

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**BRUNO GOMES DE SOUZA
ISABELA DOS SANTOS ALVES
MARCO AURÉLIO SILVEIRA ROCHA**

**A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE INDICADORES
ESTRATÉGICOS NA SUSTENTABILIDADE DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES DE UMA SIDERÚRGICA**

**VOLTA REDONDA
2019**

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE INDICADORES
ESTRATÉGICOS NA SUSTENTABILIDADE DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES DE UMA SIDERÚRGICA**

Projeto de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do UniFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Alunos:

BRUNO GOMES DE SOUZA
ISABELA DOS SANTOS ALVES
MARCO A. SILVEIRA ROCHA

Orientador(a):

Prof.^a. MSc. Daniele Santos de Oliveira Archanjo de Souza.

VOLTA REDONDA
2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

Alunos:

Bruno Gomes de Souza
Isabela dos Santos Alves
Marco Aurélio Silveira Rocha

Título de Monografia:

A importância da gestão de indicadores estratégicos na sustentabilidade de uma estação de tratamento de águas e efluentes de uma siderúrgica

Orientadora:

Prof. MSc. Daniele Santos de Oliveira Archanjo de Souza

Banca Examinadora:

Prof. MSc. Daniele Santos de Oliveira Archanjo de Souza

Prof. MSc. Byanca Porto de Lima

Prof. Dr. Bruno Chaboli Gambarato

Dedicamos este trabalho aos nossos pais, grandes colaboradores e fonte de inspiração em todos momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de vida e abrigo nos momentos mais difíceis. Aos nossos pais, por toda motivação e orientações. À professora orientadora, por nos conduzir ao caminho certo e ter paciência conosco.

À empresa por nos proporcionar a oportunidade de desenvolver o projeto e seus colaboradores que nos auxiliaram na implementação, amigos que diretamente e indiretamente contribuíram com este estudo. E aos amigos que nos aconselharam e fizeram parte dessa jornada.

RESUMO

A água tem sido um tema cada vez mais frequente nas discussões mundiais em virtude da sua importância para o meio ambiente, para os processos produtivos e a acelerada degradação desses sistemas. No Brasil, este tema tornou-se ainda mais recorrente durante o ano de 2014, dada a crise hídrica que assombrou o país, repercutindo intensamente no âmbito nacional. Compreendendo a gravidade da temática e a vital importância da água para os processos produtivos e administrativos de uma indústria siderúrgica, o presente trabalho foi desenvolvido por meio da aplicação de importantes ferramentas da qualidade, as quais permitiram uma análise de melhorias para o processo de tratamento de águas e efluentes. A partir de uma pesquisa descritiva, com uma análise profunda dos processos produtivos e da gestão das estações de água, foram possíveis a determinação de meios para um melhor controle da operação e da elaboração de indicadores estratégicos para o acompanhamento dos processos produtivos e o monitoramento do desempenho das estações pela própria operação. Diante das ações implementadas, com os indicadores a vista, os operadores passaram a entender, de forma lúdica, todos os dados do processo, permitindo a observação de eventuais desvios e/ou flutuações do sistema para tomada de ações preventivas ou corretivas de forma mais proativa. Além do ganho de capacitação, os operadores passaram a ter maior domínio e controle sobre as consequências de suas ações. Para a equipe gestora, as ações implementadas permitiram desenvolver um papel mais tático-estratégico do sistema para o funcionamento da empresa. Tendo maior controle dos dados e com uma comunicação mais precisa junto à área operacional, foi possível reduzir o consumo da captação de água em 39%, do efluente reusado em 23%, de efluente tratado em 28% e a demanda de água em 26%. O ganho financeiro foi substancial, reduzindo os gastos com o pagamento pela utilização de recursos naturais.

Palavras-chave: Reutilização de água, siderurgia, gestão por indicadores.

ABSTRACT

Water has been increasingly a topic of discussion worldwide, that's because of your vitality for the environment, for the manufacturing process and the rapid degradation of these systems. In Brazil, this subject became even more recurrent during the year of 2014, because of the water crises that haunted the country, causing strong repercussion in national territory. Understanding how important the subject is, and how relevant for the productive and administrative process the water is for the steel factory, this article was developed from the application of important quality tools, such as allowed the analysis of improvements to the water and fluent treatment process. From an exploratory research, and analyzing deeply the manufactory process and management of the water station, it was possible to define ways to improve the control of operation and the developing of strategic indicators to follow the productive process and the performance of water stations for the own operation. With these implemented actions and the indications on mind, the operators understand in a ludic way all process data allowing the identification of eventual system flaws so, they are able to take a preventive or corrective action in a more proactive way. Furthermore, the capacitation gain the operators begin to have more control over the consequences of their actions. For the Leader team, the implemented actions allow the development of a more strategic role for the system and the company working. With more control of data and with a more precise communication it was possible to reduce the consumption of water abstraction by 39%, the reused effluent by 23%, the treated effluent by 28% and the water demand by 26%. The internal water consumption produced. The financial gain was relevant reducing spending on natural resource payments.

Keywords: Water reuse, steel industry, management by indicators.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1: Linha temporal do início da produção do aço no Brasil.	16
Figura 2: Fluxograma de uma usina siderúrgica.	17
Figura 3: Ciclo PDCA.	21
Figura 4: Diagrama de Ishikawa 7M.	23
Figura 5: Caixa de recepção de efluentes.	31
Figura 6: Chicanas para redução de velocidade.	32
Figura 7: Ponte raspadora.	32
Figura 8: Tanque pulmão.	33
Figura 9: Filtro prensa.	34
Figura 10: Canais de reuso da estação.	34
Figura 11: Acompanhamento diário da empresa.	36
Figura 13: Aplicação do Diagrama de Ishikawa.	38
Figura 14: Ferramenta para Lançamento dos Dados de Vazão.	43
Figura 15: Ferramenta para Lançamento dos Dados Laboratoriais.	44
Figura 16: Dashboard de operação.	45
Figura 17: Instalação de Microcomputador e Televisão.	46

GRÁFICOS

Gráfico 1: Relatório de Turno - Operacional	49
Gráfico 2: Água captada.	50
Gráfico 3: Efluente reusado.	50
Gráfico 4: Efluente Tratado.	51
Gráfico 5: Demanda de água.	51

QUADROS

Quadro 1:Exemplo de utilização da matriz GUT.....	25
Quadro 2: Modelo de plano de ação do 5W2H.....	26
Quadro 3: Causas e sub causas Ishikawa.....	39
Quadro 4: Critérios e pontuação da Matriz GUT.....	40
Quadro 5: Dados organizados conforme a prioridade da matriz GUT. ...	41
Quadro 6: Aplicação do 5H2W.	42
Quadro 7: Detalhamento das vazões.	52
Quadro 8: Detalhamento dos custos.	52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Problema Abordado.....	13
1.2 Justificativa.....	13
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo Geral.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 Metodologia.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Siderurgia.....	16
2.2 Ferramentas da Qualidade.....	20
2.3 Gestão por indicadores.....	26
3 ESTUDO DE CASO	28
3.1 Estação de Tratamento e Reuso de Efluentes.....	28
3.1.1 Descrição dos Processos.....	30
3.2 Aplicação do Ciclo PDCA.....	35
3.2.1 Diagnóstico do Processo.....	35
3.2.2 <i>Plan (P)</i>	35
3.2.2.1 <i>Identificação do Problema</i>	35
3.2.2.2 <i>Análise do Fenômeno</i>	36
3.2.2.3 <i>Análise das Causas</i>	37
3.2.2.4 <i>Elaboração do Plano de Ação</i>	40
3.2.3 <i>Do (D)</i>	43
3.2.3.1 <i>Criação da Ferramenta de Lançamento e Dashboard</i>	43
3.2.3.2 <i>Implantação da Ferramenta de Lançamento e Dashboard</i>	46
3.2.4 <i>Check (C)</i>	46
3.2.5 <i>Action (A)</i>	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
4.1 Redução nos Índices Ambientais de Produção.....	50
4.2 Redução nas Vazões Totais.....	51
4.3 Redução Financeira.....	52

5 CONCLUSÃO	53
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a água tem sido um tema cada vez mais frequente nas discussões mundiais, não só em relação a temáticas ambientais, mas pela sua importância como um dos principais recursos naturais necessários para o desenvolvimento de processos industriais. Além disso, com a crescente preocupação de um desenvolvimento econômico de forma sustentável, simultaneamente cresce a necessidade de mudanças significativas nos padrões de controle dos processos produtivos e o uso de recursos naturais.

Nesse contexto, a utilização de indicadores é importante para avaliar constantemente a evolução das atividades da empresa, por consequência podendo mudar o rumo do processo, para que se possa atingir seu objetivo.

A gestão dos indicadores deve ser explorada de forma mais estratégica pelas empresas, visto que, um dos problemas mais comuns é a falta de um sistema de medição e controle apropriados. Dessa forma, é necessário saber o que e como medir, visto que empresas que não monitoram os indicadores de desempenho podem não estar gerenciando sua performance de forma eficaz.

Nessa perspectiva, o projeto apresentado nesta monografia surgiu a partir da necessidade de redução dos custos relativos à utilização da água, e a crescente preocupação com a escassez desse recurso natural. Foram aplicados em uma estação de tratamento de águas e efluentes, instalada em uma indústria siderúrgica situada em Barra Mansa, no estado do Rio de Janeiro. Além de instrumentos de visualização das operações, o sistema será uma ferramenta de gestão que permitirá a tomada de decisões estratégicas.

1.1 Problema Abordado

A Indústria onde o presente estudo foi realizado possui tradição no mercado siderúrgico nacional, sendo referência no segmento. Por se tratar de uma marca mundial, e com forte posicionamento social, a organização tem como objetivo reduzir os custos relacionados a água e tornar as atividades mais sustentáveis.

Para atingir esse objetivo, a empresa precisa mudar a forma como o recurso é utilizado. Dito isso, o desafio é, a partir de indicadores de gestão, desenvolver um processo de gerenciamento de performance que contribua para um melhor desempenho da empresa.

1.2 Justificativa

Este estudo é fundamentado pelo cuidado e responsabilidade no consumo de água, de forma que a implementação de indicadores auxilie efetivamente nas atividades gerenciais da empresa. Abordar esse assunto é indispensável para garantir as responsabilidades socioambientais da organização, pois a utilização da ferramenta desenvolvida proporcionará a redução no consumo desse recurso natural.

Ademais, uma boa gestão dos indicadores permite que o sistema produtivo utilize de uma melhor maneira os recursos disponíveis, possa compreender como a empresa está e visualizar possíveis falhas, assim podendo reagir proativamente no problema, e melhorar o resultado.

Desse modo, foi possível visualizar a relevância de se preocupar com o uso de forma correta dos indicadores de desempenho dentro de uma organização para que se possa acompanhar os resultados a curto, médio e longo prazo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a importância da aplicação de indicadores estratégicos na gestão de uma estação de tratamento de águas e efluentes de uma indústria siderúrgica, seus resultados e sua eficiência no processo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Acompanhar o processo da estação de tratamento de água e efluentes e identificar os problemas e as causas;
- Propor indicadores de monitoramento do desempenho para gestão das estações de tratamento de água e efluentes;
- Aplicar os indicadores de monitoramento do desempenho para as estações de tratamento de água e efluentes;
- Analisar o desenvolvimento dos indicadores aplicados na perspectiva de sustentabilidade dos processos.

1.4 Metodologia

O presente trabalho na perspectiva de sua natureza classifica-se como pesquisa aplicada, segundo Gil (2008) se caracteriza com interesse na aplicação e utilização de resultados práticos, direcionando para solução de problemas específicos.

Com relação aos objetivos, esse estudo é definido como pesquisa descritiva, Gil (1991) afirma que estas pesquisas têm como objetivo caracterizar certa população ou fenômeno implicando o uso de técnicas padronizadas de coletas de dados.

Além disso, o trabalho apresenta uma abordagem quantitativa, de acordo com Marconi e Lakatos (2003), a principal finalidade é o delineamento ou análise

das características de um determinado fenômeno, caracterizados pela precisão e controle estatísticos. E para viabilizar a aplicação deste projeto, foi realizado um estudo de caso, que para Gil (1991) é quando contém uma análise profunda de poucos ou um objeto, de maneira que permita um conhecimento amplo e minucioso.

O estudo foi realizado na estação de tratamento de águas e efluentes de uma siderúrgica, um projeto significativo da empresa, um segmento no âmbito industrial que constantemente busca formas de inovações e oportunidades de pesquisa.

O projeto sucedeu-se em três etapas: a revisão bibliográfica, a pesquisa documental e um estudo de caso. Na primeira etapa, foi realizado um levantamento e análise de documentos disponibilizados pela empresa (laudos, características de equipamentos, históricos de dados, pesquisas já realizadas entre outros), literaturas que tratam de temas voltados à indicadores, eficiência de processo, responsabilidade social e ambiental para empresas no contexto semelhante ao analisado. Essas informações foram de suma importância para uma prévia análise e diagnóstico do desempenho do sistema, permitindo explorá-lo potencialmente a partir dos dados já monitorados.

Na segunda etapa, levantou-se as características do sistema e as questões quantitativas, aplicando ferramentas da qualidade para o mapeamento dos riscos e oportunidades associadas aos processos atuais. Foi selecionado e analisado os indicadores que permitissem um maior envolvimento da operação local das estações, dando autonomia para gestão de processos, criando uma nova metodologia para coleta e análise de dados de vazões das estações.

Com essas informações estabelecidas, definiu-se os a aplicação da ferramenta nas estações de tratamento de águas e efluentes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A crescente preocupação com o meio ambiente em todos os segmentos e a competitividade do mercado se reflete na constante busca pela eliminação de perdas e um melhor aproveitamento dos insumos de seu processo, de forma menos agressiva ao meio ambiente e com o objetivo de ampliar os níveis e desempenhos operacionais.

Nesse contexto, é notória a importância do controle sobre processos produtivos e atividades da empresa. Portanto, o intuito deste capítulo foi sustentar teoricamente, ferramentas de qualidade e de melhorias e gestão de processos dentro de uma siderúrgica.

2.1 Siderurgia

Para que se possa ser entendida a siderurgia brasileira, é fundamental que seja conhecida a história da produção do aço no Brasil segundo Ladgraf *et al.* (2004) e Matarelli (2001) conforme a Figura 1.

Figura 1: Linha temporal do início da produção do aço no Brasil.

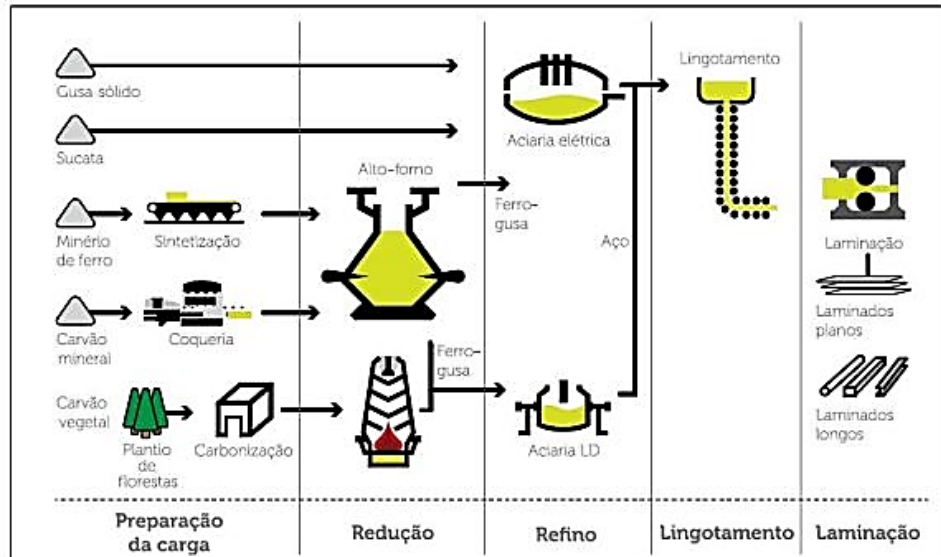


Fonte: Adaptado de Ladgraf *et al.* (2004) e Matarelli (2001).

Matarelli (2001) ainda registra que no decorrer dos anos, em 1957 com a implantação de indústrias automobilísticas no país, o mercado do ferro gusa sofreu uma grande evolução, fabricando grandes quantidades de metal fundido para atender a demanda das empresas.

O processo siderúrgico é executado em quatro etapas bem definidas e por unidades industriais separadas, apesar de interligadas (MORANDI, 1996) conforme a Figura 2.

Figura 2: Fluxograma de uma usina siderúrgica.



Fonte: Instituto Aço Brasil, (2012).

Morandi (1996) ainda registra, sendo a primeira etapa a preparação das principais matérias primas, minério de ferro e carvão, para o uso posterior; a segunda etapa consiste no processo de redução, onde o minério de ferro é transformado em ferro gusa; a terceira consiste no refino, onde o ferro-gusa é transformado em aço; e a quarta etapa cuida do acabamento dos produtos siderúrgico.

- As etapas do processo produtivo de uma siderúrgica:
 - Preparação das matérias-primas:** O minério é o principal elemento do processo de preparação, visto que através da retirada de impurezas e redução do teor de carbono, será convertido em aço. Essa preparação é feita por meio do aquecimento cuja fonte energética pode ser o carvão mineral, o carvão vegetal ou a energia elétrica.
 - Redução do minério de ferro a ferro gusa:** Através do alto forno o minério de ferro é convertido em sinter e se transforma em ferro gusa,

conforme a saída do oxigênio e a entrada do gás carbônico contido no carvão. O coque é utilizado tanto como combustível, quanto como agente redutor, usado para separar as impurezas do minério. Mediante as altas temperaturas, o ferro é fundido até que se forme uma escória sobre ele, sendo eliminada logo em seguida, e assim restando somente o ferro gusa como o produto da redução.

c) Fabricação do aço ou refino: Os processos mais utilizados são o de forno aberto (Siemens Martin), o processo Bessemer, a aciaria elétrica e a aciaria de vasos conversores. A aciaria de vasos conversores, também conhecida como BOF ou LD, representa o carregamento de sucata, ferro gusa líquido e fundentes para grandes conversores inclinados, que após serem colocados em posição vertical, é injetado o oxigênio puro através de lanças resfriadas a água. O oxigênio faz com que a temperatura se eleve e provoque reações que queimem as impurezas do ferro gusa líquido, tornando-o em aço. Já a aciaria elétrica, ou o forno a arco elétrico, consiste no carregamento do forno com sucata e fechá-lo com uma tampa em forma arqueada, dessa forma é introduzido eletrodos cilíndricos de carbono ou grafita, que levam a corrente a carga do forno. Nesta etapa do refino, são agregados elementos de liga para a obtenção de aços especiais, e assim alcançar algumas propriedades exigidas pelos diferentes usos do produto.

d) Acabamento dos produtos siderúrgicos: nessa etapa o aço é moldado para as várias formas de usá-lo. O aço líquido é transformado em lingotes endurecidos após dois processos opcionais, sendo eles o lingotamento convencional e o lingotamento contínuo. Durante o lingotamento convencional, o aço líquido é lançado em lingoteiras de várias formas e tamanhos e após esfriá-lo é transportado para fornos-poços onde é reaquecido a uma temperatura uniforme, passando pelo laminador desbastador e transformado em placas, ou seja, produtos que ainda não foram acabados e irão alimentar a laminação. Enquanto no lingotamento contínuo, o aço líquido é lançado diretamente nos moldes e guilhotinado em tamanhos particulares, posteriormente os lingotes são levados para a

laminação, onde o aço assume a forma que irá ser utilizada pelos consumidores finais.

2.1.1 – A importância da água no processo siderúrgico

Segundo estudos realizados pela ONU em 2001, o âmbito industrial é o segundo maior consumidor de água do mundo, ficando atrás apenas do setor agrícola. Soares (2008) afirma que a água é um solvente universal, dessa forma, é capaz de dissolver diversos tipos de substâncias orgânicas e inorgânicas, assim, as indústrias passaram a utilizá-la progressivamente em seus processos.

Borges (2008) registra que água pode ser encontrada no ramo industrial sendo utilizada como fluido para troca de calor, em forma de vapor para o aquecimento ou da forma líquida para o resfriamento dos processos, como preparação de soluções químicas e reagentes, além das instalações sanitárias.

O mesmo autor cita que devido as elevadas temperaturas do processo siderúrgico, a proximidade com o mar passou a ser um fator importante para a instalação de novas plantas siderúrgicas, utilizando a água salgada do mar como fluido refrigerante, onde, nestas o consumo de água total doce é de apenas 5%.

De acordo com França (2012) dentro da indústria podem ocorrer duas formas de reutilização de água e efluentes, sendo elas, o reuso, onde a reutilização ocorre em operações diferentes das operações de origem, e reciclo, onde a reutilização ocorre na mesma operação de origem.

O autor ainda afirma que o investimento para implantação de sistemas de tratamento de água e efluentes nem sempre seja baixo, diversas vezes esse investimento é recuperado de forma rápida, por conta da economia associada a outorga de captação de água e de lançamento de efluentes.

2.2 Ferramentas da Qualidade

Miguel (2006) cita que as ferramentas da qualidade são usadas para dar suporte ao desenvolvimento da qualidade, ou apoio para tomada de decisões em análises de problemas.

O grande potencial das ferramentas de qualidade está na sua capacidade em descobrir a causa raiz de um problema e solucioná-lo (MATA-LIMA, 2007).

2.2.1 – Ciclo PDCA

De acordo com Silva (2001) o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Act*) é o método gerencial mais usado para o controle e melhoria dos processos.

Foi desenvolvido na década de 30 pelo americano Shewhart, mas teve Deming como seu maior divulgador na década de 50, assim fazendo com que o método também fosse conhecido como Ciclo de Shewhart ou mais popularmente Ciclo de Deming.

Segundo Quinquilo (2002) essa metodologia é extremamente útil para a solução de problemas devido a sua capacidade em auxiliar no diagnóstico e na análise e prognóstico de problemas organizacionais. É um método de melhoria contínua, onde ações sistemáticas são conduzidas de forma que agilizem e obtenham melhores resultados para garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações.

Para Andrade (2003) o ciclo PDCA é um modelo dinâmico planejado para que a conclusão de um ciclo irá fluir no início do próximo ciclo, e assim consecutivamente. O autor ainda afirma que o processo sempre pode ter uma reanálise e assim um novo processo de mudança, conforme a Figura 3.

Figura 3: Ciclo PDCA.



Fonte: Periard, (2011).

Andrade (2003) ainda registra que o ciclo PDCA é dividido em quatro fases e pode ser descrito da seguinte forma:

Plan (Planejar): Determinar os objetivos e metodologias, de acordo com as políticas da organização, para fornecer os resultados esperados pelos clientes. Esta etapa inclui: a localização do problema, o estabelecimento de metas, a análise do fenômeno (por meio de diagramas estatísticos), análise do processo (empregando o diagrama de causa e efeito) e a elaboração do plano de ação.

Do (Execução): Executar as atividades, ou seja, implementar as ações definidas no plano de ação, sendo realizadas no cronograma determinado, de forma que todas as ações sejam supervisionadas.

Check (Checar): Etapa onde é verificada a eficácia das ações da fase anterior, por meio de comparações de resultados, listagem dos efeitos das ações praticadas e checagem da continuidade ou não do problema.

Action (Ação): Realizar ações corretivas ou de melhoria. Etapa onde as correções dos problemas são necessárias para que ele não se repita. Tendo um resultado satisfatório, devem padronizar essas ações por meio do acompanhamento da utilização do padrão, comunicação e treinamento.

2.2.2 – Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)

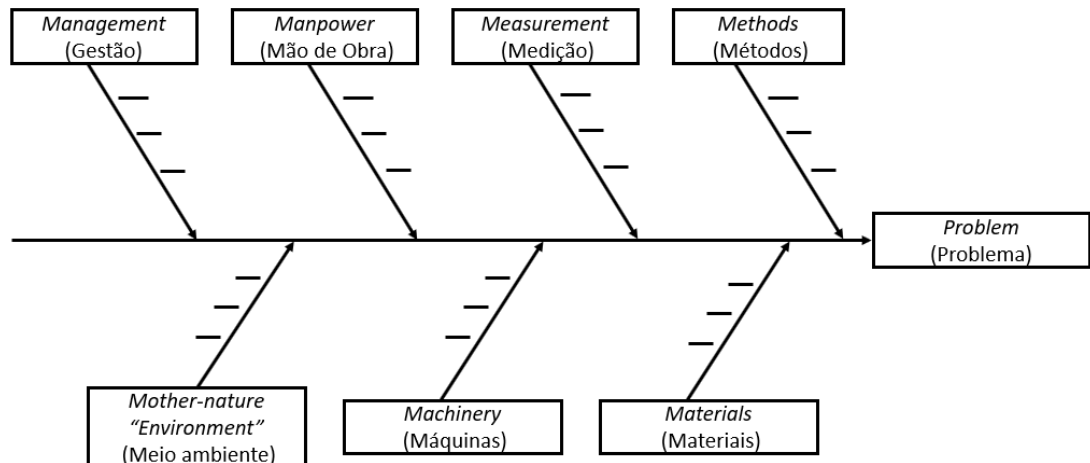
O Diagrama de Causa e Efeito tem como finalidade evidenciar e estruturar as causas de um dado problema. Behr et al. (2008) registra que a ferramenta pode ser utilizada sempre que houver a necessidade em compreender as causas primárias e secundárias de um efeito (positivo ou negativo) da organização.

Segundo Miguel (2001), esta ferramenta é capaz de evidenciar a associação entre os fatores (causas) que interferem no resultado de um processo (efeito), comprometendo a eficiência do mesmo. Em grande parte de sua utilização, o diagrama é responsável por atuar como direcionador das prováveis causas do problema para que ações corretivas e preventivas sejam empregadas para a solução do mesmo.

Dessa forma, Behr (2008) propõe que para a elaboração de um diagrama de causa e efeito primeiramente deve-se definir o problema/efeito a ser analisado. Em seguida, sugere a utilização de um breve *brainstorming* - que para Miguel (2001) são pensamentos e ideias que cada membro de um grupo de discussão expõe democraticamente sem restrições - levantando o maior número de causas que contribuem para a geração do problema.

O diagrama também conhecido como espinha de peixe é composto de: cabeça, que representa o problema a ser abordado; as escamas correspondem aos M's, que são os fatores que induzem ao problema (Figura 4).

Figura 4: Diagrama de Ishikawa 7M.



Fonte: Adaptado de Charki e Pavese (2019).

Peinado e Graeml (2007), afirmam que, originalmente são propostas 5 categorias pela ferramenta, que são: Materiais, Máquina, Mão de Obra, Meio Ambiente e Método, denominados 5M's. A ferramenta possibilita a utilização de outras categorias de M, tornando preciso avaliar quais deles estão presentes ou são relevantes para a execução.

Charki e Pavese (2019) registram que para alcançar resultados confiáveis, não se pode prescindir do sexto e sétimo M, *Management* (Gestão) e *Measurement* (Medição).

2.2.3 Matriz GUT

Originada por Kepner e Tregoe nos anos 80 com o intuito de resolver problemas complexos nas indústrias americanas e japonesas, a matriz GUT é uma ferramenta que tem por finalidade definir a ordem de prioridade das inúmeras alternativas de ação (MEIRELES, 2001).

Meireles (2001) ainda afirma que essa ferramenta é aplicada para priorizar a tomada de decisão estabelecendo a disposição das tarefas, a fim de resolver um determinado problema considerando fatores como: gravidade (G), urgência (U) e tendência (T), dos itens a serem resolvidos. O mesmo autor registra que a método GUT, em relação a procedimentos parecidos, se diferencia pela simplicidade de utilização e a possibilidade de atribuir valor/peso para cada ocorrência de forma objetiva.

Segundo Cesar (2013) os fatores Gravidade, Urgência e Tendência se descrevem como:

- a. Gravidade: influência do problema sobre as pessoas, resultados, processos ou empresas e efeitos futuros decorrente do problema não resolvido;
- b. Urgência: a relação com o tempo preciso para resolver o problema;
- c. Tendência: a capacidade de crescimento do problema.

Cesar (2013) ainda menciona, que em cada fator (gravidade, urgência e tendência) são adotados pesos que variam de 1 a 5 para cada uma das causas, onde a de valor 1 é a que possui menor grau e 5 o maior grau. O Quadro 1, retrata um exemplo de utilização da matriz GUT.

Quadro 1: Exemplo de utilização da matriz GUT.

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente Grave	Precisa de Ação Imediata	Piorar rapidamente
4	Muito Grave	Muito Urgente	Piorar a curto prazo
3	Grave	Urgente, Merece Atenção no Curto Prazo	Piorar a médio prazo
2	Pouco Grave	Pouco Urgente	Piorar a longo prazo
1	Sem Gravidade	Pode Esperar	Não irá Piorar

Fonte: Camargo, (2018).

E, após definir e listagem dos problemas, atribuir os pesos para cada fator, é necessário multiplicar os valores de cada um dos aspectos para se obter a ordem dos problemas que serão tratados com prioridade. Aqueles que apresentarem o maior valor de prioridade serão os primeiros a serem abordados (PERIARD, 2011).

2.2.4 – Ferramenta 5W2H

Behr *et al.* (2008) apontam essa ferramenta como sendo um modo de estruturar o pensamento de forma bem elaborada e materializada antes de se instaurar alguma solução no negócio. Sua denominação é decorrente de 7 palavras em inglês: *What* (O que?), *Why* (Por Quê?) *Where* (Onde?), *When* (Quando?), *Who* (Quem?), *How* (Como?), *How Much* (Quanto?). Esta metodologia é regularmente utilizada devido ao seu fácil entendimento e utilização.

De acordo com Franklin (2006), a ferramenta 5W2H é conhecida como um plano de ação, isto é, a decorrência de um planejamento como forma de direcionar as ações que deverão ser implementadas, estabelecendo uma maneira de assistir o desenvolvimento do projeto estabelecido no planejamento.

Para Meira (2003), a ferramenta 5W2H trata-se inicialmente de um *checklist* de atividades preestabelecidas devem ser desenvolvidas com uma maior clareza, atuando no mapeamento das atividades onde vai estabelecer o

que será feito, quem irá fazer, o tempo que irá fazer, a área da empresa envolvida e os motivos pelos quais a atividade será realizada.

Gerenciar processos e informações demanda grau de complexibilidade, essa metodologia, por meio de simples e objetivas indagações, possibilita que informações essenciais sejam identificadas para elaboração de um planejamento. Meira (2003) ressalta que sua estrutura composta pela indagação de questões essenciais garante uma visão mais controlada do projeto.

Conforme o Quadro 2, aplicam-se as sete perguntas que deverão ser respondidas.

Quadro 2: Modelo de plano de ação do 5W2H.

Pergunta		Plano de Ação
		Descrição
5W	<i>What? (O que?)</i>	Definir o que será feito.
	<i>Why? (Por quê?)</i>	Descrever o porquê deve-se executar a tarefa.
	<i>Where? (Onde?)</i>	Em que local as tarefas serão realizadas.
	<i>When? (Quando?)</i>	Estabelecer um prazo para a execução da tarefa.
	<i>Who? (Quem?)</i>	Descrever quem será o responsável pela tarefa.
2H	<i>How? (Como?)</i>	Qual o mecanismo será utilizado para a execução.
	<i>How Much? (Quanto Custa?)</i>	Definir quais os custos para a execução da tarefa.

Fonte: Meira, (2003).

2.3 Gestão por indicadores

Kaplan e Norton (1997) registram a importância de medir, afirmando que não se pode gerenciar o que não é medido, corroborando o uso de indicadores para o gerenciamento e monitoramento de empresas, conferindo de maneira dinâmica informações que cooperam com o controle de processos gerenciais, planejamento, metas estratégicas.

Para Adriaanse (1993), a aplicação dos indicadores tem como finalidade analisar, comunicar, simplificar e quantificar. Deste modo, eventos de elevado

grau de complexidade são mensurados e tornados compreensíveis por diversos segmentos da sociedade, por meio dos indicadores.

Em seu conceito, um indicador é uma ferramenta que proporciona a obtenção de informações sobre uma dada realidade, tendo como característica principal a de poder sintetizar diversas informações, reunindo apenas o significado essencial dos aspectos analisados (MITCHELL, 2004).

Segundo Ucker, Kemerich e Almeida (2012) os indicadores são instrumentos gerenciais para a gestão de uma organização e até mesmo de processos, muitas das vezes considerados como crítico, quanto a não obtenção de uma meta ou um padrão de desempenho estabelecido.

Campos e Melo (2008) ainda ressaltam a possibilidade de identificar e corrigir desvios a partir de monitoramento de dados, analisando causas prováveis de percas de desempenho em processos e propostas de ação para melhoria do mesmo. Estes dados ainda contribuem com informações importante para a o planejamento e gerenciamento, contribuindo para a tomada de decisões.

3 ESTUDO DE CASO

A empresa abordada no estudo faz parte de um grupo reconhecido como produtor mundial de materiais de forte conteúdo tecnológico e prestador de serviços associados a esses materiais. É um dos 100 maiores grupos industriais mundiais, empregando aproximadamente 190.000 colaboradores. Presente em 64 países, no Brasil está desde 1937, atuando na fabricação de tubos, conexões, válvulas e tampões de ferro fundido dúctil. Atua na infraestrutura do saneamento, indústria, irrigação, mineração e construção civil.

A unidade estudada está inserida no contexto onde seu usufruto principal é o Rio Paraíba do Sul, do qual a empresa retira todo recurso hídrico para seu processo de produção, além descartar nessa bacia todo o seu efluente gerado em suas atividades.

Preocupada com as questões ambientais, compreendendo uma oportunidade de melhoria em seu processo de tratamento de efluentes, e vislumbrando a chance de uma análise financeira dos principais custos associados à tais atividades, foi oferecido aos alunos a possibilidade de desenvolvimento de um trabalho, de custos limitados, que pudesse trazer benefícios para os processos da estação de tratamento e reuso de efluentes.

A pesquisa foi realizada durante 15 meses, com visitas constantes nas dependências da empresa, sendo acompanhadas pela equipe de Meio Ambiente.

3.1 Estação de Tratamento e Reuso de Efluentes

O objeto em estudo consiste em uma estação para o tratamento e reuso dos efluentes industriais oriundos da empresa, operada por terceiros, a qual é composta por um sistema de tratamento físico-químico, que possibilita o descarte de parte deste efluente no rio Paraíba do Sul e o reuso da porção restante no processo industrial. Em resumo, o projeto permite reduzir o volume de água captada do rio Paraíba do Sul, bem como o lançamento de efluente

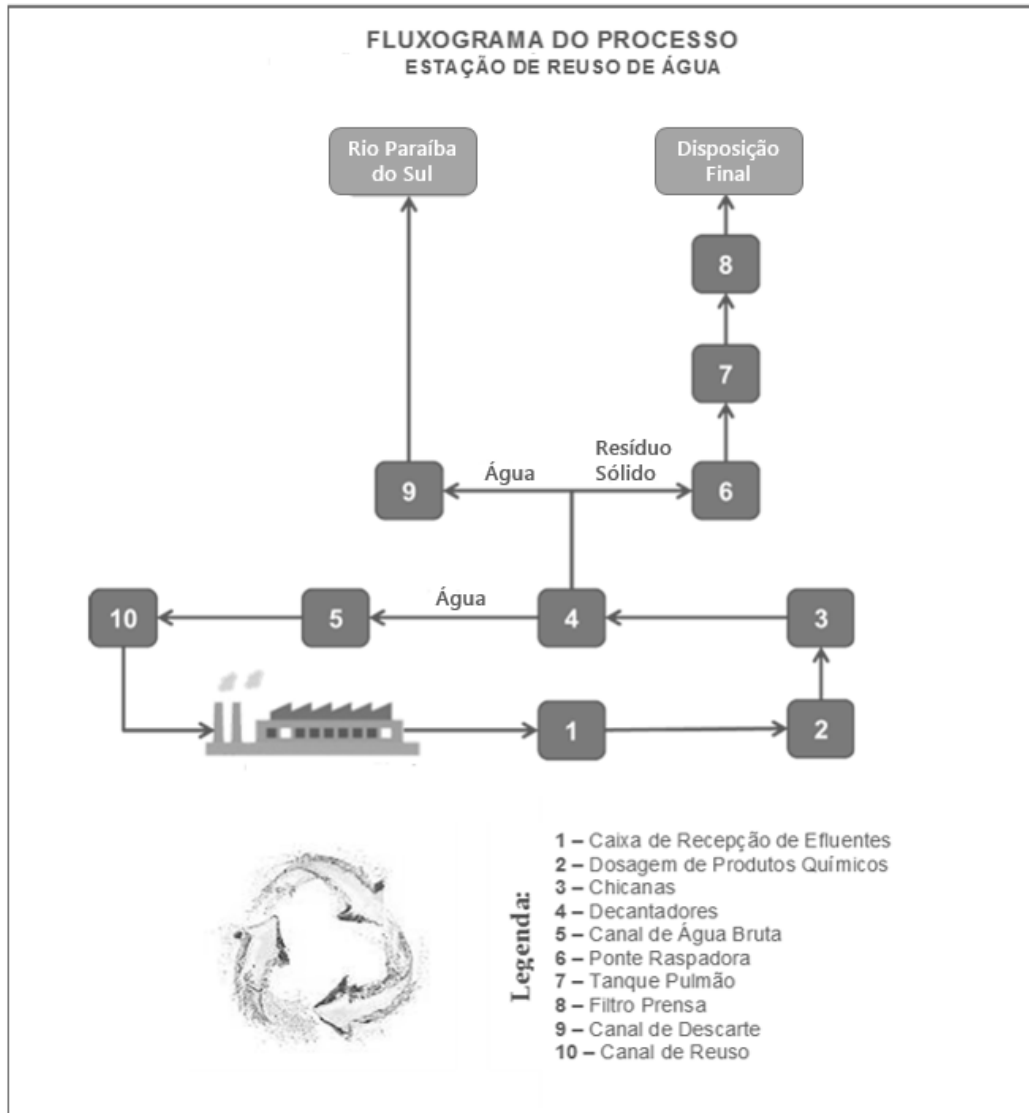
neste corpo hídrico, de modo a possibilitar uma gestão adequada deste recurso natural, alcançado assim a sustentabilidade em seu processo, o qual é baseado nos pilares social, econômico e ambiental.

- **Social** – o projeto de reuso resulta em uma menor necessidade de captação de água do Rio Paraíba do Sul, a qual é utilizada para abastecimento de e geração de energia para cerca de 80% da população do Estado do Rio de Janeiro. Adicionalmente, a implantação do projeto resultou em uma diminuição do volume de efluente lançado neste corpo hídrico, diminuindo, portanto, a depreciação da qualidade da água a ser fornecida para a população, o que resulta em benefícios diretos à saúde da comunidade;
- **Econômico** – a empresa possui uma outorga para utilização de $500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ de água. Com a implantação do projeto de reuso de água, a planta reduziu o volume de água retirada do Rio Paraíba do Sul em $5.401.292 \text{ m}^3$. Estima-se que no ano de 2015, o consumo alcançou um valor médio de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ de água. Evidentemente, este valor deve levar em consideração o cenário da empresa frente à crise econômica brasileira, o que resultou uma queda drástica na produção durante este período. Estima-se que, utilizando a capacidade máxima de produção, este valor não supere $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, o que possibilita a redução da outorga de uso de água, podendo culminar em uma economia anual de, aproximadamente, R\$ 24.000,00; e
- **Ambiental** – o reuso de água resulta em uma diminuição do volume de efluente a ser lançado no Rio Paraíba do Sul, reduzindo a quantidade de contaminantes lançada neste corpo hídrico e favorecendo um ambiente adequado para o desenvolvimento da fauna aquática local.

3.1.1 Descrição dos Processos

O projeto de reuso pode ser visualizado no fluxograma apresentado na Figura 5.

Figura 5: Fluxograma do processo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A princípio, o efluente gerado no interior da Usina é recebido pela estação por meio da caixa de recepção de efluentes (Figura 6), passando posteriormente por um processo de gradeamento em duas fases, cujo objetivo é a retenção de

sólidos grosseiros, de modo a minimizar a ocorrência de entupimentos e danos aos equipamentos da estação.

Figura 6: Caixa de recepção de efluentes.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida, o efluente recebe uma dosagem de produtos químicos, onde se adiciona sulfato de alumínio visando à coagulação, bem como polímero aniônico, o que possibilita a formação de flocos físico-químicos para posterior decantação.

O efluente é recebido pela estação em alta velocidade, o que impossibilitaria a sua decantação. Desta maneira, logo após a dosagem dos produtos químicos, este passa por chicanas (Figura 7) para redução da velocidade de escoamento e homogeneização, gerando, desta maneira, flocos mais facilmente decantáveis.

Figura 7: Chicanas para redução de velocidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos decantadores, os flocos gerados nos processos anteriores irão sedimentar, gerando uma fase líquida, a qual seguirá para o canal de água bruta ou será descartada, bem como uma fase sólida, a qual, depois de removida pela ponte raspadora (Figura 8), é direcionada para o coletor de lama, onde é succionada por uma bomba e encaminhada ao tanque pulmão.

Figura 8: Ponte raspadora.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O tanque pulmão (Figura 9) possui como principal finalidade o armazenamento e adensamento da lama gerada no decantador. Para isso, o resíduo recebe uma dosagem de polímero aniônico e com o auxílio de um agitador, a lama sofre uma nova decantação.

Figura 9: Tanque pulmão.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a decantação da lama, esta é direcionada ao filtro prensa (Figura 10) através de uma bomba pneumática. Após a saturação das placas, o compressor é acionado para injeção de ar, iniciando a secagem da lama. Toda a água oriunda da desidratação da lama retorna ao início do processo, sendo recirculada. Após a secagem, o resíduo mantido dentro das placas é acondicionado em caçambas e destinado de maneira ambientalmente adequada.

Figura 10: Filtro prensa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A fase líquida proveniente do processo de decantação, por sua vez, poderá ser descartada no Rio Paraíba do Sul ou recebida nos canais de reuso (Figura 11), para posterior encaminhamento para a Usina.

Figura 11: Canais de reuso da estação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Aplicação do Ciclo PDCA

3.2.1 Diagnóstico do Processo

Para alcançar os objetivos deste trabalho, foi realizado um acompanhamento no período de junho de 2018, no qual se estruturou, executou e mensurou um projeto com a aplicação do ciclo PDCA. Para análise de causa foram usados os métodos de Diagrama de Ishikawa, além da utilização da Matriz GUT para a priorização das causas

3.2.2 Plan (P)

A primeira fase da etapa P do ciclo PDCA de melhoria consiste na identificação do problema em estudo. Então, na segunda fase, observa-se o problema, investigando as suas características específicas para entendê-lo e elaborar ações de melhoria.

3.2.2.1 Identificação do Problema

Para a análise das oportunidades de melhoria de seus processos e uma análise financeira dos principais custos associados ao tratamento e reuso de efluentes, foi necessário estudar os dados históricos referentes às leituras das vazões coletadas e as análises laboratoriais realizadas.

Foram realizadas visitas no local para acompanhar como eram as rotinas de coleta de dados, os recursos disponíveis e como a empresa realizava o tratamento e estratificação de todos os dados gerados nas operações da estação.

Durante os encontros promovidos, que tinham como principal intuito, conhecer os processos produtivos da estação, foi identificada como fonte a ser estudada, os registros de vazões e análises laboratoriais que até então eram feitos manualmente, por meio de registro em meio físico em papel, conforme a Figura 12.

Figura 12: Acompanhamento diário da empresa.

ACOMPANHAMENTO DIÁRIO - ETE REUSO													
REGISTRO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS									DATA				
VAZÃO DA ÁGUA BRUTA					VAZÃO DA ÁGUA CLARIFICADA								
Hora	Água do Rio Paraíba do Sul		Água de Reuso		Turno	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
	Gravidade	Submersa	Descarte	Reuso									
00h	11	885178	669912	2780512	23h às 07h	60	60	60	60	60	60	60	60
04h	11	885221	669996	2782285	07h às 15h	60	60	60	60	60	60	60	60
08h	11	885230	670110	278597	15h às 23h	60	60	60	60	60	60	60	60
12h	11	886001	670898	2786030	CONSUMO DE PRODUTOS QUÍMICOS (kg)								
16h	11	886515	671390	278694	Produtos	23h às 07h	07h às 15h	15h às 23h					
20h	11	886525	671394	2787309	Pólvora	0	0	0					
00h	11	886535	671405	2787415	Sulfato (Reuso)	0	0	0					
					Sulfato Clarificado	0	0	0					
OBSERVAÇÕES E OCORRÊNCIAS													
Turno 07:00 às 07:00 Op. Fugina e Descarte com 2 voltas													
Turno 07:00 às 15:00 Op. Fugina e Descarte com 3 voltas													
Turno 15:00 às 23:00 Op. Fugina e Descarte com 4 voltas													
ACOMPANHAMENTO DE AÇÕES DOS TURNOS													
Ações					23h às 07h	07h às 15h	15h às 23h						
Número de limpezas do filtro de água clarificada					0	0	0						
Número de purgas da rede de água clarificada					1	1	2						
Número de lavagem do sistema de água clarificada					0	0	0						
Situação dos tanques de lama (1 e 2)					0	0	0						
Operador do turno					Paulo	Paulo	Paulo						

Fonte: Documento interno da empresa (2018).

3.2.2.2 Análise do Fenômeno

Os dados das vazões eram coletados em todos os medidores a cada 4 horas, e as análises laboratoriais realizadas a cada hora, sendo todas essas informações registradas em formulário específico. Uma vez ao mês os documentos preenchidos eram encaminhados da estação para departamento de Meio Ambiente, onde eram realizados os lançamentos e tratamentos dos dados, apenas para as vazões e ainda assim de maneira não estratificada por cada tipo de água.

Dados básicos de operação permaneciam até então, sem qualquer tipo de gestão pela operação da estação em meio a tantos registros em papel, deixando os mesmos sem o total domínio das inúmeras variáveis envolvidas no processo, visto que as informações geradas pelo setor de Meio Ambiente não retornavam para a estação no intuito de uma retroalimentação dos processos produtivos.

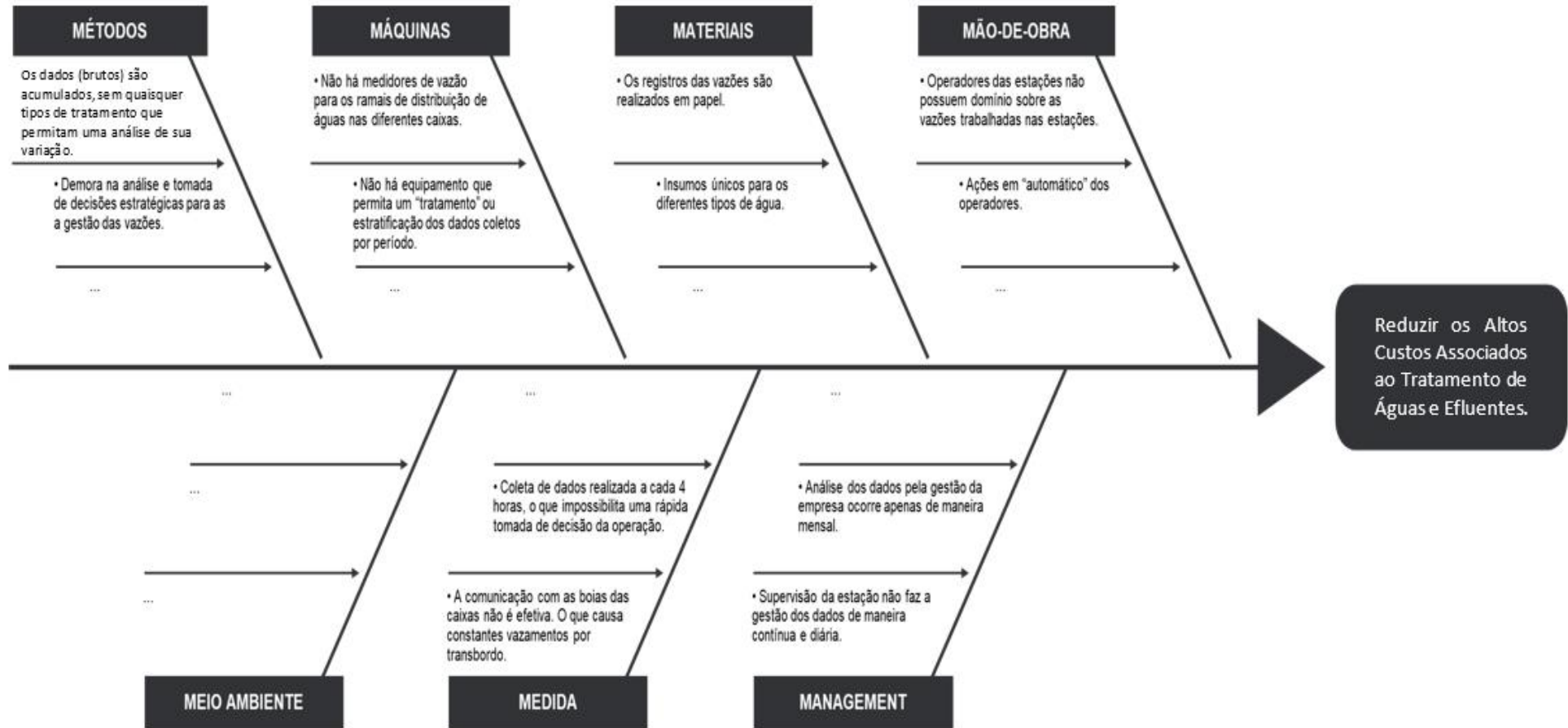
Sem os devidos tratamentos dos dados na operação, o processo de análise e controle das demandas de água da usina tornava-se lento e de difícil compreensão. Tal situação gerava um consumo de água e energia desnecessários, bem como um procedimento sem critérios pelos operadores. Erros eram frequentes, e as tomadas de decisão demasiadamente demoradas, levando os mesmos, inclusive, a não compreenderem a fundo a sua própria função.

3.2.2.3 Análise das Causas

Por meio da utilização do Diagrama de Ishikawa, foram levantadas possíveis oportunidades para a redução dos custos associados às atividades desenvolvidas na estação, conforme identificado na Figura 13 e no Quadro 3.

Após algumas reuniões realizadas com a gestão da empresa e a supervisão da terceira que opera a estação, onde foram apresentadas as análises realizadas pelo grupo, foi compreendido que, a falta de meios adequados para a coleta, o tratamento e estratificação dos dados de vazão, poderiam ser uma importante oportunidade para o desenvolvimento do presente projeto, podendo inclusive atender uma das principais premissas acordadas com a empresa em relação ao retorno financeiro oriundo do projeto e o seu baixo custo de implantação.

Figura 13: Aplicação do Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 3: Causas e sub causas Ishikawa.

Causa Principal	Sub-causa 1	Sub-causa 2	Sub-causa 3
• Os dados coletados são acumulados (dados brutos), sem quaisquer tipos de tratamento que permitam uma análise de sua variação.	Não há meios disponíveis para a gestão dos dados estratificados por hora, dia ou mês.	As vazões são registadas formulário específico, porém as informações não são utilizadas para nenhum tipo de gerenciamento ou gestão para os operadores.	O gerenciamento das informações é realizado apenas pela gestão da empresa.
• Demora na análise e tomada de decisões estratégicas para a gestão das vazões.	A gestão das vazões é feita mensalmente, quando os dados coletados são enviados para a empresa e digitados em controles específicos, apenas pela gestão da empresa.	Na estação não há meios que possibilitem os dados serem trabalhados e acompanhados pela supervisão ou operação das estações.	
• Não há medidores de vazão para os ramais de distribuição de águas nas diferentes caixas.	Na projeto da estação não foram considerados a medição de diferentes ramais de distribuição e tipos de água.	Projeto antigo, anterior ao ano de 2000 onde tais demandas não eram necessárias.	
• Não há equipamento que permita um "tratamento" ou estratificação dos dados coletos por período.	Durante a concepção do projeto não foi considerada a hipótese de um controle feito pela própria operação.	Estação é operada por empresa terceirizada e a gestão das informações fica a cargo apenas da empresa contratante.	
• Os registros das vazões são realizados em papel.	Não há outros meios disponíveis na estação para o registro de dados da operação.	Não há equipamentos ou meios que possibilitem outro maneira de registro dos dados.	
• Insumos únicos para os diferentes tipos de água.	Não há controle específico de cada insumo utilizado nos diferentes tipos de água da estação.	As informações são coletadas, porém não há um gerenciamento das mesma pela empresa ou terceira.	
• Operadores das estações não possuem domínio sobre as vazões trabalhadas nas estações.	Os dados coletados são apenas os "brutos" sem quaisquer tipo de tratamento para sua segregação por hora, dia ou mês, que possibilite a conhecimento pela operação.	Na estação não há meios para a própria operação realizar o tratamento e segregação dos dados.	A gestão dos dados é realizada apenas pela contratante com uma frequência mensal.
• Operadores das estações não possuem critérios/padrão para realização das suas atividades	Colaboradores com anos de experiência e a falta de um procedimento adequado.		
• A comunicação com as boias das caixas não é efetiva. O que causa constantes vazamentos por transbordo.	Distância entre a estação e as caixas, vegetação e ventos "derrubam" o sinal.	Equipamento via wi-fi disponível para a comunicação entre as caixas e a estação não supre as necessidades.	
• Coleta de dados realizada a cada 4 horas, o que impossibilita uma rápida tomada de decisão da operação.	Em intervalos inferiores pode haver bruscas alterações no consumo da empresa, o que acarretaria em vazamentos por transbordo ou falta de água para o processo.	Falta de linearidade dos processos de produção da empresa.	Comum ao processo de produção de centrifugação com diferentes diâmetros.
• Supervisão da estação não faz a gestão dos dados de maneira contínua e diária.	Empresa contratada não dispõe de meios para um controle e gestão de dados diários e/ou estratificados.	Item não é contemplado em seu contrato com a empresa contratante.	Possíveis custos associados à demanda e a gestão mensal realizada pela contratante.
• Análise dos dados pela gestão da empresa ocorre apenas de maneira mensal.	Os formulários disponíveis para registro das informações são indexados mensalmente.	Por indisponibilidade de recursos a frequência mensal é a disponível pela empresa atualmente.	A gestão da estação era de responsabilidade da equipe de produção, e recentemente foi transferida para a área de Meio Ambiente.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.2.4 *Elaboração do Plano de Ação*

Após a validação da empresa e a conclusão das análises de causa, foi realizado juntamente com a gestão da empresa a definição dos critérios e da pontuação para a aplicação da Matriz GUT, conforme o Quadro 4.

Quadro 4: Critérios e pontuação da Matriz GUT

Critérios e pontuações da Matriz GUT	
Gravidade	Pontuação
Requer investimentos de até R\$ 800.000,00.	1
Requer investimentos de até R\$ 500.000,00.	2
Requer investimentos de até R\$ 300.000,00.	3
Requer investimentos de até R\$ 100.000,00.	4
Não requer investimentos diretos.	5
Urgência	Pontuação
Pode esperar.	1
Pouco urgente.	2
Urgente, merece atenção em curto prazo.	3
Muito urgente.	4
Necessidade de ação imediata.	5
Tendência	Pontuação
Sem benefícios.	1
Benefícios à longo prazo.	2
Benefícios à médio prazo.	3
Benefícios à curto prazo.	4
Benefícios imediatos.	5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Visto que uma proposta de solução resolveria diversos problemas levantados no Diagrama, foi possível um agrupamento delas em 6 problemas. O montante dos problemas foram as entradas da Matriz GUT que teve como objetivo a definição de prioridade para cada uma das ações, conforme demonstrado no Quadro 5.





Quadro 5: Dados organizados conforme a prioridade da matriz

Dados organizados conforme prioridade GUT					
Id Ação	Causas identificadas através de Ishikawa	Gravidade	Urgência	Tendência	GUT
Problema 01	Ausência de meios para coleta, tratamento e segregação de dados gerados pela operação das estações.	Requer investimentos de até R\$ 100.000. (4 pts)	Necessidade de ação imediata. (5 pts)	Benefícios imediatos (5 pts)	100
Problema 02	Baixa sinergia da operação quando aos possíveis desvios de suas atividades.	Não requer investimentos diretos. (5 pts)	Muito urgente (4 pts)	Benefícios à curto prazo (4 pts)	80
Problema 03	Ausência de gestão mais estratégica das atividades das estações.	Não requer investimentos diretos. (5 pts)	Muito urgente (4 pts)	Benefícios à médio prazo (3 pts)	60
Problema 04	Indisponibilidade de equipamentos para a medição de diferentes tipos de água.	Requer investimentos de até R\$ 100.000. (4 pts)	Urgente, merece atenção em curto prazo (3 pts)	Benefícios à curto prazo (4 pts)	48
Problema 05	Indisponibilidade de equipamentos para a melhor comunicação das estações.	Requer investimentos de até R\$ 100.000. (4 pts)	Pouco urgente (2 pts)	Benefícios à curto prazo (4 pts)	32
Problema 06	Necessidade de especificações técnicas específicas para cada tipo de água trabalhada nas estações.	Não requer investimentos diretos. (5 pts)	Pouco urgente (2 pts)	Benefícios à médio prazo (3 pts)	30

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao final da fase de planejamento foi elaborado o plano de ação para o gerenciamento das ações que seriam aplicáveis seguindo o padrão 5W2H, conforme Quadro 6.

Quadro 6: Aplicação do 5H2W.

O que será feito	Por que será feito	Onde será feito	Quando será feito	Por quem será feito	Como será feito	Quanto custará fazer	Status
<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>	<i>How much</i>	
Estudar a possibilidade de criação de mecanismos para a coleta, tratamento e estratificação dos dados gerados pelas estações.	Matriz GUT - Problema 01	EHS - Meio Ambiente	30/07/2018	Bruno Souza Isabela Alves Marco Rocha	Analisar possíveis cenários para aplicação de ferramenta em excel sem custo significativos associados.	R\$ 0	
Viabilizar a aplicação de método encontrado para coleta, tratamento e estratificação dos dados gerados pelas estações.	Matriz GUT - Problema 01	EHS - ETA/ETE Reuso	30/08/2018	Bruno Souza Isabela Alves Marco Rocha	Desenvolver projeto elaborado através de Funções e Visual Basic for Applications – VBA.	R\$ 10.000	
Definir as novas metodologias necessárias para a implementação e utilização diária do mecanismo de coleta, tratamento e estratificação dos dados gerados pelas estações.	Matriz GUT - Problema 01	EHS - Meio Ambiente	30/08/2018	Isabela Alves	Definir novos critérios de operação em atendimento ao projeto desenvolvido.	R\$ 0	
Revisar instruções de trabalho aplicáveis às atividades da operação das estações.	Matriz GUT - Problema 01	EHS - Meio Ambiente	30/10/2018	Isabela Alves	Revisar IABM-011 com as novas diretrizes criadas.	R\$ 0	
Garantir o conhecimento e engajamento dos colaboradores na implementação e utilização diária do mecanismo para coleta, tratamento e estratificação dos dados gerados pelas estações.	Matriz GUT - Problema 02	EHS - ETA/ETE Reuso	30/11/2018	Marco Rocha	Realizar treinamento dos operadores nos novos conceitos determinados na revisão da IABM-011.	R\$ 500	
Garantir uma maior sinergia entre a supervisão da contratada e a gestão da contratante quando às demandas táticas e estratégicas para as estações de tratamento de águas e efluentes.	Matriz GUT - Problema 03	EHS - Meio Ambiente	30/12/2018	Bruno Souza	Realizar reuniões semanais de acompanhamento dos dados de operação.	R\$ 0	
Desenvolver projeto para a instalação de medidores de vazão nos ramais de distribuição de águas para a usina.	Matriz GUT - Problema 04	GPI - Novos Projetos	30/12/2019	Coordenador de Projeto	Estudar equipamentos que poderão atender a demanda.	R\$ 0	
Garantir recursos para a implementação e manutenção das comunicações entre as estações e as caixas de armazenamento de águas.	Matriz GUT - Problema 05	EHS - Meio Ambiente	30/12/2019	Gerente de EHS	Inserir demanda no orçamento do próximo ano.	R\$ 0	
Desenvolver especificações técnicas para os insumos conforme tipo de água trabalhada.	Matriz GUT - Problema 06	EHS - Meio Ambiente	30/12/2019	Analista de Meio Ambiente	Revisar/criar especificações técnicas para as diferentes águas.	R\$ 0	

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.3 Do (D)

Uma vez definidas e priorizadas as ações da etapa anterior, na fase “Do” inicia-se a aplicação.

3.2.3.1 Criação da Ferramenta de Lançamento e Dashboard

Utilizando-se de conceitos básicos e avançados de Excel (Funções e *Visual Basic for Applications* - VBA), foram criadas duas planilhas eletrônicas para a operação da estação. A primeira planilha, a Ferramenta para Lançamento de Dados, é onde os operadores registram as informações coletadas e geradas durante as atividades desenvolvidas na operação da estação (dados de vazão e análises laboratoriais), conforme figuras 14 e 15.

Figura 14: Ferramenta para Lançamento dos Dados de Vazão.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 15: Ferramenta para Lançamento dos Dados Laboratoriais.

The image shows a web application interface for entering laboratory data. The background is a green landscape with water. The main form is titled "REUSO - ANÁLISES DIÁRIAS" and includes the following fields and controls:

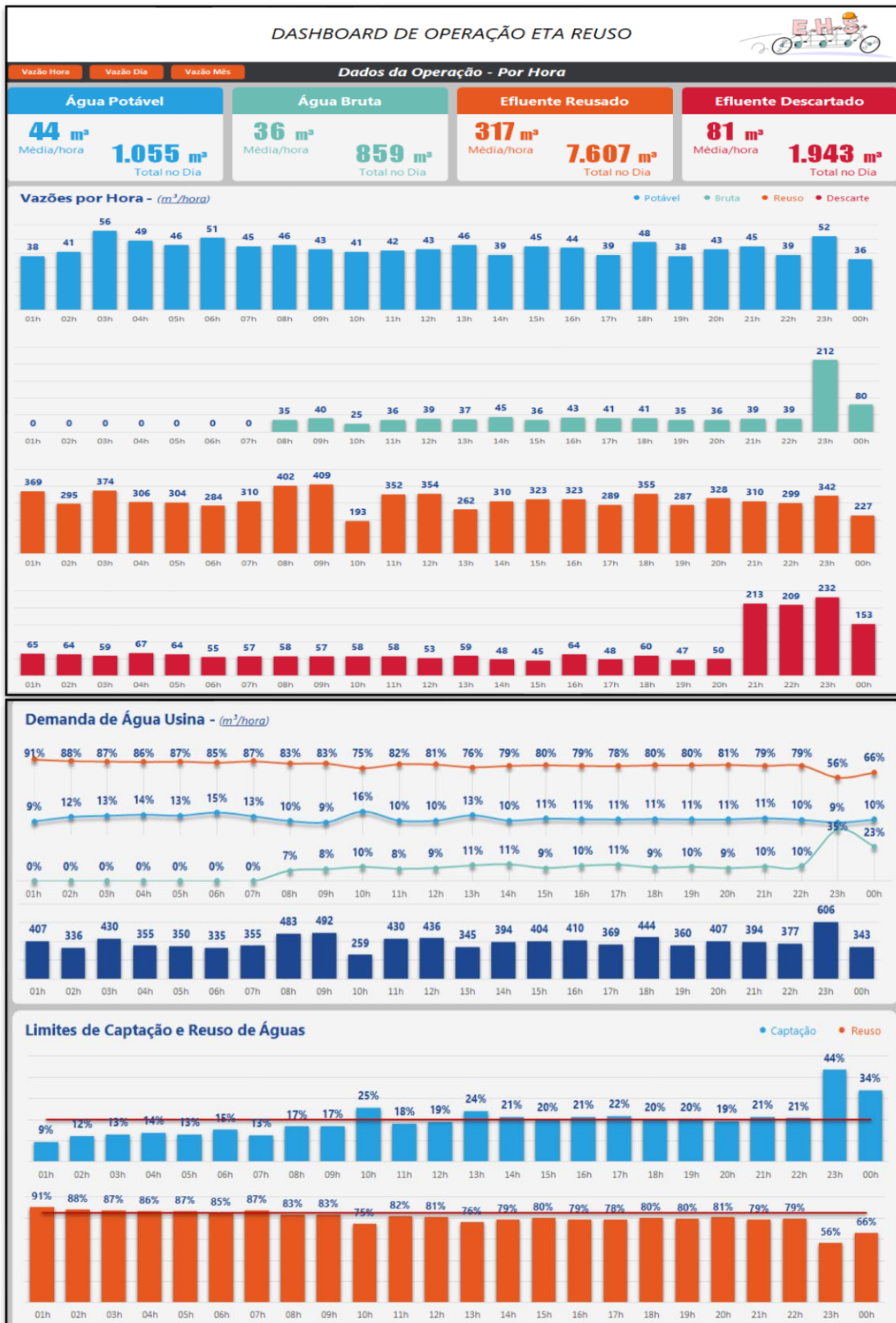
- Time: 18:19
- Date: terça-feira, 29 de outubro de 2019
- Mês, Dia, Hora: Dropdown menus
- SST: Input field (mg/L)
- Cloretos: Input field (mg/L)
- Alcalinidade: Input field (mg/L)
- Ferro Total: Input field (mg/L)
- Sílica: Input field (mg/L)
- Condutividade: Input field (µS/cm)
- Dureza: Input field (mg/L)
- Operador Responsável: Dropdown menu
- Buttons: Lançar (green), Limpar (red)

At the bottom, there is a navigation bar with five icons and labels: Vazão (green), Análises (blue), Operação (orange), Gestão (purple), and Turno (black).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com as funções criadas no sistema, os dados brutos lançados são automaticamente tratados, estratificados e preparados para a exibição, que ocorre na segunda planilha criada, o Dashboard de Operação, conforme Figura 16. Nesse arquivo as informações coletadas e geradas são exibidas em forma de gráficos para cada variável agora estratificada, além de conter metas e limites individuais para cada uma dessa.

Figura 16: Dashboard de operação.



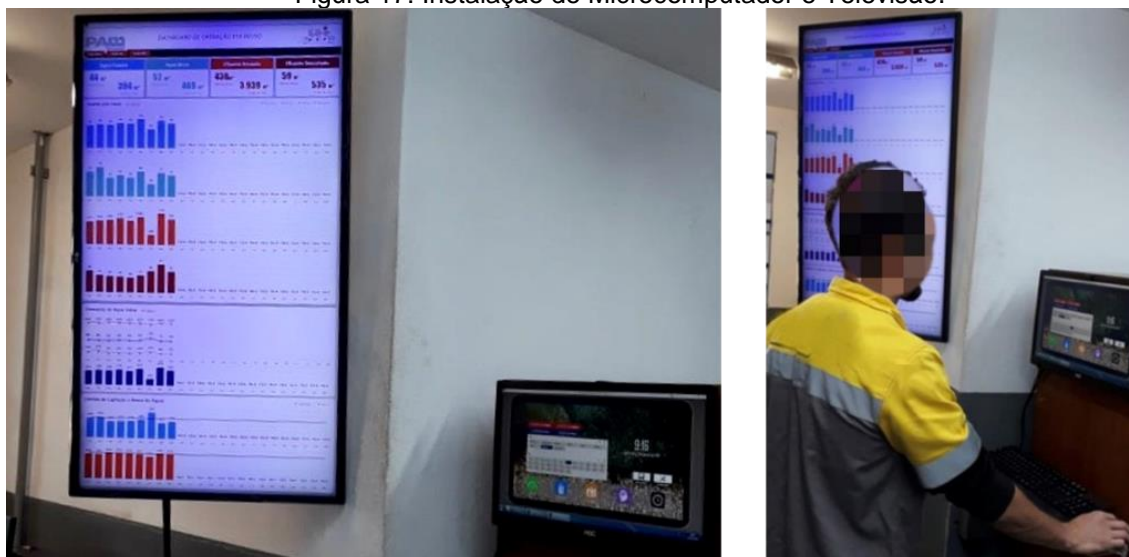
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.3.2 Implantação da Ferramenta de Lançamento e Dashboard

Visto que os dados eram registrados anteriormente em formulário específico, apenas em meio físico, fez-se necessária a aquisição de um microcomputador e uma televisão para a implantação das planilhas criadas e início do registro dos dados.

Os colaboradores foram conscientizados e orientados sobre a correta utilização da ferramenta, além da interpretação dos dados gerados pelos sistemas, conforme Figura 17.

Figura 17: Instalação de Microcomputador e Televisão.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.4 Check (C)

Com o início da implantação da “Ferramenta de Lançamento de Dados” e o “Dashboard de Operação”, inúmeros benefícios começaram a surgir na operação da estação. Com o cálculo das vazões em tempo, exposta na televisão instalada na área e estratificada por cada tipo de água, além de sua composição na demanda da usina, o operador passa a entender de forma clara e lúdica todos os dados gerados em seus processos.

Além do ganho de capacitação dos operadores, a mudança na coleta de dados da vazão de a cada 4 horas para a cada 1 hora, a estratificação dos dados e a definição de indicadores individuais para cada tipo de água trouxeram para a operação um maior domínio e controle sobre as consequências de suas ações. A ferramenta permitiu também mais agilidade para o processo, visto que toda e qualquer anomalia é sinalizada imediatamente após o registro dos dados. Com todos esses ganhos, passou-se a desenvolver uma mão de obra com uma maior autonomia, capaz de reagir tempestivamente a qualquer desconformidade encontrada nos processos.

Para a equipe gestora, o projeto permitiu desenvolver um papel mais tático-estratégico do sistema para o funcionamento da estação. Os monitoramentos das ações operacionais ficaram mais ágeis, permitindo uma orientação rápida e eficaz dos operadores em busca do atingimento das metas propostas.

Com dados mais precisos em mãos, tendo um maior controle sobre os mesmos é a melhoria na comunicação entre a estação e a gestão, pode-se perceber que o consumo de água na Usina estava além da sua necessidade, e que ações mais eficazes de controle poderiam diminuir esses consumos.

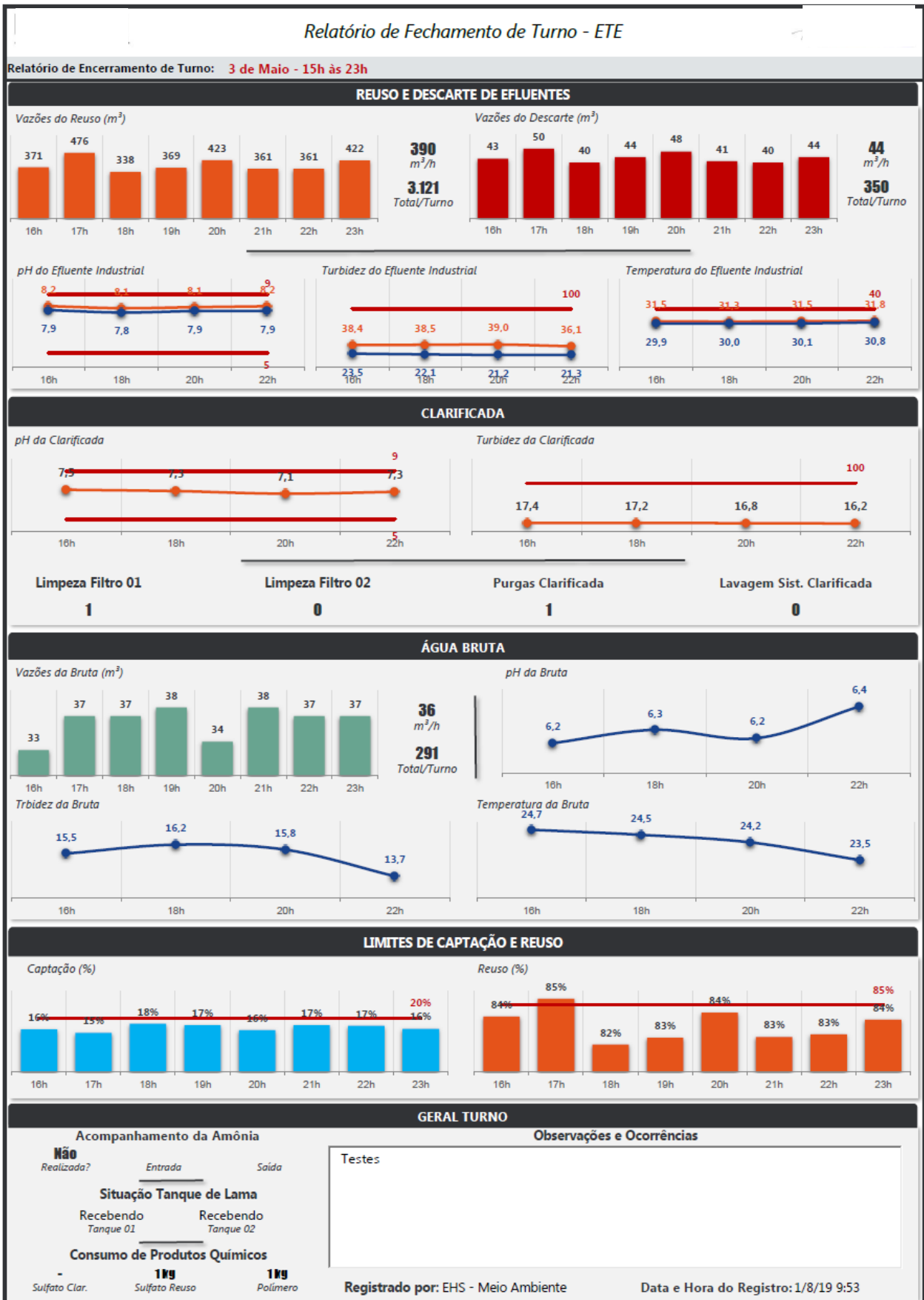
3.2.5 Action (A)

As visitas frequentes realizadas pelos alunos após a implementação das planilhas pode auxiliar na fase “A” do PDCA, onde as ações foram consolidadas, alterando a documentação técnica necessária, tais como: normas, procedimentos, instruções e outras documentações inerentes aos processos, de modo a buscar a constante padronização em relação à nova sistemática de coleta e controle dos dados, por meio da conscientização continua dos colaboradores envolvidos.

Aliado as ações implementadas além dos encontros realizados com a gestão da empresa, uma revisão foi realizada na ferramenta permitindo a emissão de relatórios operacionais a cada turno e gerenciais estratégicos de maneira automática, conforme Gráfico 1.

A geração dos relatórios com envio automático por e-mail a todos os envolvidos na gestão das estações, garantiram além de um melhor acompanhamento das operações das estações, a definição de metas mais precisas e coerentes para a operação e gestão da empresa. A estratificação dos dados de vazão para cada tipo de água permitiu a definição de estratégias individuais e ações mais precisas em quaisquer desvios encontrados, sejam eles na operação da estação ou nos processos produtivos da usina.

Gráfico 1: Relatório de Turno - Operacional



Fonte: Elaborado pelos autores.

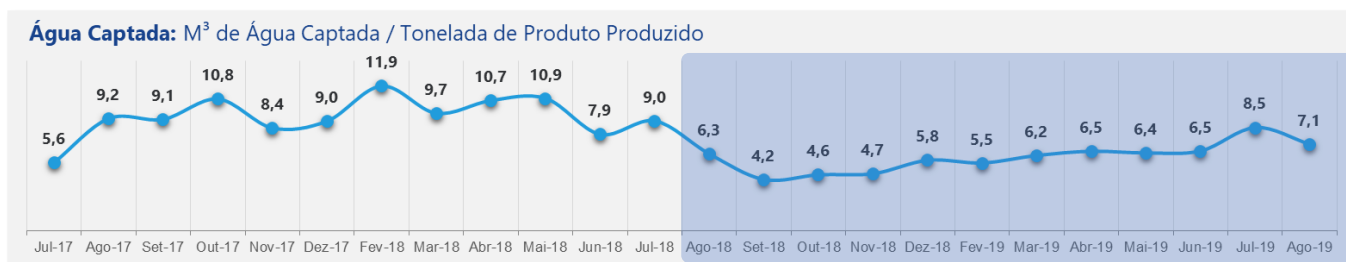
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Redução nos Índices Ambientais de Produção

A empresa possui como método implementado para a definição de seus indicadores, a razão entre os consumos e a produção de determinado período que será analisado. Para os casos abordados no projeto, consideram-se às seguintes informações: m³ de Água Captada por Tonelada Produzida, m³ de Efluente Reusado por Tonelada Produzida, m³ de Efluente Tratado por Tonelada Produzida e m³ de Demanda de Água por Tonelada Produzida.

Para os valores de Água Captada, observou-se uma redução de 39% entre os meses de Agosto de 2018 e Agosto de 2019, período abrangido pela implantação do Projeto de Indicadores, objeto deste estudo, conforme Gráfico 02.

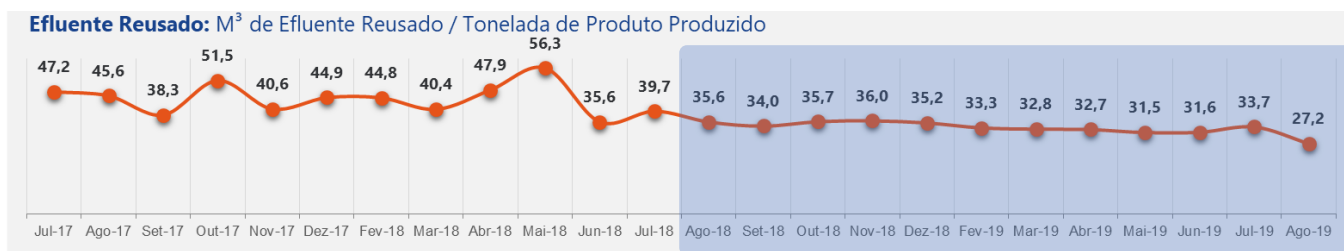
Gráfico 2: Água captada.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para os valores de Efluente Reusado, observou-se uma redução de 23% entre os meses de Agosto de 2018 e Agosto de 2019, período abrangido pela implantação do Projeto de Indicadores, objeto deste estudo, conforme Gráfico 03.

Gráfico 3: Efluente reusado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para os valores de Efluente Tratado, observou-se uma redução de 28% entre os meses de Agosto de 2018 e Agosto de 2019, período abrangido pela implantação do Projeto de Indicadores, objeto deste estudo, conforme Gráfico 04.

Gráfico 4: Efluente Tratado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para os valores de Demanda de Água, observou-se uma redução de 26% entre os meses de Agosto de 2018 e Agosto de 2019, período abrangido pela implantação do Projeto de Indicadores, objeto deste estudo, conforme Gráfico 05.

Gráfico 5: Demanda de água.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 Redução nas Vazões Totais

De todas as vazões controladas pela estação, duas delas podem ser consideradas prioritárias para o acompanhamento diário da gestão da empresa: vazão da demanda de água e a vazão de efluente tratado pela estação. Ao aplicar as diferenças encontradas nessas vazões, é possível identificar uma redução aproximadamente 1.052.692 m³ de efluente tratado e 1.059.036 m³ em demanda de água para a usina, conforme o Quadro 7.

Quadro 7: Detalhamento das vazões.

Tipo de Análise	Captação m ³	Reuso m ³	Descarte m ³	Efluente Tratado m ³ (Reuso + Descarte)	Demanda m ³ (Captação + Reuso)
Valor Real Pós Projeto	596.609	3.443.755	381.631	3.825.386	4.040.364
Valor Real + % Diferença	829.349	4.249.618	576.658	4.878.078	5.099.400
Redução Encontrada	232.740	805.863	195.027	1.052.692	1.059.036

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3 Redução Financeira

Por decisão da empresa, não foi possível uma estratificação dos custos associados ao tratamento individual de águas e efluentes, porém a mesma apresentou um valor unitário fixo de R\$ 0,32 centavos para cada m³ de efluente gerido na estação. Tal valor já inclui os custos de mão de obra da estação, recursos energéticos, insumos químicos, manutenções preventivas e valores de outorgas legais.

Por sim, ao aplicar essa taxa nas reduções encontradas após aplicação do Projeto de Indicadores, foi possível observar uma redução de aproximadamente R\$ 394.761 nos custos associados ao tratamento de águas e efluentes, conforme o Quadro 8.

Quadro 8: Detalhamento dos custos.

Tipo de Análise	Captação m ³	Reuso m ³	Descarte m ³	Total m ³	Total * R\$ 0,32
Valor Real Pós Projeto	596.609	3.443.755	381.631	4.421.995	R\$ 1.415.038,40
Valor Real + % Diferença	829.349	4.249.618	576.658	5.655.624	R\$ 1.809.799,83
Redução Encontrada	232.740	805.863	195.027	1.233.629	R\$ 394.761,43

Fonte: Elaborado pelos autores.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta a importância dos indicadores para o desenvolvimento tático-estratégico da empresa. Atendendo a premissa estabelecida, a aplicação da ferramenta justificou-se pelo seu baixo custo de investimento e pela sua capacidade de contribuir para uma melhor eficiência no processo. Deste modo, tornou-se possível acompanhar a operação, identificando seus problemas e suas causas, e propor melhorias com a implantação de indicadores de monitoramento de desempenho na sustentabilidade do processo.

Por meio da interação com o setor de Meio Ambiente da empresa, empregando as ferramentas da qualidade que auxiliaram o desenvolvimento da pesquisa, concluiu-se que, a utilização de indicadores é uma ferramenta imprescindível para a gestão e operação, visto que sua utilização proporcionou uma redução dos custos relacionados a água pela empresa em R\$ 394.761,43 e ainda forneceu autonomia e uma melhor capacitação da mão de obra.

Além disso, os indicadores ressaltaram a eficiência da estação dentro dos seus pilares para fatores socioambientais da empresa, captando um menor montante de água e lançando um menor número de efluente no Rio Paraíba do Sul.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o estudo e a viabilidade de se investir em novos equipamentos para a medição de vazão de diferentes tipos de águas e de instrumentos para melhorar a comunicação e compartilhamento de dados entre as estações, além de resolver os demais problemas evidenciados nesse estudo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIAANSE, A. **Environmental policy performance indicators**. General of Environment of the Dutch Ministry of Housing, VROM, The Hague, 1993.

ANDRADE, F.F.D. **O método de melhorias PDCA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica - EP: São Paulo, 2003.

BEHR, Ariel et al. **Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca**: Ci. Inf., Brasília, vol 37 nº 2 ago 2008, p 32-42

BORGES, C.G. **Análise de oportunidade de redução do consumo de água em processos industriais: (Caso CST)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - UFPB, João Pessoa, 2008.

CAMARGO, R. F. **Como fazer a Matriz GUT para a resolução de problemas? Conheça a Matriz de Prioridades**, 2018. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/matriz-gut/>> . Acesso em: 17 set. 2019.

CAMPOS, L. M. S.; MELO, D. A. **Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica**. Produção, v. 18, n. 3, p. 540-555, 2008

CESAR, F. I. G. **Ferramentas Gerenciais Da Qualidade**. 1º. ed. São Paulo: Biblioteca24horas, Seven System International Ltda., 2013.

CHARKI, A.; PAVESE, F. 2019. **Data comparisons and uncertainty: a roadmap for gaining competence and improving the reliability of results**. Int. J. Metrol. Qual. Eng.10, 1 (2019) . Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330218101_Data_comparisons_and_uncertainty_A_roadmap_for_gaining_in_competence_and_improving_the_reliability_of_results#pf1> . Acesso em: 26 set. 2019.

FRANKLIN, Yuri; NUSS, Luiz Fernando. **Ferramenta de Gerenciamento**. Resende: AEDB, Faculdade de Engenharia de Resende, 2006.

FRANÇA, André Luiz Felisberto. **Minimização do consumo de água e da geração de efluentes líquidos em siderurgia**. Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência da Engenharia Química). Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

GIL, A. C. (1991) **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3ª. ed. São Paulo: Atlas S/A.

GIL, A. C. (2008) **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª. ed. São Paulo: Atlas S/A.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Sustentabilidade. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site2015/downloads/relatorio_sustentabilidade_2012.pdf>. Acesso em 05/09/2019.

KAPLAN, Robert S. e David P. NORTON. **A estratégia em ação: Balanced Scorecard**, RJ: Campus, 1997

LADGRAF, F. J. G.; TSCHIPTSCHIN, A. P.; GOLDENSTEIN, H. **Notas sobre a história da metalurgia no Brasil**. Disponível em: . Disponível em: 31 jul. 2004.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MATA-LIMA, H. **Aplicação de Ferramentas da Gestão da Qualidade e Ambiente na Resolução de Problemas**. Apontamentos da Disciplina de Sustentabilidade e Impactes Ambientais. Universidade da Madeira (Portugal), 2007.

MATARELLI, F. A.; LOPES, L. E. F.; CASTRO, L. F. A. **Siderurgia a carvão vegetal**. In: BIOMASSA: Energia nos Trópicos em Minas Gerais, 2001.

MEIRA, R. C. **As ferramentas para a melhoria da qualidade**. Porto Alegre: SEBRAE, 2003.

MEIRELES, M.; **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas**: organizações com foco no cliente. São Paulo: Arte & Ciência, 2001.

MIGUEL, P.A.C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. 1 ed. São Paulo: Artliber, 2006.

MITCHELL, G. **Problems and Fundamentals of sustainable development indicators**. Disponível em: <https://www.academia.edu/5259950/PROBLEMS_AND_FUNDAMENTALS_OF_SUSTAINABLE_DEVELOPMENT_INDICATORS> Acesso em: 02/Ago/2019

MORANDI, Ângela Maria. **Reestruturação industrial e siderurgia: uma análise do setor siderúrgico brasileiro : o caso da CST**. 1996. 201f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, SP

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

PERIARD, G. **O Ciclo PDCA e a melhoria contínua**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/o-ciclo-pdca-deming-e-a-melhoriacontinua>>. Acesso em: 28 out. 2019.

PERIARD, G. **Matriz GUT: Guia Completo**, 2011. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/matriz-gut-guia-completo/>> . Acesso em: 26 jun. 2019.

QUINQUIOLO, J.M. **Avaliação da eficácia de um sistema de gerenciamento para melhorias implantado na área de carroceria de uma linha de produção automotiva**. 107f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Universidade de Taubaté –UNITAU, Taubaté, 2002.

SILVA, Jane Azevedo. **Apostila de Controle da Qualidade I**. Juiz de Fora: UFJF, 2006

SOARES FILHO, A. **Racionalização do Uso da Água Potável e Reuso de Efluentes Líquidos em Plantas Siderúrgicas de Ferro Ligas: O Caso da Rio Doce Manganês. 2008**. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no processo Produtivo). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia Salvador 2008.

TORRES, T. L.; OLIVEIRA, J. C.; BAUM, C. A; BECEGATO, V. A.; HENKES, J. A. Gestão do uso da água na indústria: aplicação do reuso e recuperação. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis, v. 7, n. 2, p.370-385, abr./jun. 2018.

UCKER, F. E.; ALMEIDA, R. A.; KEMERICH, P. D. C. **Indicadores ambientais: Importantes instrumentos de gestão**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 1, p. 119-127, jan./mar.2012

VIEIRA, S. **Estatística para a Qualidade: Como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. Rio de Janeiro: Elseiver, 1999.