de garantir constância na vazão para a próxima etapa e principalmente equalizar o

pH, que tem grandes oscilações referente ao efluente de laticínios e em especial nos horários de higienização dos abatedouros. Há ainda um ganho secundário nessa etapa que é a sedimentação de materiais sólidos em suspensão. O efluente deve chegar ao tanque de equalização por cima e ser retirado pela parte inferior, com auxílio de bombas de recalque.

3.5.2 Tratamento Primário

Após a equalização do efluente, o tratamento primário é iniciado. Os equipamentos responsáveis por esta etapa são Flotadores (Figura 4). O princípio de funcionamento desse processo é a adição de microbolhas de ar ao efluente de forma ascendente.

Há diferentes tipos de flotadores e modos de operação. O processo utilizado nesta estação é o tratamento físico-químico. O efluente é bombeado do tanque de equalização para os flotadores. Na tubulação entre as duas etapas são dosados produtos químicos (polímero aniônico e cloreto férrico), cuja função é formar flocos de partículas de poluentes presentes no efluente, possibilitando a separação de partículas de dimensões reduzidas. Ainda antes da entrada do efluente no flotador há a injeção de microbolhas de ar. Ao entrar no flotador, o efluente sofre redução da pressão (por aumento da área), tornando o líquido supersaturado, o que faz com que as microbolhas de ar arrastem os flocos junto aos sólidos em suspensão e na superfície do flotador são retirados pelas pontes raspadoras que trabalham em sentido contrário ao fluxo do efluente (AMBIENTAL COMPANY, 2018).

Figura 4 - Flotador por ar dissolvido



Fonte: Ambiental Company (2018)

Após o processo de flotação é gerado lodo e clarificado. O clarificado segue para as próximas etapas do tratamento. O lodo é direcionado a tanques de cozimento a vapor para em seguida ser desidratado em centrífugas trifásicas. A centrifugação ocorre em processo contínuo e gera o lodo desidratado, que é destinado como resíduo sólido, o clarificado retorna para o tanque de equalização e é gerado também óleo animal, outro subproduto.

3.5.3 Tratamento Secundário

O efluente oriundo do tratamento primário é direcionado à ETE 2ª por tubulações subterrâneas e, ao chegar neste local, é primeiramente conduzido por uma caixa desarenadora. A desarenação é um processo comum ao tratamento preliminar, cuja função é retirar areia e outros materiais sólidos por sedimentação. Porém, pelo fato de as estações primária e secundária estarem a uma distância considerável uma da outra, a desarenação neste ponto do processo tem utilidade de retirar sólidos que ainda estejam presentes no efluente ou que tenham se incorporado no caminho, principalmente em dias chuvosos, com o aumento da vazão. Há ainda a vantagem de se poder fazer análise visual do efluente e

direcionar conforme a necessidade para a Lagoa Anaeróbia I ou a Lagoa Anaeróbia II, que compõem a etapa subsequente do tratamento.

A Lagoa Anaeróbia é um dos tipos de Lagoa de Estabilização. Para proporcionar as condições ideais para ocorrer a decomposição da matéria orgânica em condições anaeróbias, essas lagoas devem ter profundidade em torno de 4 a 5 metros. Dessa forma praticamente não ocorre fotossíntese e assim quase não há geração de oxigênio (VON SPERLING, 2007a). Segundo Marinho (2017), para um tempo de detenção de 3 a 6 dias, tem-se uma remoção de carga orgânica de 50 a 60%.

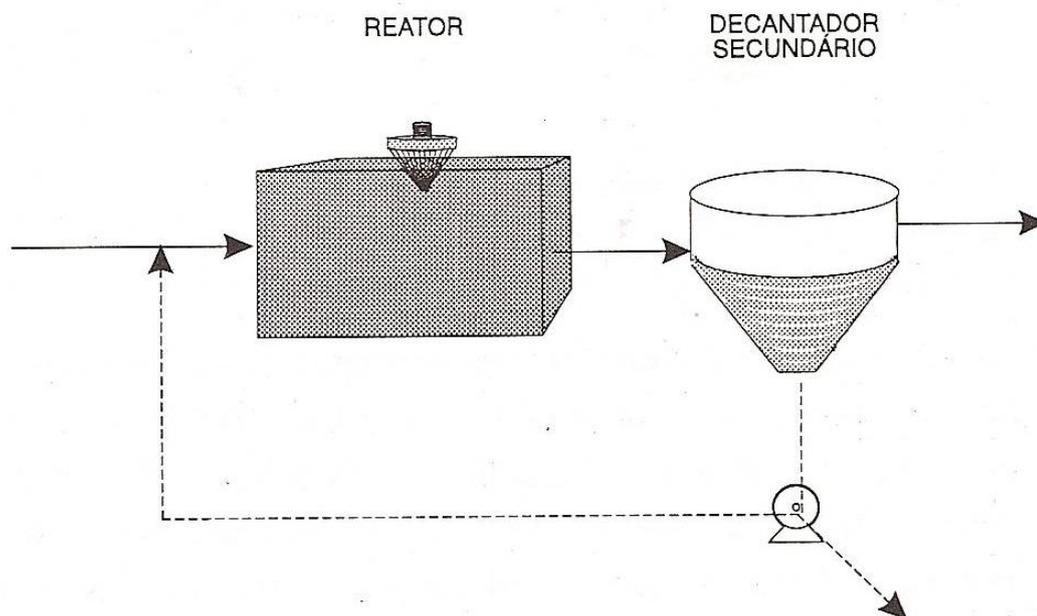
Normalmente o tratamento com lagoas anaeróbias demanda etapas posteriores, no caso desta estação de tratamento a próxima etapa é um Sistema de Lodos Ativados com aeração prolongada em fluxo contínuo.

O processo de tratamento por lodos ativados é responsável por retirar a matéria orgânica solúvel ou em suspensão remanescente das etapas anteriores pela metabolização de microrganismos.

O princípio de funcionamento é o desenvolvimento de uma cultura microbiológica na forma de flocos, que compõem o lodo ativado, em um reator aeróbico (tanque de aeração), alimentado pelo efluente a ser tratado. A aeração fornece oxigênio para os microrganismos realizarem a decomposição da matéria orgânica, bem como auxilia na homogeneização no interior do tanque. Essa mistura é conhecida como “licor”. Esse licor, após percorrer o caminho no reator é enviado continuamente a um decantador, cuja função é separar o efluente tratado (clarificado sobrenadante) do lodo. Através do sistema de recirculação, o lodo retorna ao tanque de aeração, mantendo a concentração de microrganismos na proporção devida em relação à carga orgânica que chega ao reator. É necessário retirar do sistema o excesso de lodo sempre que a concentração do licor ultrapassa os valores de projeto (HIDALGO, 2010). A idade de lodo normalmente é mantida entre 18 a 30 dias.

Os componentes desse sistema são os tanques de aeração, sistema de aeração, decantadores e sistema de recirculação de lodo. Um esquema simplificado é apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Representação esquemática simplificada de um sistema de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados



Fonte: COMUSA (2017)

Esse tipo de tratamento demanda mecanização e alto consumo de energia, porém apresenta elevada eficiência de remoção de matéria orgânica.

O lodo descartado dos decantadores, que não retorna ao sistema, é desidratado em centrífuga *decanter*, gerando o lodo desidratado para ser destinado como resíduo sólido.

3.5.4 Tratamento Terciário

O efluente tratado, após sair dos decantadores, está praticamente pronto para retornar aos corpos hídricos. Por fim, há dois processos de “polimento”: um flotador e a cloração.

O flotador não é um equipamento muito difundido como tratamento terciário, porém devido às particularidades desta Estação de tratamento de efluentes ele é aplicado para um aumento da eficiência de remoção de fósforo. O princípio de funcionamento é o mesmo dos flotadores utilizados no tratamento primário.

É dosada solução de hipoclorito de sódio como elemento final do tratamento. A cloração é um método barato e muito utilizado para desinfecção de água.

3.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A Lei n. 6.938/1981 dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e em seu art. 3. define a poluição de forma ampla. O marco legal do gerenciamento de recursos hídricos no Brasil é dado pelo Decreto n. 24.643/1934, o Código das Águas. Em 1976, a Portaria n. 13 do Ministério do Interior estabelece pela primeira vez valores máximos de lançamentos de efluentes. A Resolução Conama n. 430/2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, em todo o país, independente da qualidade ambiental da bacia hidrográfica onde o efluente é lançado. Há ainda a Lei n. 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, visa estimular a economia do consumo de água, por exemplo pela cobrança pelo uso da água captada em rios e poços (ADISSI; PINHEIRO; CARDOSO, 2013).

As legislações estaduais e municipais podem propor metas mais restritivas se abordarem pontos já cobertos por legislação nacional. É o caso proposto pela Resolução 021/09 – SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente), para regulamentação do lançamento de efluente pelo IAP (Instituto Ambiental do Paraná) para empreendimentos de saneamento.

A Tabela 2 compila os padrões de lançamento conforme a Resolução Nacional Conama n. 430/2011 e a Resolução Estadual 021/09 - SEMA (paranaense).

Tabela 2 - Padrões de lançamento de efluentes conforme legislação

Parâmetro	CONAMA 430/2011	021/09 - SEMA
pH	5 – 9	Não especificado
Temperatura	< 40°C	Não especificado
Materiais sedimentáveis (1h em cone Imhoff)	< 1 mL/L	Não especificado
Óleos minerais	< 20 mg/L	< 20 mg/L
Óleos vegetais e gorduras animais	< 50 mg/L	< 50 mg/L
Materiais flutuantes	Ausentes	Não especificado
DBO ₅	Remoção mínima de 60%	< 90 mg/L
DQO	Não especificado	< 225 mg/L
Regime de lançamento (vazão máxima)	1,5 a vazão média	Não especificado

Fontes: Adaptado de Brasil (2011) e Paraná (2009)

Ressalva-se que para cada outorga de Estação de Tratamento de Efluentes industriais poderão haver limites diferentes dos parâmetros citados anteriormente, ou mesmo mais parâmetros a serem restringidos, cada caso é particular.

4 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado objetivando a redução dos gastos com produtos químicos em uma estação de tratamento de efluentes industriais, responsável pelo tratamento de efluentes de abate de frangos, suínos e de uma indústria de laticínios.

Conforme a Figura 2, para a execução de um PDCA de maneira assertiva é essencial um bom conhecimento do processo. Dessa forma foi elaborado um diagrama do processo e também fluxograma de cada etapa do processo de tratamento de efluentes, objeto deste trabalho, para identificação das etapas do tratamento do efluente e os pontos em que há utilização de produtos químicos.

A primeira definição a ser feita é a do problema. Problema é um resultado ou efeito indesejado de um processo. É necessário definir claramente qual o problema e a meta geral a ser alcançada, isso indicará aonde se quer chegar. Para melhor visualização do problema os dados foram organizados em um gráfico sequencial, o que permite observar a tendência do indicador. Os dados históricos foram retirados do sistema SAP®, utilizado para gestão e controladoria na empresa, e foram compilados em um gráfico fazendo a relação entre valores totais dos custos de produtos químicos utilizados no tratamento de efluente em cada mês no ano de 2018 até a realização do estudo em junho.

Em seguida, para observação e priorização do problema realizou-se estratificação seguindo o Princípio de Pareto, mais conhecido por 80/20. Através de gráfico indicando de forma decrescente o custo de cada produto químico utilizado. Após priorização inicial foi realizada segunda estratificação a fim de determinar a etapa do processo que mais contribuía com os custos.

Com o problema redefinido e priorizado, a identificação das causas foi feita através do preenchimento de Diagrama de Ishikawa. Ao colocar o problema priorizado no centro da “espinha de peixe”, levantaram-se as possíveis causas do problema agrupando-as de acordo com as categorias: matéria-prima, equipamentos, medidas (informações), meio ambiente, mão-de-obra, método (procedimentos). O preenchimento deste diagrama foi realizado utilizando-se o método de Brainstorming com contribuições da operação, técnicos e analista do setor. O método do brainstorming parte do pressuposto de que nenhuma opinião está errada, para que todos os participantes se sintam encorajados em contribuir.

Dentre todas as causas levantadas foi realizado uma matriz de priorização, onde as pontuações foram atribuídas por lideranças do setor. Foi estabelecido nota 5 para uma alta importância da causa, sendo 3 o valor médio e peso 1 para as causas pouco influentes. Levando-se em conta o número total de causas levantadas na etapa anterior, 16, estabeleceu-se limites de votos por categoria, para que houvesse balanceamento na matriz de priorização. Dessa forma eram válidos 3 votos para causas altamente influentes, 5 votos moderados e 8 causas poderiam ser enquadradas como pouco influentes.

A partir da matriz de priorização de causas, foram destacadas 7 causas como mais influentes. Para essas 7 causas foi utilizada a ferramenta dos 5 porquês, dessa forma chegando às causas raízes do problema.

Para cada causa raiz foram propostas soluções que compuseram o plano de ação redigido na metodologia 5W2H. Neste plano de ação foi evidenciada cada causa fundamental com a respectiva ação, tendo um responsável pela mesma, a maneira como seria executada, o local e o prazo.

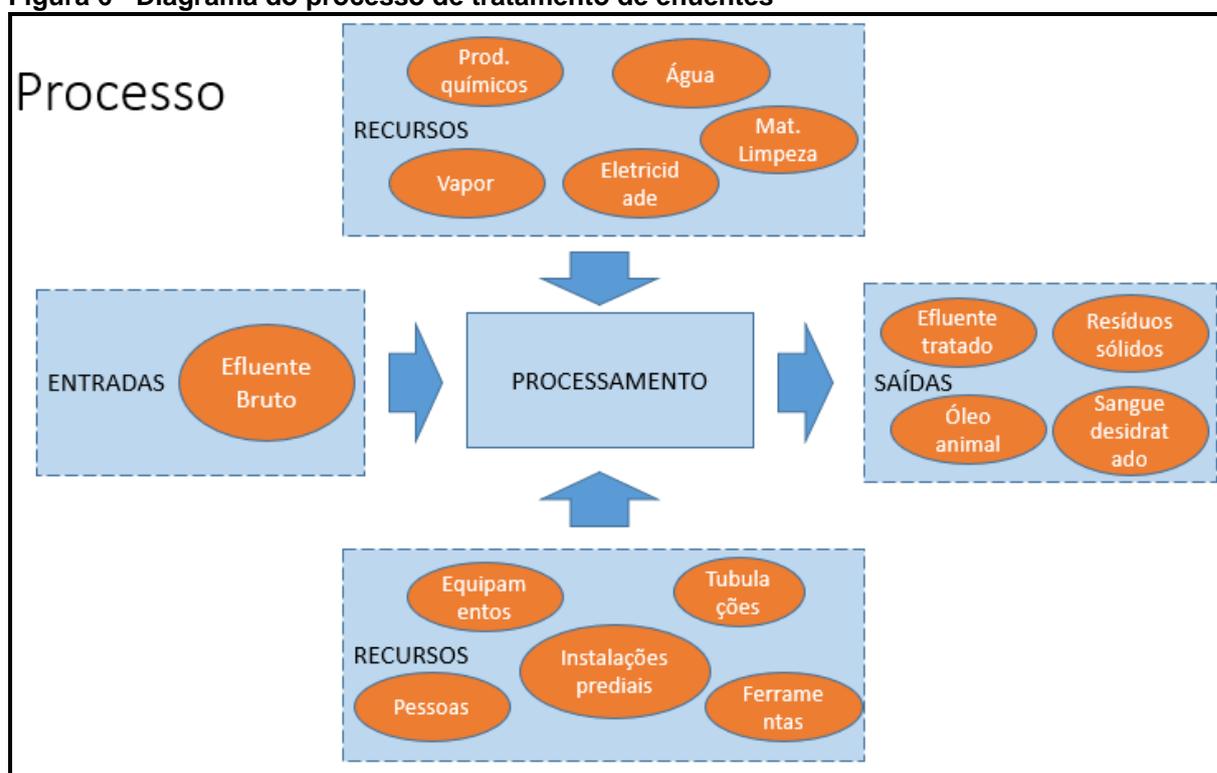
A execução do plano de execução compôs a etapa “Fazer” do PDCA, porém não ocorrendo na sequência ou exatamente da maneira como havia sido proposta no plano de ação por diversas variáveis que não puderam ser previstas na etapa de planejamento. A etapa “Checar” foi realizada no fim de outubro, como previsto para ser o fim deste PDCA. Mesmo não tendo todas as ações sido 100% concluídas até esse momento realizou-se essa verificação para ocorrer o fechamento do ciclo e passando-se para etapa “Atuar”, onde os desvios poderiam ser tratados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PLANEJAR

Inicialmente foi realizado um diagrama de processo, como pode ser observado na Figura 6, para identificação das entradas, saídas e recursos referentes à estação de tratamento de efluentes estudada.

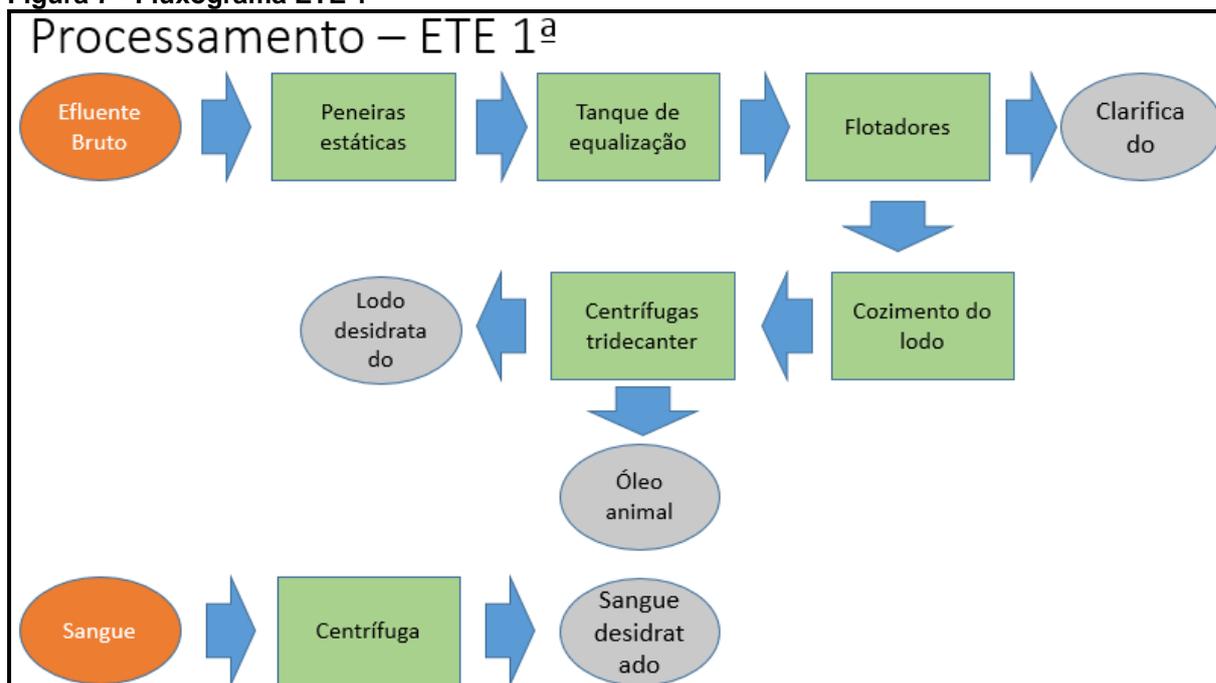
Figura 6 - Diagrama do processo de tratamento de efluentes



Fonte: Autoria própria

Para melhor compreensão das 3 etapas do tratamento de efluente, foram realizados fluxogramas, através dos quais são identificados os pontos de utilização de produtos químicos.

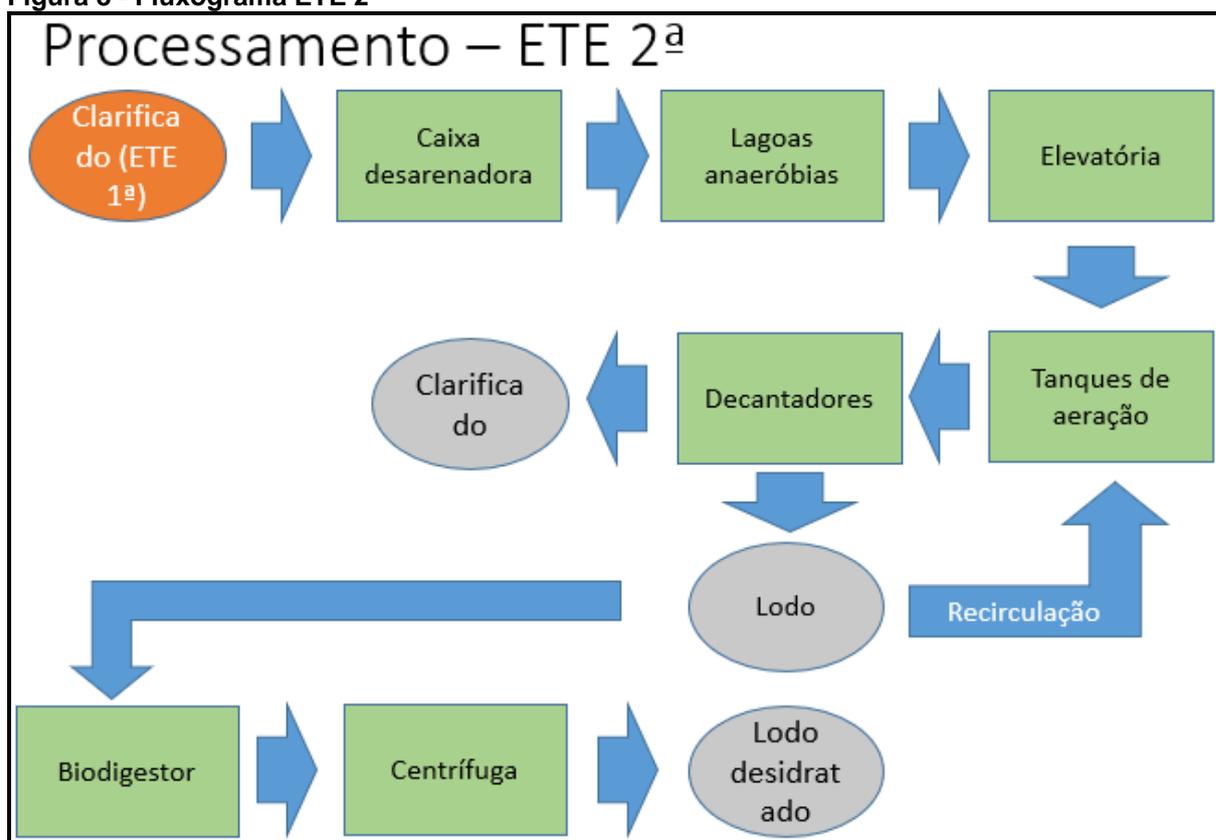
Figura 7 - Fluxograma ETE 1ª



Fonte: Autoria própria

A Figura 7 demonstra o processo da Estação de Tratamento de Efluentes Primária, onde destaca-se o consumo de produtos químicos nos flotadores. São utilizados cloreto férrico, responsável por sequestrar sólidos sedimentáveis e formar os flocos de efluente (processo de coagulação), e o polímero aniônico que forma uma espécie de “ponte” entre a sua cadeia e as partículas já coaguladas, formando flocos de diâmetros maiores (NOVAIS, 2012 apud DUMKE et al., 2015), a serem retirados nos flotadores, formando o lodo e sendo retirado do sistema após centrifugação.

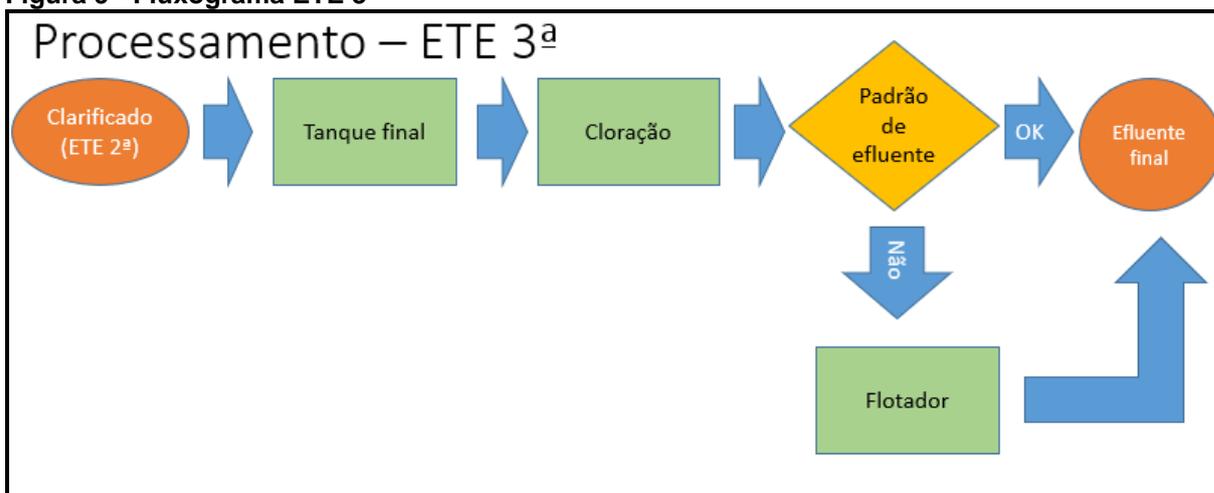
Figura 8 - Fluxograma ETE 2ª



Fonte: Autoria própria

O tratamento secundário é visto na Figura 8. Nos tanques de aeração são consumidos cal, para regulagem do pH, e cloreto férrico para aumentar captura de fósforo. Para desidratação do lodo na centrífuga é adicionado polímero catiônico, que possui a função de neutralizar as cargas elétricas superficiais que envolvem os sólidos suspensos e ampliar o tamanho dos flocos de lodo ativado formados pelos microrganismos nos tanques de aeração (NOVAIS, 2012 apud DUMKE et al., 2015).

Figura 9 - Fluxograma ETE 3ª



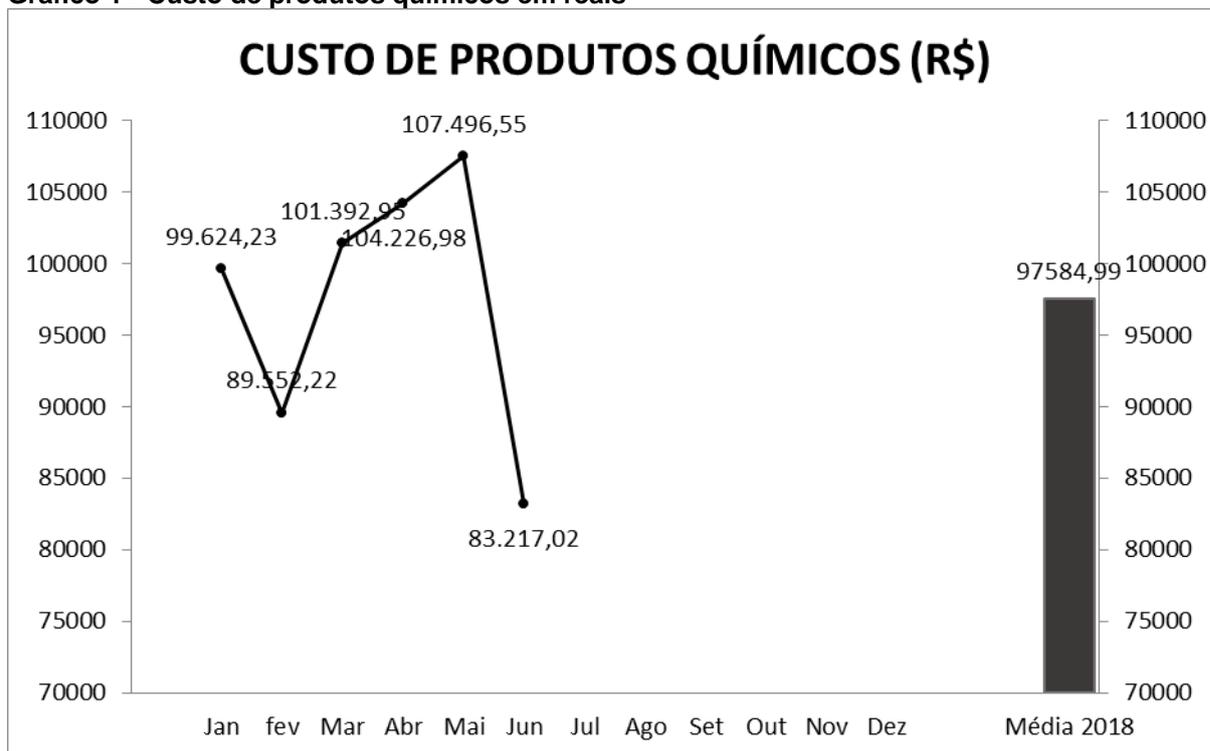
Fonte: Autoria própria

Da mesma forma que na ETE 1ª, na etapa terciária (Figura 9) do processo o flotador consome cloreto férrico e polímero aniônico. Para desinfecção do efluente é utilizado hipoclorito de sódio na etapa conhecida por cloração.

O problema que motivou a execução do PDCA foi “Reduzir os gastos com produtos químicos do tratamento de efluentes” e a meta estipulada foi de reduzir em 15% até o final de outubro.

O Gráfico 1 a seguir possibilita visualizar o comportamento dos custos dos produtos químicos em relação ao tempo durante o ano de 2018 até a elaboração do PDCA.

Gráfico 1 - Custo de produtos químicos em reais

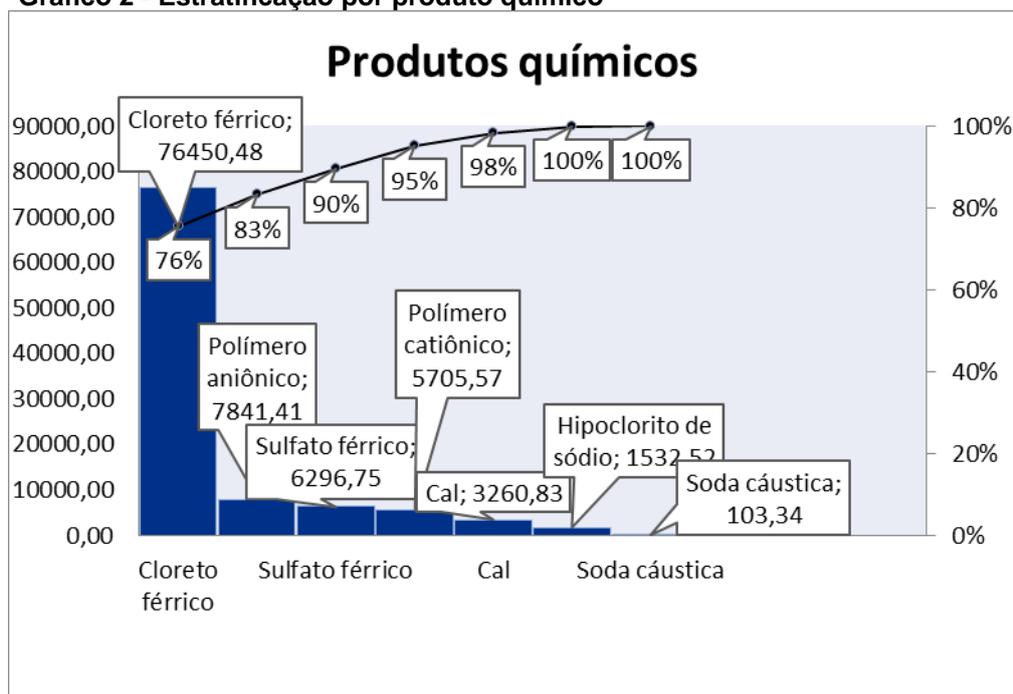


Fonte: Autoria própria

Observando-se o histórico destacam-se dois pontos abaixo da média: fevereiro e junho. Fevereiro é o mês com menos dias úteis no ano e neste mês ocorreu o carnaval, o que reduziu a produção neste mês. Em junho o frigorífico de abate de frangos entrou em férias coletivas, devido decisão estratégica da empresa, o que ocasionou em um volume total de efluente gerado bem abaixo da média.

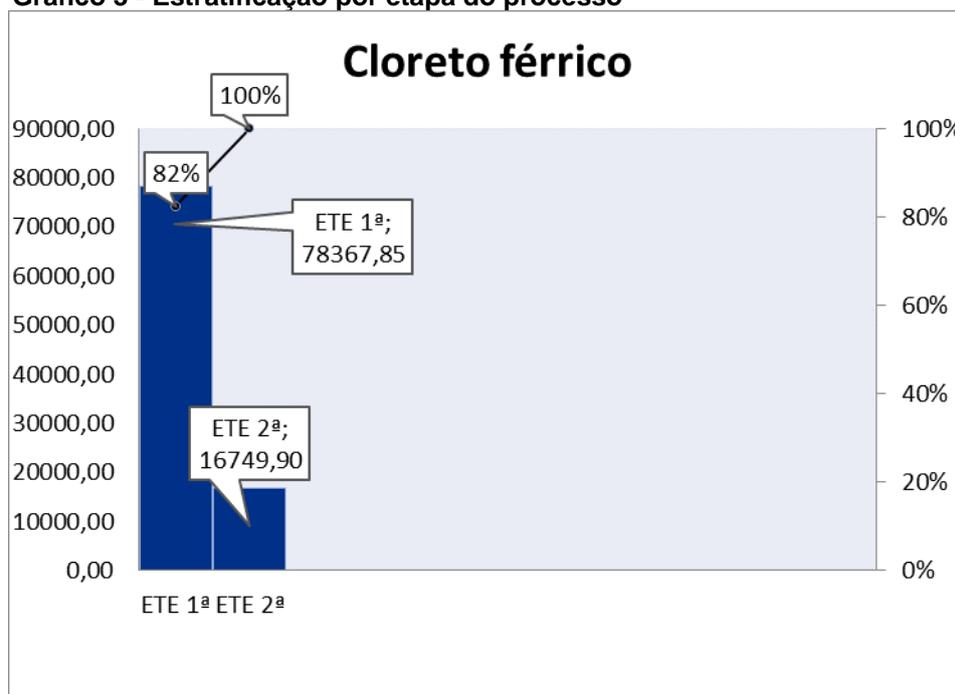
Para priorização do problema realizou-se estratificação dos gastos pelo Princípio de Pareto, para dessa forma serem identificados os problemas mais influentes. Primeiramente estratificou-se por produto químico, conforme apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Estratificação por produto químico



Fonte: Autoria própria

Os valores são as respectivas médias dos custos de cada produto químico de janeiro a junho de 2018. Observou-se que o gasto médio com cloreto férrico é muito superior a todos os demais produtos químicos, correspondendo a 76% do total, sendo que o segundo maior gasto, com polímero aniônico, foi em torno de 7%. Dessa forma priorizou-se os gastos com cloreto férrico e deu-se sequência estratificando por etapa do tratamento de efluentes, como pode ser observado no Gráfico 3.

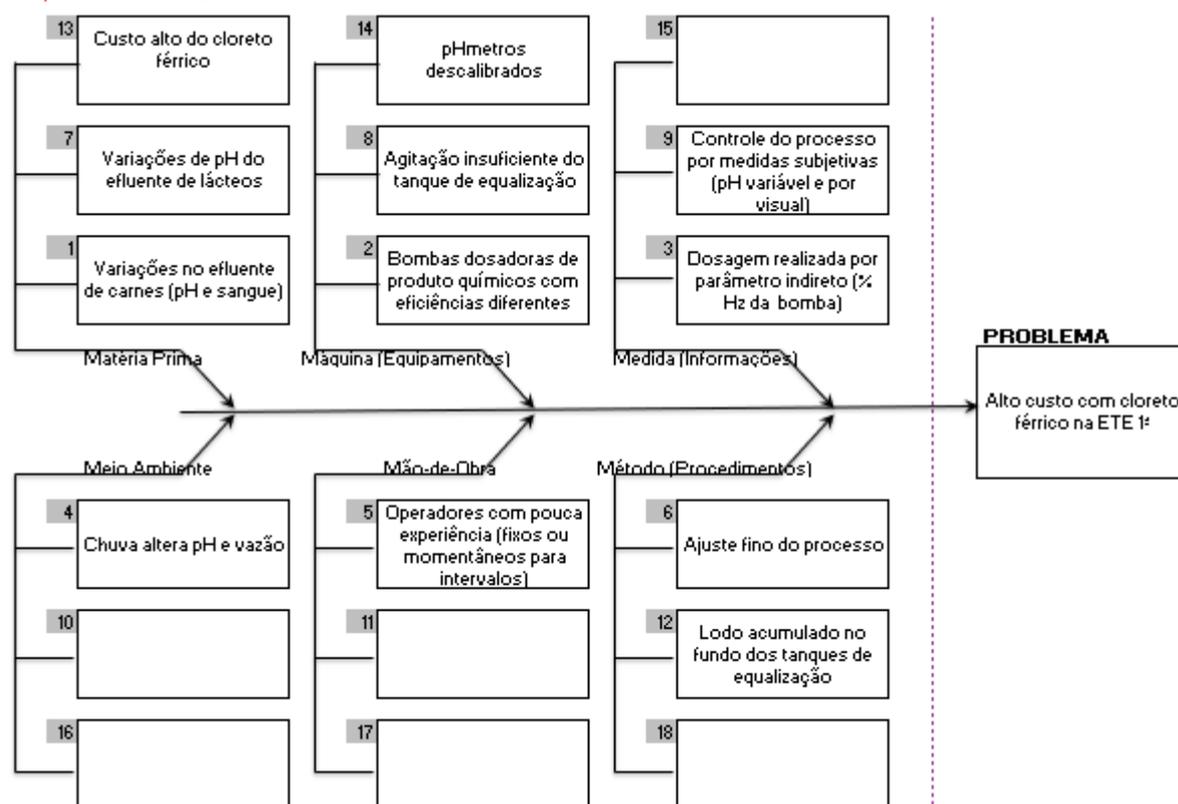
Gráfico 3 - Estratificação por etapa do processo

Fonte: Autoria própria

Fica claro que o consumo de cloreto férrico na estação de tratamento de efluentes primária é o item mais influente dentre todo o custo com produtos químicos desta estação de tratamento de efluentes. Assim o problema foi redefinido para “Alto custo com cloreto férrico na ETE 1ª”.

Em seguida utilizou-se o Diagrama de Ishikawa para identificar todas as possíveis causas do problema priorizado. Para preenchimento do diagrama fez-se uso da técnica Brainstorming, de forma a incentivar a contribuição dos participantes sem restrições ou pré-julgamentos das ideias. Participaram desta etapa do trabalho operadores, técnicos e analista do setor. À medida que eram dadas as sugestões, estas eram categorizadas conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Diagrama de Ishikawa

**OUTRAS CAUSAS LEVANTADAS NO BRAINSTORMING:**

- | | |
|----|---|
| 10 | Sistema de ar comprimido para os flutuadores |
| 11 | Tubulação individual de alimentação para cada flutuador (demanda acertar ponto de coagulação em cada flutuador) |
| 15 | Filtros de recirculação dos flutuadores têm ficado muito sujos |
| 16 | Tratamento de 100% do efluente de lácteos |

Fonte: Autoria própria

Das 16 causas levantadas, utilizou-se uma matriz de priorização para que se determinasse quais as causas mais influentes. A metodologia adotada foi descrita anteriormente e seu resultado está apresentado no Quadro 6:

Quadro 6 - Matriz de Priorização

(continua)

Nº	CAUSA INFLUENTE	PARTICIPANTES				
		A	B	C	D	Total
7	Variações de pH do efluente de lácteos	3	5	5	5	18
8	Agitação insuficiente do tanque de equalização	3	5	5	3	16
14	pHmetros descalibrados	5	1	3	5	14
5	Operadores com pouca experiência (fixos ou momentâneos para intervalos)	3	3	3	3	12
6	Ajuste fino do processo	5	1	1	5	12
16	Tratamento de 100% do efluente de lácteos	1	5	5	1	12
12	Lodo acumulado no fundo dos tanques de equalização	1	3	3	3	10
1	Variações no efluente de carnes (pH e sangue)	1	3	3	1	8

Quadro 6 - Matriz de Priorização

(conclusão)

Nº	CAUSA INFLUENTE	PARTICIPANTES				
		A	B	C	D	Total
2	Bombas dosadoras de produtos químicos com eficiências diferentes	3	1	1	3	8
3	Dosagem realizada por parâmetro indireto (% Hz da bomba)	5	1	1	1	8
10	Sistema de ar comprimido para os flutuadores	1	3	3	1	8
15	Filtros de recirculação dos flutuadores têm ficado muito sujos	3	1	1	3	8
9	Controle do processo por medidas subjetivas (pH variável e por visual)	1	3	1	1	6
4	Chuva altera pH e vazão	1	1	1	1	4
11	Tubulação individual de alimentação para cada flutuador (demanda acertar ponto de coagulação em cada flutuador)	1	1	1	1	4
13	Custo alto do cloreto férrico	1	1	1	1	4

Legenda	Nº de votos
Forte (5)	3
Moderado (3)	5
Fraco (1)	8

Fonte: Autoria própria

Das 16 causas identificadas para o problema de alto gasto com cloreto férrico na ETE 1ª, priorizou-se 7, destacadas na matriz de priorização acima. A fim de se chegar à causa raiz de cada item priorizado seguiu-se com a técnica dos 5 porquês, conforme observado no Quadro 7, dessa forma pôde-se propor soluções mais assertivas para cada causa do problema.

Quadro 7 - 5 porquês

(continua)

Causa 1: Variações de pH do efluente de lácteos		
Por que?	Motivo	O Que Fazer
Variações de pH do efluente de lácteos	Equalização insuficiente do pH	*
Equalização insuficiente do pH	Não há neutralização do pH	*
Não há neutralização do pH		Neutralização do pH do lácteos no tanque de equalização
		*

Quadro 7 - 5 porquês

(continua)

Causa 2: Agitação insuficiente do tanque de equalização		
Por que?	Motivo	O Que Fazer
Agitação insuficiente do tanque de equalização	Apenas 1 agitador e pouco efetivo	*
Apenas 1 agitador e pouco efetivo		* Trocar por agitador mais potente ou colocar mais um agitador
		*
Causa 3: pHmetros descalibrados		
Por que?	Motivo	O Que Fazer
pHmetros descalibrados	Calibração insuficiente	* Recalibrar na metrologia
Calibração insuficiente		* Estabelecer calibragem operacional diária
		*
Causa 4: Operadores com pouca experiência (fixos ou momentâneos para intervalos)		
Por que?	Motivo	O Que Fazer
Operadores com pouca experiência (fixos ou momentâneos para intervalos)	Dificuldade em reajustar os flutuadores com as oscilações	*
Dificuldade em reajustar os flutuadores com as oscilações	Ainda sem domínio para ter autonomia	* Assumir operação intensivamente com supervisão de operador experiente
Ainda sem domínio para ter autonomia		* Realizar início do processo na segunda-feira
		*
Causa 5: Ajuste fino do processo		
Por que?	Motivo	O Que Fazer
Ajuste fino do processo	Após alcançar qualidade do clarificado, não é visado a economia	*
Após alcançar qualidade do clarificado, não é visado a economia		* Conscientizar operadores para visarem a qualidade com excelência operacional
		*
Causa 6: Tratamento de 100% do efluente de lácteos		
Por que?	Motivo	O Que Fazer
Tratamento de 100% do efluente de lácteos	Aumento da vazão do efluente tratado	*
Aumento da vazão do efluente tratado	Efluente de lácteos possui pH mais elevado e demanda mais cloreto férrico	*
Efluente de lácteos possui pH mais elevado e demanda mais cloreto férrico		* Correção do pH do lácteos no tanque de equalização
		*

Quadro 7 - 5 porquês

(conclusão)

Causa 7: Lodo acumulado no fundo dos tanques de equalização		
Por que?	Motivo	O Que Fazer
Lodo acumulado no fundo dos tanques de equalização	Sedimentação de sólidos insolúveis	*
Sedimentação de sólidos insolúveis	Sólidos provenientes de galerias pluviais ou que não sejam retidos nas peneiras estáticas	*
Sólidos provenientes de galerias pluviais ou que não sejam retidos nas peneiras estáticas		Limpeza do lodo do fundo do tanque de equalização de carnes
		*
		*

Fonte: Autoria própria

A partir do momento em que se sabia o que fazer com cada causa do problema, organizou-se as ações em uma planilha para elaborar o plano de ação na metodologia 5W2H, como segue a seguir no Quadro 8.

Quadro 8 - Plano de Ação

(continua)

ANO	LOCAL		ÁREA	SUBÁREA	INDICADOR				
2018	Carambeí		Utilidades	ETE 1ª	Custo de produtos químicos do tratamento de efluentes				
ORIGEM	PROJETO	CAUSA FUNDAMENTAL	O QUE	RESPONSÁVEL	COMO	ONDE	INICIO PREVISTO	FIM PREVISTO	
1	PDCA	Redução do custo com produtos químicos no tratamento de efluentes	Variações de pH do efluente de lácteos	Correção do pH do lácteos no tanque de equalização	Vinicius	Sistema de controle e automação (pHmetros e dosagem de químicos no tanque de equalização de lácteos)	ETE 1ª	09/07/2018	Outubro
2	PDCA	Redução do custo com produtos químicos no tratamento de efluentes	Agitação insuficiente do tanque de equalização	Trocar por agitador mais potente ou colocar mais um agitador	Vinicius	Recuperar motor perdido do agitador ou providenciar novo	ETE 1ª	09/07/2018	15/09/2018
3	PDCA	Redução do custo com produtos químicos no tratamento de efluentes	pHmetros descalibrados	Recalibrar na metrologia	Maurício (Metrologia)	Calibração padrão conforme norma	ETE 1ª	09/07/2018	13/07/2018
4	PDCA	Redução do custo com produtos químicos no tratamento de efluentes	pHmetros descalibrados	Estabelecer calibragem operacional diária	2º turno operação	Calibragem diária com soluções tampão	ETE 1ª	09/07/2018	Rotina

Quadro 8 - Plano de Ação

(conclusão)

5	PDCA	Redução do custo com produtos químicos no tratamento de efluentes	Operadores com pouca experiência (fixos ou momentâneos para intervalos)	Assumir operação intensivamente com supervisão de operador experiente	Técnicos	Operar ETE 1ª por um turno para adquirir domínio do processo	ETE 1ª	09/07/2018	16/07/2018
6	PDCA	Redução do custo com produtos químicos no tratamento de efluentes	Operadores com pouca experiência (fixos ou momentâneos para intervalos)	Realizar início do processo na segunda-feira	Técnicos	Start-up do processo	ETE 1ª	09/07/2018	16/07/2018
7	PDCA	Redução do custo com produtos químicos no tratamento de efluentes	Ajuste fino do processo	Conscientizar operadores para visarem a qualidade com excelência operacional	Vinicius	Conscientizando operadores, monitorando e atuando junto	ETE 1ª	09/07/2018	Rotina
8	PDCA	Redução do custo com produtos químicos no tratamento de efluentes	Lodo acumulado no fundo dos tanques de equalização	Limpeza do lodo do fundo do tanque de equalização de carnes	Vinicius	Programar esvaziamento do tanque, locação de maquinários necessários	ETE 1ª	09/07/2018	15/09/2018

Fonte: Autoria própria

5.2 FAZER

A execução das ações estava prevista para ocorrer de julho até o fim de outubro, porém nem todas as ações propostas foram concluídas nesse período. O Quadro 9 apresenta o status até o fim de outubro.

Quadro 9 - Status do plano de ação

(continua)

	CAUSA FUNDAMENTAL	O QUE	COMO	STATUS	OBSERVAÇÕES
1	Variações de pH do efluente de lácteos	Correção do pH do lácteos no tanque de equalização	Sistema de controle e automação (pHmetros e dosagem de químicos no tanque de equalização de lácteos)	Não concluído	Processo de compra de ácido clorídrico atrasou devido ao produto ser compra controlada pelo exército. No momento aguarda instalação de bombas dosadoras para dosagem controlada por operador, necessitando medições constantes do pH do efluente de entrada na estação. Projeto de automação segue em fase de compra dos equipamentos necessários.
2	Agitação insuficiente do tanque de equalização	Trocar por agitador mais potente ou colocar mais um agitador	Recuperar motor perdido do agitador ou providenciar novo	Cancelado	Realizado análise de pH nos 4 cantos do tanque de equalização e observado que os valores foram próximos, evidenciando homogeneização suficiente do pH
3	pHmetros descalibrados	Recalibrar na metrologia	Calibração padrão conforme norma	Concluído	-
4	pHmetros descalibrados	Estabelecer calibragem operacional diária	Calibragem diária com soluções tampão	Concluído	-
5	Operadores com pouca experiência (fixos ou momentâneos para intervalos)	Assumir operação intensivamente com supervisão de operador experiente	Operar ETE 1ª por um turno para adquirir domínio do processo	Concluído	Além dos técnicos, outros operadores estão sendo treinados e habilitados a operar a ETE 1ª para suprir eventuais necessidades.
6	Operadores com pouca experiência (fixos ou momentâneos para intervalos)	Realizar início do processo na segunda-feira	Start-up do processo	Concluído	Além dos técnicos, outros operadores estão sendo treinados e habilitados a operar a ETE 1ª para suprir eventuais necessidades.

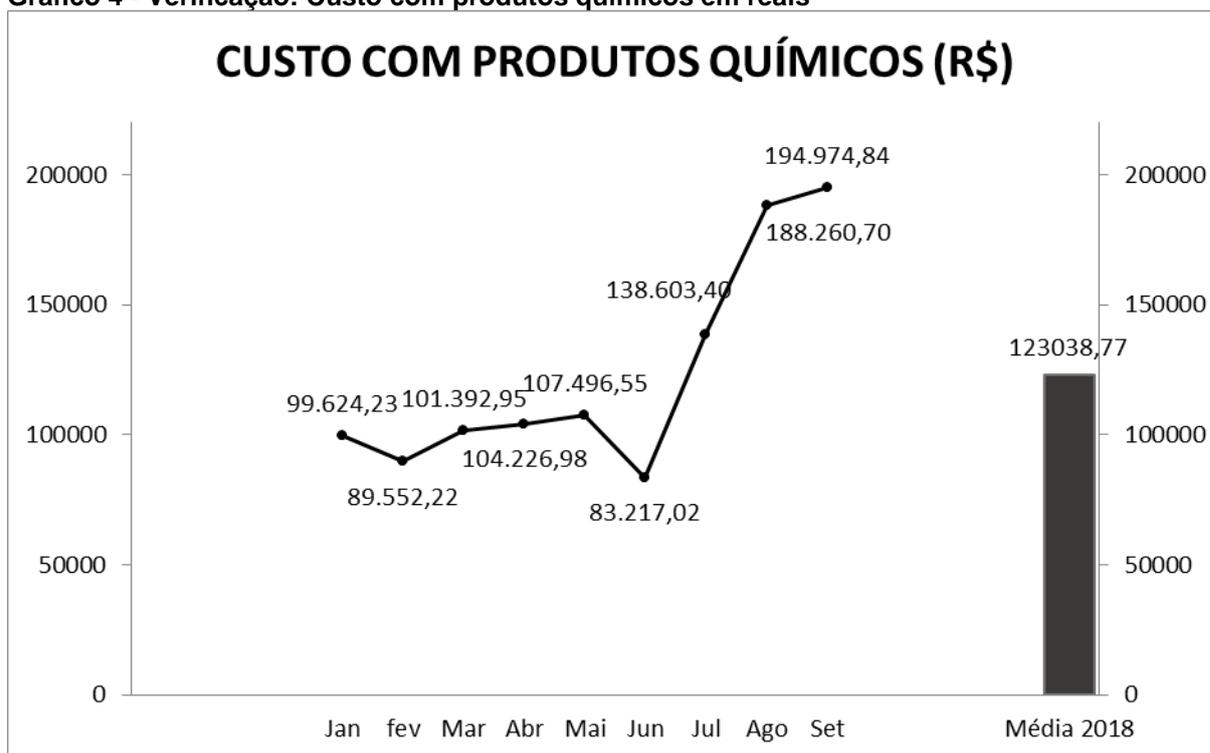
Quadro 9 - Status do plano de ação**(conclusão)**

7	Ajuste fino do processo	Conscientizar operadores para visarem a qualidade com excelência operacional	Conscientizando operadores, monitorando e atuando junto	Concluído	-
8	Lodo acumulado no fundo dos tanques de equalização	Limpeza do lodo do fundo do tanque de equalização de carnes	Programar esvaziamento do tanque, locação de maquinários necessários	Concluído	-

Fonte: Autoria própria

5.3 CHECAR

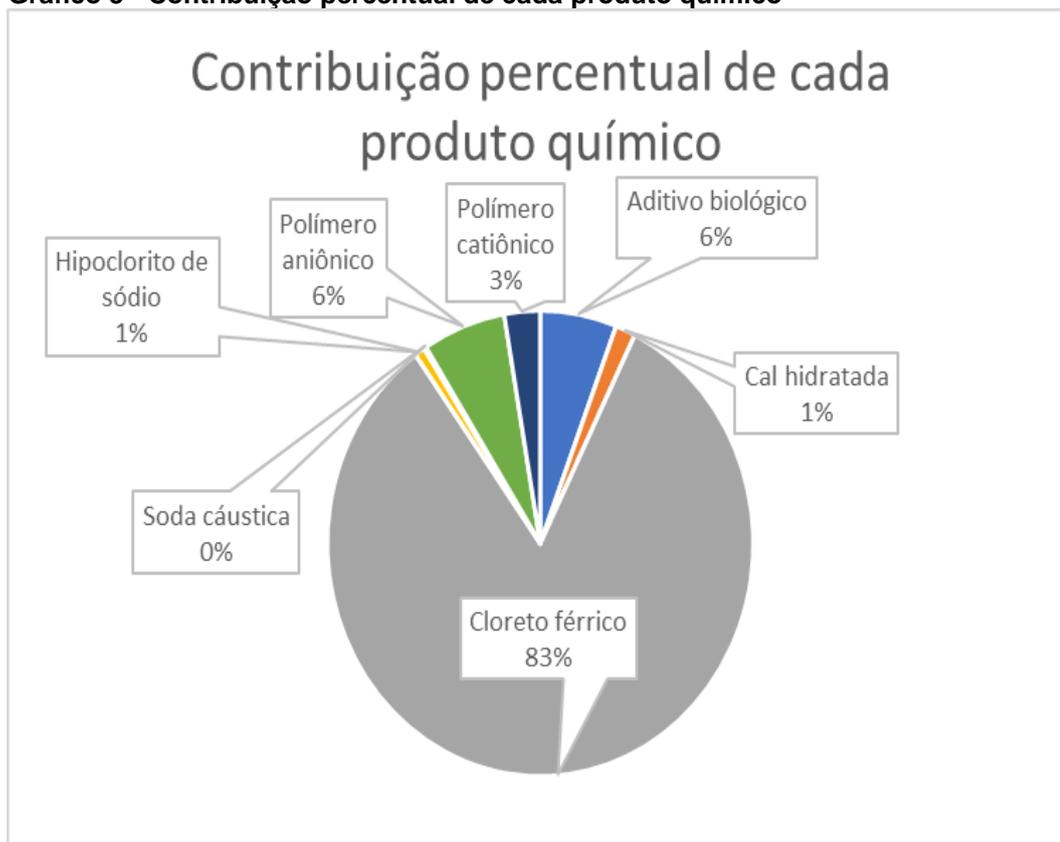
No mês de outubro foi feita a verificação do impacto das ações realizadas, utilizando-se para isso dados do sistema SAP® compilados até o fechamento de setembro, levantando-se os custos com produtos químicos utilizados no tratamento de efluentes. Abaixo o Gráfico 4 sequencial apresenta o histórico do custo total com produtos químicos.

Gráfico 4 - Verificação: Custo com produtos químicos em reais

Fonte: Autoria própria

Observa-se que o custo disparou a partir de julho, atingindo patamares extremamente superiores à média consolidada até então. De imediato pode-se concluir que as ações não tiveram o impacto desejado, pelo menos até o momento em que foi realizada a verificação. O Gráfico 5 a seguir apresenta a contribuição de cada produto químico no custo total considerando a média de julho a setembro.

Gráfico 5 - Contribuição percentual de cada produto químico



Fonte: Autoria própria

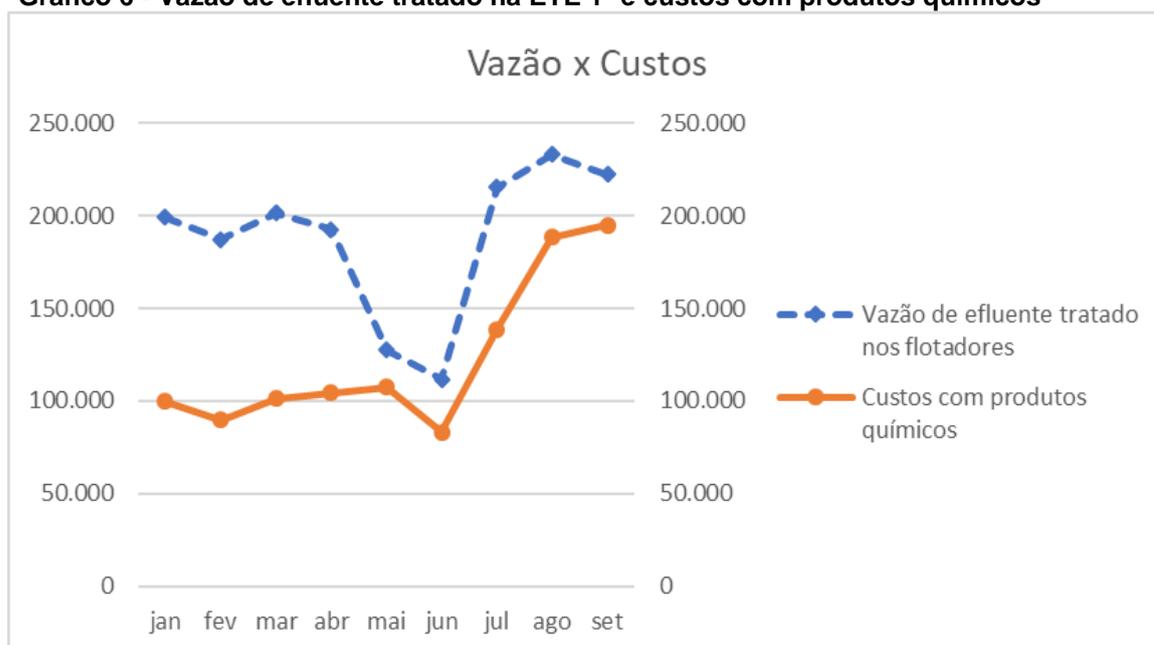
Ao analisar os dois gráficos em conjunto conclui-se que o gasto com cloreto férrico aumentou, tanto se comparado aos outros produtos químicos utilizados (de 76% a 83%), como considerando o valor bruto.

Essa grande elevação nos gastos com cloreto férrico está relacionada ao tratamento do efluente da indústria de laticínios. Devido a decisões estratégicas da empresa, a partir de julho iniciou-se o tratamento de 100% deste efluente na ETE 1^a. Antes disso, cerca de 50% deste efluente passava direto para o tratamento na ETE 2^a. A partir de setembro começou-se a operar a ETE 1^a também nos finais de semana, o que não ocorria antes disso, devido não haver normalmente produção dos abates de frango e suíno. O tratamento deste efluente é ainda mais dificultado nos finais de semana por não ocorrer a homogeneização com o efluente proveniente dos frigoríficos e também por ter uma vazão baixa, ocasionando em dificuldades para estabilização do tratamento nos flotadores.

O aumento da vazão de efluente tratado nos flotadores (ponto de consumo de produtos químicos na ETE 1^a) pode ser observado no Gráfico 6, que apresenta um comparativo com valores históricos de custos, vistos anteriormente, e a vazão

mensal de efluente. Para elaboração deste gráfico compilou-se os valores de vazão de saída dos flotores, obtidos em planilhas de monitoramento operacional, medição realizada hora a hora pelos operadores, fazendo-se o somatório e obtendo-se o volume total tratado por mês (vazão mensal). Observa-se que o comportamento de ambos os indicadores é similar, ou seja, ao aumentar a vazão de efluente tratada aumenta-se por consequência os custos com produtos químicos.

Gráfico 6 - Vazão de efluente tratado na ETE 1ª e custos com produtos químicos



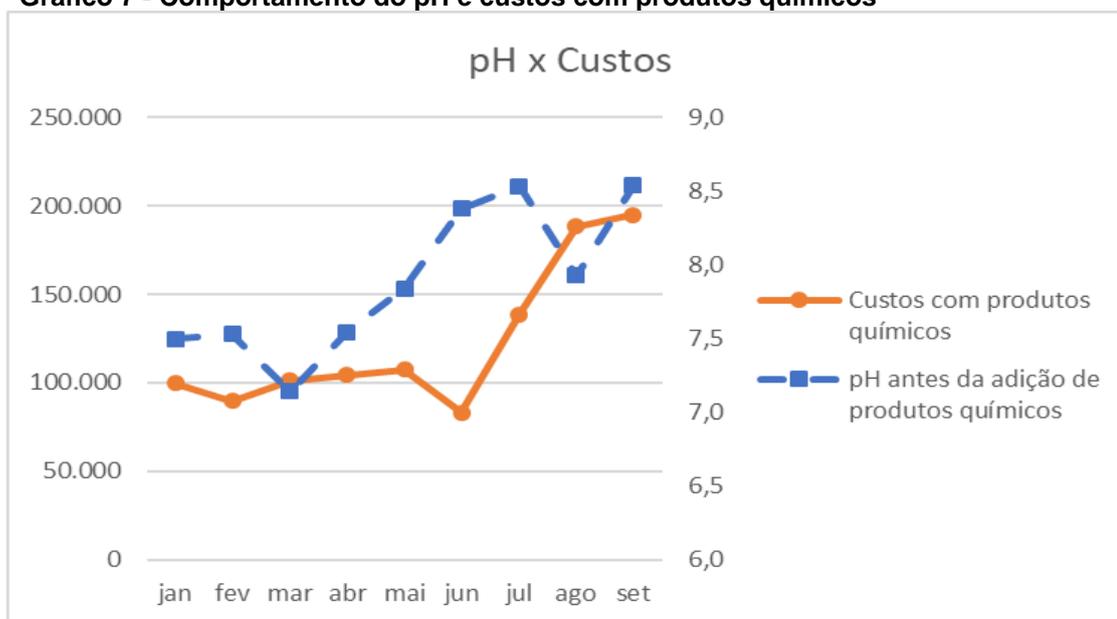
Fonte: Autoria própria

O efluente da indústria de laticínios tem por característica um pH elevado e, por ainda não ter sido implementada a correção do pH do efluente no início do tratamento com ácido, o cloreto férrico cumpria também essa função de correção do pH. Sendo então utilizado tanto para sua principal finalidade, que é a coagulação, mas também para regulação do pH. Dessa forma, devido ao aumento do volume tratado na ETE 1ª deste efluente, necessitou-se de um consumo muito maior de cloreto férrico para permitir um tratamento eficiente nesta etapa da ETE.

O Gráfico 7 demonstra o aumento na média dos valores de pH comparando ao aumento de custos com produtos químicos. Da mesma forma que o gráfico anterior, os dados foram obtidos de planilhas de monitoramento operacional, sendo as medições realizadas hora a hora, compilando-se os dados e obtendo-se o valor médio mensal do pH. O ponto de medição em questão é em um coletor geral de efluente, anterior à adição de produtos químicos para tratamento nos flotores.

Observa-se também que o aumento de custos com produtos químicos está relacionado com o aumento do pH do efluente a ser tratado. Dessa forma o aumento do efluente tratado de laticínios, com pH mais elevado, contribuiu fortemente para o aumento dos custos.

Gráfico 7 - Comportamento do pH e custos com produtos químicos



Fonte: Autoria própria

5.4 ATUAR

Apesar de que no início do trabalho o indicador não estava estabilizado, a tendência apresentada pelo mesmo após o início da implantação das ações foi insatisfatório. Porém, há de se considerar que uma das principais ações não foi concluída, que era a neutralização do pH do efluente, o que certamente diminuirá o gasto de cloreto férrico.

Diante de resultados expressamente negativos a melhor alternativa, proposta pela própria metodologia, é refazer o PDCA. Para isso algumas observações podem contribuir para um novo planejamento mais assertivo:

- Medir e registrar a vazão individual de efluentes proveniente de cada fábrica;

- Registrar o volume de chuva diário e fazer teste de correlação com consumo de produto químico diário;
- Analisar eficiência individual de cada flotador;
- Considerar a dificuldade de estabilização do processo após descarga de cloreto férrico no reservatório. Isto faz com que a pressão do produto químico aumente no tanque de armazenamento e as bombas dosadoras acabem por não conseguir restringir completamente na dosagem ideal do produto, dando excesso de produto no processo por um período significativo;
- Vazão baixa entre a comunicação dos dois tanques de equalização, o que prejudica a homogeneização do efluente;
- Avaliar a eficiência do flotador para tratamento de efluente de laticínios.

6 CONCLUSÃO

O trabalho não atingiu a meta proposta, nem conseguiu inverter a tendência de crescimento do indicador. Entretanto algumas observações se fazem necessárias:

- 1) Dentre as ações propostas no plano de ação, aquela relacionada à principal causa (neutralização do efluente de laticínios) não foi executada;
- 2) O indicador é bastante variável e, como pode ser observado no gráfico 1, não estava estabilizado no início do trabalho;
- 3) Ocorreram mudanças estratégicas na operação da estação de tratamento de efluentes, dando-se maior enfoque ao tratamento primário e ao efluente da indústria de laticínios, passando-se a tratar nesta etapa da estação mais efluente de características de difícil operação em flotador, aumentando tanto a vazão como o pH do efluente tratado nessa etapa do processo.

Apesar dessas observações, há de se considerar que o planejamento pode ter sido insuficiente ou não adequado. Dessa forma é necessário recomeçar o PDCA, como proposto pela metodologia, levando-se em conta as observações tomadas no tópico anterior e adicionalmente pode-se utilizar uma variação na metodologia do Pareto, na estratificação abrindo-se de 85% a 90% dos possíveis problemas, dessa forma podendo ampliar o leque de ações e aumentar a captura da lacuna para a meta proposta.

Os demais objetivos específicos do trabalho foram em sua maioria alcançados, proporcionando mais conhecimento a respeito do processo aos envolvidos, visto que para elaboração do planejamento foi necessário um estudo sobre o processo de tratamento de efluentes e a situação atual.

7 REFERÊNCIAS

ADISSI, P. J.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. S. **Gestão Ambiental de Unidades Produtivas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

ALONÇO, G. **O que é Fluxograma de Processos?** 14 jul. 2017. Disponível em: <<https://certificacaoiso.com.br/o-que-e-fluxograma-de-processos/>>. Acesso em 10 de setembro de 2018.

AMBIENTAL COMPANY. Flotador – microbolhas pressurizadas. **Produtos**. 2018. Disponível em: <<http://www.ambiental.company/produto/26/74/flotador-micro-bolhas-pressurizadas>>. Acesso em 07 de junho de 2018.

ASQ. Pareto Chart. **Cause Analysis Tools**. 2018. Disponível em: <<http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/pareto.html>>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

BALLÉ, M. Am I doing PDCA correctly? **Gemba Coach**. 2014. Disponível em: <<https://www.lean.org/balle/DisplayObject.cfm?o=2689>>. Acesso em 15 de outubro de 2018.

BEZERRA, F. Diagrama de Ishikawa: Princípio da causa e efeito. **Administração**. 2014. Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com/2014/08/diagrama-de-ishikawa-causa-e-efeito.html>>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

BRAGA, B.; et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Resolução Conama n. 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 15 de maio de 2018.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. 9. ed. Nova Lima: Falconi Editora, 2013.

COMUSA. Tratamento de esgoto. **Saneamento**. Ago. 2017. Disponível em: <<http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoesgoto>>. Acesso em 10 de junho de 2018.

DUMKE, C.; et al. Avaliação da eficiência de um polímero aniônico e um polímero catiônico em tratamento de água para abastecimento. In: Mostra Científica e Tecnológica – Campus Araquari. 6., 2015, Araquari. **Anais...** Araquari: IFC, 2015.

FM2S. **5W2H**: o que é e como utilizá-lo para elaborar seus planos de ação? 2017. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/5w2h/>>. Acesso em 12 de outubro de 2018.

FM2S. **O que é e para que serve o gráfico de Pareto?** 2018a. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/grafico-de-pareto/>>. Acesso em 05 de outubro de 2018.

FM2S. **O que é o Diagrama de Causa e Efeito ou “Ishikawa”? Onde é aplicado?** 2018b. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/diagrama-causa-efeito-ishikawa/>>. Acesso em 05 de outubro de 2018.

GORENFLO, G.; MORAN, J. W. **The ABCs of PDCA**. 2009. Disponível em: <http://www.phf.org/resourcestools/Documents/ABCs_of_PDCA.pdf>. Acesso em 15 de outubro de 2018.

GIORDANO, E. G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. 2004. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35427518/Apostila_-_Tratamento_de_efluentes_industriais.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1528811873&Signature=oW5bvrzKbvLhBNQtaHrNs%2B6Ltfk%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTRATAMENTO_E_CONTROLE_DE_EFLUENTES_INDUS.pdf>. Acesso em 05 de maio de 2018.

HIDALGO, G. R. **Influência das intempéries sobre o tratamento de resíduos líquidos em uma estação de tratamento**. 2011. 38 f. Monografia (Especialização). Especialização em processos biotecnológicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2010.

INK. **Matriz de priorização (GUT, BASICO e Complexidade vs. Valor)**. 2017. Disponível em: <https://inkinspira.com.br/matriz-de-priorizacao-gut-basico-e-complexidade-vs-valor/?doing_wp_cron=1540684337.5404729843139648437500>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

LIMA, R. de A. **Como a relação entre clientes e fornecedores internos à organização pode contribuir para a garantia da qualidade: o caso de uma empresa automobilística.** Ouro Preto: UFOP, 2006.

LORA, E. E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

MARINHO, I. Q. **Tratamento de efluentes da indústria alimentícia.** 2017. 26 f. Monografia. Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

NAQUA. Peneira estática. **Equipamentos.** 2018. Disponível em: <http://naqua.com.br/portfolio_page/peneira-estatica/>. Acesso em 05 de junho de 2018.

NEVES, T. F. **Importância da utilização do Ciclo PDCA para Garantia da Qualidade do produto em uma indústria automobilística.** 2007.47 f. Monografia. Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.

PACHECO, A. P. R.; et al. **O ciclo PDCA na Gestão do Conhecimento: uma abordagem sistêmica.** 2015. Disponível em: <<http://issbrasil.usp.br/artigos/ana.pdf>>. Acesso em 15 de outubro de 2018.

PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos: industrialização de carnes (bovina e suína).** São Paulo: CETESB (Série P + L), 2008.

PALISKA, G.; PAVLETIC, D.; SOKOVIC, M. Quality tools – systematic use in process industry. **Journal of Achievement in Materials and Manufacturing Engineering.** v. 25, n. 1, p. 79-82, nov. 2007.

PARANÁ. **Resolução nº 021/09 – SEMA, de 22 de abril de 2009.** Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO_SEMA_21_2009_LICENCIAMENTO_PADROES_AMBIENTAIS_SANEAMENTO.pdf>. Acesso em 15 de maio de 2018.

PHILIPPI JÚNIOR, A. (Ed.). **Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2005.

PORTAL ADMINISTRAÇÃO. 5W2H: Como utilizar e suas vantagens.

Administração. 2014. Disponível em: < <http://www.portal-administracao.com/2014/12/5w2h-o-que-e-e-como-utilizar.html>>. Acesso em 12 de outubro de 2018.

PQSYSTEMS. Pareto diagram. **Data analysis tools.** 2018. Disponível em: < https://www.pqsystems.com/qualityadvisor/DataAnalysisTools/pareto_diagram.php>. Acesso em 05 de outubro de 2018.

PRASHAR, A. Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs. **Journal of Cleaner Production.** v.145, p. 277-293, jan. 2017.

RIBEIRO, R. **Matriz BASICO:** descubra o que é e como ela pode ajudar o seu negócio. 2018. Disponível em: <<https://marketingdeconteudo.com/matriz-basico/>>. Acesso em 12 de outubro de 2018.

QUALIDADE TOTAL. **Os 5 porquês (5-Why):** análise da causa raiz. 2014. Disponível em: <<http://www.apostilasdaqualidade.com.br/os-5-porques-5-why-analise-da-causa-raiz/>>. Acesso em 12 de outubro de 2018.

QUALITY AMERICA. Process Maps. **Quality Improvement Tools.** 2018a. Disponível em: <http://qualityamerica.com/LSS-Knowledge-Center/qualityimprovementtools/process_maps.php>. Acesso em 02 de outubro de 2018.

QUALITY AMERICA. Cause and Effect Diagrams. **Quality Improvement Tools.** 2018b. Disponível em: <http://qualityamerica.com/LSS-Knowledge-Center/qualityimprovementtools/cause_and_effect_diagrams.php>. Acesso em 05 de outubro de 2018.

SARAIVA, C. B.; et al. Consumo de água e geração de efluentes em uma indústria de laticínios. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes,** Juiz de Fora (MG), n. 367/368, p. 10-18, mar/jun. 2009.

SANTOS, J. **A Matriz BASICO como ferramenta de priorização de projetos.** 2017. Disponível em: <<https://uvagpclass.wordpress.com/2017/05/24/a-matriz-basico-como-ferramenta-de-priorizacao-de-projetos/>>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

SILVA, F. K.; EYNG, J. O tratamento de águas residuais de indústria de laticínios: um estudo comparativo entre os métodos de tratamento com biofiltro e com o sistema convencional de lagoas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis (SC), v. 1, n. 2, p. 4-22, mar. 2013.

SILVA, S. V.; et al. Monitoramento das características dos esgotos como instrumento de otimização do processo de lodos ativados e suas implicações. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo (SP), n. 2, p. 46-59, dez. 2005.

SOKOVIC, M.; et al. Basic Quality Tools in Continuous Improvement Process. **Journal of Mechanical Engineering**. v. 55, n. 5, p. 1-9, mar. 2008.

VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. de L. **Biological wastewater treatment in warm climate regions**. Londres: IWA Publishing e Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005.

VON SPERLING, M. **Biological wastewater treatment**. Londres: IWA Publishing, 2007a. 292 p. (Wastewater characteristics treatment and disposal; 1).

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: DESA, 2007b. 588 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; 7).