Aumentar a Confiabilidade do Processo Assegurando a Produção de Água Desmineralizada de Alta Qualidade



Danilo Inácio[1]; Fábio Alves Feitosa[2]; William Batista Ferreira[3]; Antônio Carlos Goes[4]
Faculdade Educacional de Araucária – FACEAR

RESUMO
As organizações cada vez mais têm buscado uma continuidade operacional das unidades de processo, aumentando assim o seu lucro. Muitas vezes, as melhorias não se impõem ao produto, mas sim ao processo de produção, visto que em alguns casos os produtos estão consolidados e não sofrem mais alterações. A industrialização de Amônia, Ureia, Enxofre, CO_2, Carbono Peletizado, Metanol e ARLA 32 (Agente Redutor Líquido Automotivo) a partir do Resíduo Asfáltico como matéria-prima da empresa "Ureia Fértil S/A" é o caso típico de produto consolidado e as melhorias normalmente acontecem no processo de produção de forma a garantir uma continuidade operacional. As principais turbomáquinas que mantém o processo fabril operando são movidas a vapor, logo, o vapor fornecido pela única caldeira existente na empresa deve ser de alta qualidade. Para isto, a água desmineralizada (de caldeira) deve estar totalmente isenta de íons catiônicos e aniônicos, garantindo assim uma campanha ótima de operação da caldeira produzindo vapor de alta qualidade para o processo fabril. Desta forma, o presente projeto tem como objetivo propor melhorias no sistema de produção de água desmineralizada que alimenta a caldeira geradora de vapor, de forma a garantir continuidade operacional e a confiabilidade do sistema.

Palavras chave: Confiabilidade, continuidade operacional e processo.

ABSTRACT
Organizations increasingly have sought operational continuity of the process units thereby increasing your profit. Often the improvements do not require the product, but the production process, since in some cases the products are consolidated and not suffer more changes. Industrialization of ammonia, urea, sulfur, CO_2, Carbon Pellets, methanol and ARLA 32 (Reducer Automotive Liquid Agent) from the Asphalt residue as raw material the company "Urea Fertile S / A" is the typical case of consolidated product and improvements usually occur in the production process to ensure operational continuity. The main turbo-machinery that keeps the manufacturing process are operating steam-powered, so the steam supplied by the only existing boiler in the company must be of high quality. For this, demineralized water (boiler) should be entirely free of cationic and anionic ion, thus ensuring optimal boiler operation campaign producing high quality steam for the manufacturing process. Thus, this project aims to propose improvements in demineralized water production system that feeds the steam-raising boiler in order to ensure business continuity and system reliability.

Keywords: reliability, business continuity and process.

1. INTRODUÇÃO

A oportunidade de aumentar a confiabilidade de um sistema não acontece por acaso, ela pode ser buscada ou mesmo construída a partir de problemas ocorridos ou informações levantadas utilizando as ferramentas adequadas para análise e melhoria do processo. A partir deste raciocínio, percebeu-se a necessidade de minimizar os riscos de falhas no processo de produção de água desmineralizada da empresa “Ureia Fértil S/A”. Atualmente existe uma grande possibilidade de algumas falhas ocorrerem (falhas que serão abordadas na sequência deste trabalho), e estas falhas podem ocasionar contaminação ou até mesmo a falta de água desmineralizada que é utilizada na caldeira geradora de vapor. A contaminação da água desmineralizada provoca um processo corrosivo acentuado nos tubos da caldeira ocasionando a parada da mesma, que por consequência ocasiona a parada total da fábrica, devido à falta de vapor que gera trabalho nas turbomáquinas utilizadas no processo fabril.

Em atividade desde 1982, a planta industrial da “Ureia Fértil S/A” produz Amônia, Ureia, Enxofre, CO_2, Carbono Peletizado, Metanol e ARLA 32 (Agente Redutor Líquido Automotivo) a partir da matéria-prima Resíduo Asfáltico, que é um produto derivado do petróleo. Para geração desses produtos existem várias etapas no processo até que se obtenha o produto final, e dentro dessas etapas são necessárias grandes turbomáquinas que são movidas a vapor.

A empresa possui apenas uma caldeira de grande porte que gerar vapor para toda fábrica, para geração de vapor a caldeira recebe água tratada que deve ter uma qualidade ótima para evitar que ocorra um processo de corrosão. Essa água tratada vem da unidade de desmineralização, setor que se deve ter um controle muito rigoroso para que se produza uma água totalmente isenta de sais.

O sistema de tratamento de água de caldeira consiste em uma unidade de desmineralização de água por troca iônica. No início do tratamento a água está filtrada, clarificada e praticamente isenta de sólidos em suspensão, no entanto, não é um composto quimicamente puro, contém substâncias como sais e ácidos dissolvidos, os quais estão na forma iônica. Estes sais e ácidos se dissolvem na água, não sob a forma de molécula, mas sim em partículas menores, denominados íons (dissociação eletrolítica), carregadas eletricamente. Para a produção de vapor é necessário que seja removido praticamente todos esses compostos, o que é realizado através do uso de resinas iônicas. Além da água filtrada de reposição, a unidade também faz o tratamento do condensado que retorna do processo à 5 bar de pressão proveniente da condensação das turbomáquinas (denominado “C5”), reaproveitando-o como água de alimentação da caldeira.

2. DESENVOLVIMENTO

A confiabilidade do processo de fabricação de água desmineralizada é de fundamental importância para garantir a operacionalidade da unidade fabril, esta unidade e quem produz e fornece água para caldeira geradora de vapor, atualmente este processo está muito vulnerável e sujeito a falhas que pode ocasionar problemas de corrosão.

Para que não ocorram corrosões nem depósitos que causam incrustações no sistema, a água desmineralizada deve ser totalmente isenta de sais. Para isso, é necessário remover todos os íons presentes na água. O tratamento deve ser rigorosamente acompanhado através de rotinas de análises especificas em cada etapa do processo, monitorando variáveis como pH, condutividade, sílica, cloretos, cloro livre e amônia.

Um dos principais problemas identificados no processo de produção de água desmineralizada é a grande possibilidade de contaminação da água. Para explicar como ocorrem essas contaminações, é preciso entender um pouco mais sobre o funcionamento do processo, que utiliza equipamentos (vasos) que contém elementos filtrantes.

Segundo a NR-13 do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, publicada em junho de 1978, com ultima atualização em abril de 2014, que tem como objetivo condicionar a operação de vasos de pressão e caldeiras (item 13.5.1.1), “Vasos de pressão são equipamentos que contêm fluidos sob pressão interna ou externa, diferente da atmosférica”.

O sistema possui vasos alinhados em sequência, sendo que cada um possuí um tipo de elemento filtrante (Resina catiônica, resina aniônica, carvão ativado ou areia). Esses elementos tem um determinado tempo de uso (campanha), que quando acaba, precisam ser regeneradas, ou seja, fazer com que os elementos filtrantes voltem as suas condições iniciais com capacidade de absorver novamente os íons. Essas regenerações são realizadas através de adição de produtos químicos (ácido ou soda) no caso dos vasos que possuem resinas catiônicas e aniônicas respectivamente, ou através de contralavagem para o caso dos vasos que possuem carvão ativado ou areia.

Diante do processo operacional de tratamento de água desmineralizada existente na empresa, são duas as possibilidades de contaminação da água desmineralizada:

- Durante o tratamento normal, quando ocorre a saturação das resinas existentes no vaso, perdendo a capacidade de absorção dos íons.
- No final das regenerações quando existe a possibilidade de colocar o vaso em operação para o sistema, mesmo ainda contendo resíduos de produtos químicos provenientes da regeneração.

As resinas de troca iônica do processo em questão, primeiramente retêm os íons catiônicos e libera hidrogênio (H), que segue para etapa subsequente de remoção dos íons

aniônicos e libera hidroxila (OH) tornando a água desmineralizada. Após a saturação das resinas é necessário que se faça a regeneração para as mesmas voltarem com as capacidades de absorção. É utilizado ácido clorídrico para regeneração das resinas catiônicas e hidróxido de sódio para as resinas aniônicas.

Como a possibilidade de contaminação está evidente, faz-se necessário a modernização da unidade, a fim de garantir a produção de água desmineralizada com alta qualidade e com um sistema de monitoramento, onde seja possível, acompanhar os parâmetros específicos em cada etapa do processo de produção de água desmineralizada para caldeira. A modernização da unidade deverá ser feita de forma a tornar automáticas algumas ações que hoje são executadas manualmente.

2.1 TRATAMENTO DE ÁGUA DESMINERALIZADA

A água desmineralizada é assim denominada, em função da baixa concentração de íons em sua composição, pode-se dizer que quanto menor a quantidade de íons presente na água, melhor é a qualidade da água desmineralizada ou deionizada.

Referente ao processo em questão, no início do tratamento, mesmo recebendo uma água clarificada e filtrada, praticamente isenta de sólidos em suspensão, não é um composto quimicamente puro, contém substâncias dissolvidas como sais ou ácidos. Estes sais e ácidos se dissolvem na água, não sob a forma de molécula ou compostos iônicos, mas sim em partículas menores, denominados íons, carregadas eletricamente.

Para produção de vapor, há necessidade de remoção praticamente total dos íons nocivos presentes na água, para fazer com que a água fique nas condições necessárias, utilizamos a permuta iônica, no qual os íons dissolvidos na água entram em contato com determinada substância sólida, insolúvel na água, onde esta substância ou substâncias são dissolvidas e permutadas por outros íons de mesma carga elétrica, isto é, permuta de cátions e ânions, liberando íons de hidrogênio e hidróxidos.

A unidade de desmineralização é composta por duas cadeias de tratamento de água filtrada que operaram em paralelo, e quando necessário (Em casos de manutenção ou regeneração) opera apenas uma por vez. Resumidamente o tratamento da água filtrada tornando-a desmineralizada passa primeiramente em dois vasos descloradores (FCA) contendo carvão ativado, a água filtrada segue para dois vasos com resina catiônica (VC), dois vasos com resina aniônica (VA) e, por fim, três vasos de leito misto (LM) contendo resina catiônica e aniônica. A regeneração dos vasos que possuem resinas catiônicas e/ou aniônicas é realizada com solução de ácido clorídrico e solução de hidróxido de sódio.

O condensado recuperado que retorna do processo (Aproximadamente 210m³/h) passa por um filtro de areia (FA) e em seguida por dois vasos com resinas catiônicas (FC) para polimento, podendo ser enviado para os vasos de leito misto ou diretamente para o tanque de armazenamento. Na figura 1 está demonstrado o fluxograma do processo de tratamento de água desmineralizada.

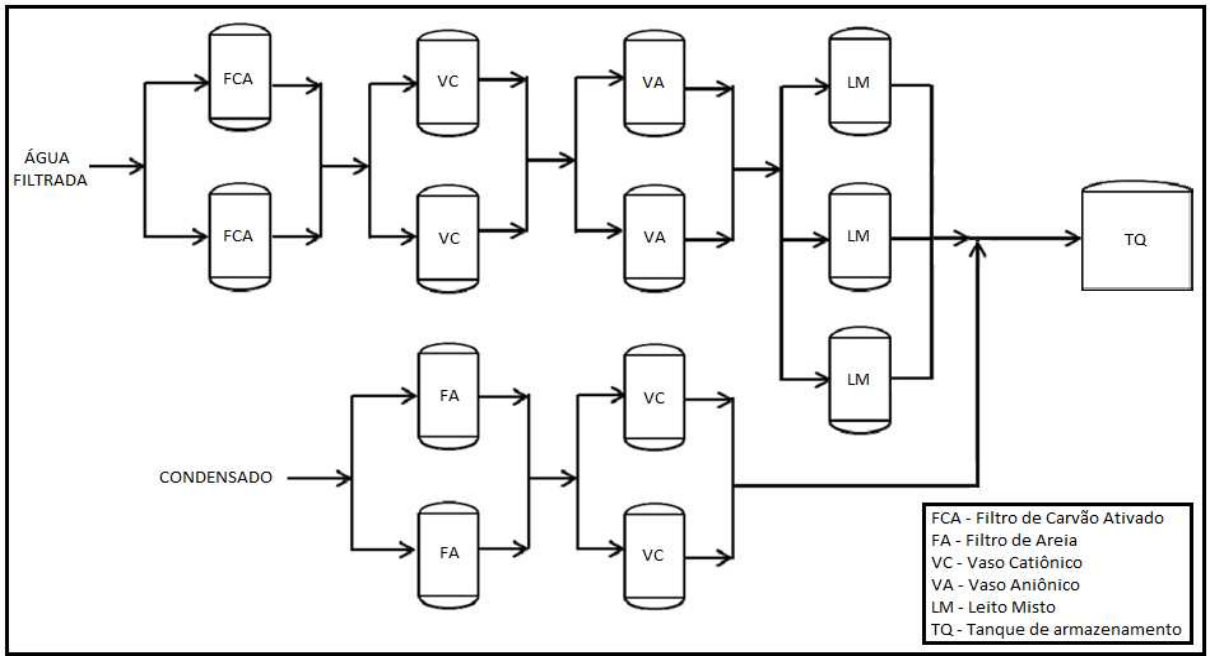


FIGURA 1: FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO.
FONTE: OS AUTORES.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho aborda o processo para a implantação de melhorias no sistema de tratamento de água desmineralizada que é utilizada como matéria prima para caldeira geradora de vapor, buscando aumentar a confiabilidade de todo o processo.

Na figura 2 está demonstrado resumidamente o sistema de água de caldeira, onde primeiramente é recebida água filtrada que passa pela unidade de desmineralização removendo todos os íons catiônicos e aniônicos, essa água isenta de sais passa por um desaerador que remove o oxigênio dissolvido na água, seguindo para a caldeira geradora de vapor. O vapor produzido segue para as turbomáquinas onde será gerado trabalho (converte energia térmica em mecânica). O vapor após gerar trabalho nas turbomáquinas condensa e retorna para a unidade de desmineralização fazendo um ciclo fechado. Os condensadores das turbomáquinas utilizam água de resfriamento para troca de calor facilitando a condensação e resfriando o condensado.

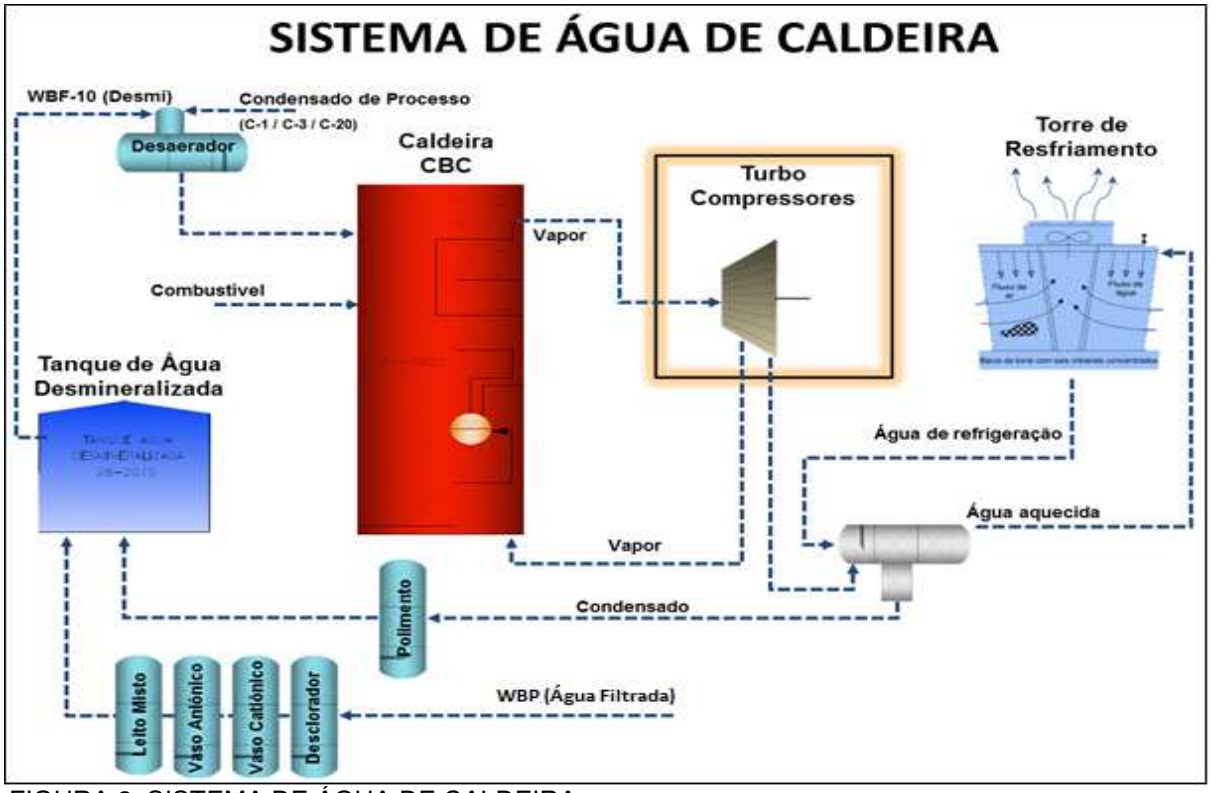
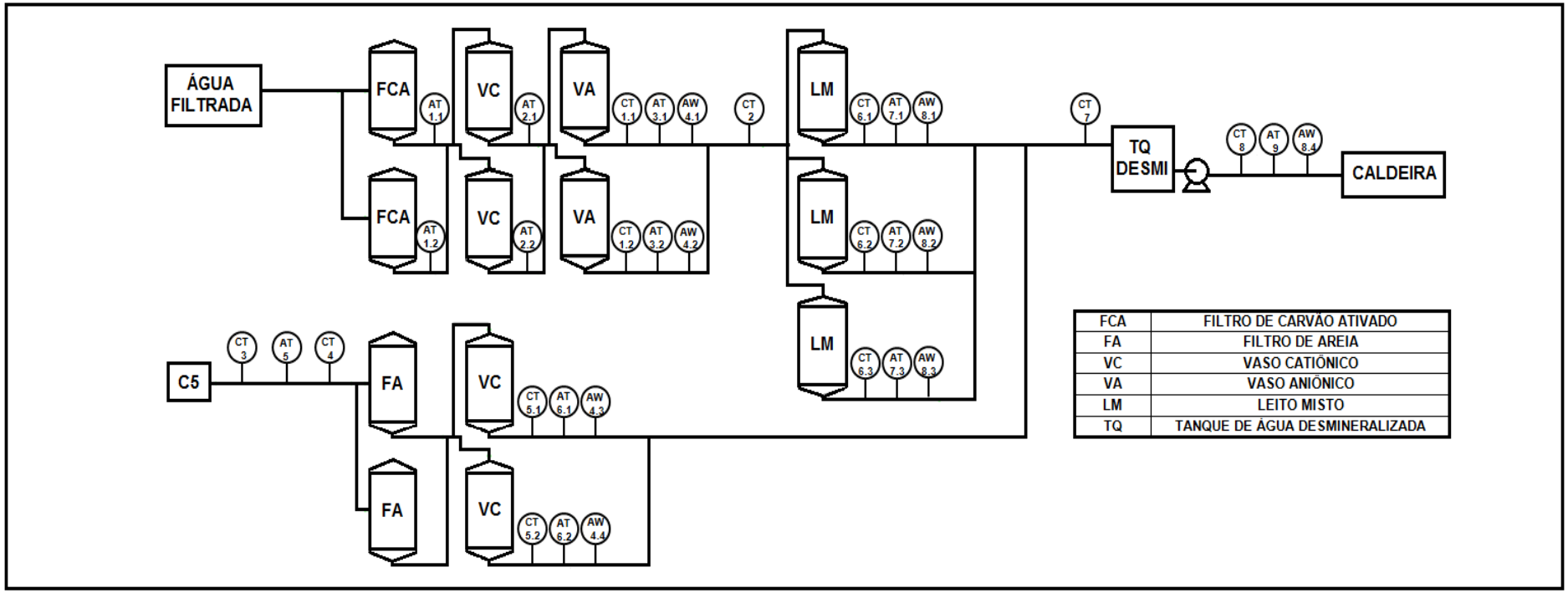


FIGURA 2: SISTEMA DE ÁGUA DE CALDEIRA.
FONTE: OS AUTORES.

Com as informações coletadas durante as visitas realizadas em campo, foram feitos vários estudos e análises dos dados levantados e feito comparações com os problemas ocorridos no passado, onde foi possível identificar a necessidade de melhorias no processo e verificar os pontos fracos do sistema. Os pontos específicos onde foram instalados os analisadores foram determinados de acordo com a necessidade do processo, considerando cada etapa do tratamento até a remoção total dos íons catiônicos e aniônicos da água, conforme demonstrado na figura 3.

Localização física dos analisadores (Geral)



FCA	FILTRO DE CARVÃO ATIVADO
FA	FILTRO DE AREIA
VC	VASO CATIÔNICO
VA	VASO ANIÔNICO
LM	LEITO MISTO
TQ	TANQUE DE ÁGUA DESMINERALIZADA

CT-1.1	Condutividade - água desmineralizada - jusante do ânion "A"
CT-1.2	Condutividade - água desmineralizada - jusante do ânion "B"
CT-2	Condutividade - água desmineralizada - jusante dos ânions "A e B"
CT-3	Condutividade - C5 - montante dos filtros de areia "A" e "B"
CT-4	Condutividade catiônica - C5 - montante dos filtros de areia "A e B"
CT5.1	Condutividade - água desmineralizada - jusante do polimento "A"
CT5.2	Condutividade - água desmineralizada - jusante do polimento "B"
CT-6.1	Condutividade - água desmineralizada - jusante do misto "A"
CT-6.2	Condutividade - água desmineralizada - jusante do misto "B"
CT-6.3	Condutividade - água desmineralizada - jusante do misto "C"
CT-7	Condutividade - água desmineralizada - montante do tanque
CT-8	Condutividade - WBF-10 - descarga da 28-1101

AT-1.1	Cloro livre- água filtrda - jusante do desclorador "A"
AT-1.2	Cloro livre- água filtrda - jusante do desclorador "B"
AT-2.1	pH água desmineralizada - jusante do cation "A"
AT-2.2	pH água desmineralizada - jusante do cation "B"
AT-3.1	pH água desmineralizada - jusante do ânion "A"
AT-3.2	pH água desmineralizada - jusante do ânion "B"
AT-5	Ph - C5 - montante dos filtros de areia "A" e "B"
AT-6.1	pH água desmineralizada - jusante do polimento "A"
AT-6.2	pH água desmineralizada - jusante do polimento "B"
AT-7.1	pH água desmineralizada - jusante do misto "A"
AT-7.2	pH água desmineralizada - jusante do misto "B"
AT-7.3	pH água desmineralizada - jusante do misto "C"

AT-9	pH WBF-10 - descarga da 28-1101
AT-4	Teor de sílica 4 pontos
AW-4.1	Sílica água desmineralizada - jusante do ânion "A"
AW-4.2	Sílica água desmineralizada - jusante do ânion "B"
AW-4.3	Sílica água desmineralizada - jusante do polimento "A"
AW-4.4	Sílica água desmineralizada - jusante do polimento "B"
AT-8	Teor de sílica 4 pontos
AW-8.1	Sílica - WBF-10 - descarga da 28-1101
AW-8.2	Sílica - água desmineralizada - jusante do misto "A"
AW-8.3	Sílica - água desmineralizada - jusante do misto "B"
AW-8.4	Sílica - água desmineralizada - jusante do misto "C"

FIGURA 3: LOCALIZAÇÃO FÍSICA DOS ANALISADORES (GERAL).
FONTE: OS AUTORES.

3.1 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para assegurar o sucesso na execução e controle no processo de instalação dos analisadores, foi utilizado o Ciclo PDCA na elaboração de um planejamento das melhorias que foram constatadas anteriormente com o auxílio do Diagrama de Ishikawa e o 5W2H, acompanhando também as ações que serão realizadas.

Com a utilização do Diagrama de Ishikawa foi possível relacionar todas as causas que potencialmente contribuem para a contaminação da água desmineralizada. Após a aplicação do diagrama de Ishikawa, foram identificadas que a mão de obra e o método são as causas mais prováveis para ocorrência de uma contaminação da água desmineralizada. Com a identificação das causas, algumas ações foram tomadas a fim de evitar que o problema venha ocorrer novamente:

- Em relação às causas relacionadas à “Mão-de-obra”, foram realizados treinamentos no local de trabalho (TLT) para todos os operadores da unidade de desmineralização visando atualizar a equipe em relação a forma de coleta e localização dos pontos de amostras, execução de análises e os procedimentos de regeneração.
- Em relação às causas relacionadas aos “Métodos”, foi sugerida a instalação de analisadores de monitoramento contínuo de forma a melhorar o acompanhamento das variáveis de processo, inserindo analisadores em novos pontos, eliminando a distância entre os monitoramentos analíticos o que modifica e atualiza a rotina de análises e os procedimentos operacionais.
- Além do acompanhamento dos valores das variáveis feito pelo operador de painel existe também um acompanhamento feito pelo operador de campo, onde é preenchido folhas de leitura dos instrumentos que não possuem indicações no sistema de controle digital.

3.2 RESULTADOS

A maior contaminação da água desmineralizada ocorreu em 2014, no entanto, foi um caso esporádico, mas a empresa teve um grande prejuízo devido à sequência de paradas da caldeira ocorridas na sequência devido à corrosão acentuada.

Em relação ao problema de contaminação da água desmineralizada, após as melhorias realizadas, foi verificado que não houve reincidência dos problemas, sendo assim,

entende-se que mesmo não sendo possível mensurar os resultados, o processo ficou muito mais confiável, com o monitoramento rigoroso que está sendo feito atualmente.

Em relação à parte financeira para a implantação do projeto, considerando o valor do investimento e o lucro diário da empresa, foi verificado que o retorno financeiro obtém-se em 6 dias de produção da fábrica conforme demonstrado no Quadro 1.

Produto fabricado	Produção (Toneladas por dia)	Preço de venda (Reais por tonelada)
Ureia	2000	1.280,00
Quantidade (Dias)	**Receita (Reais)**	**Lucro de 20% (Reais)**
1	2.560.000,00	512.000,00
10	25.600.000,00	5.120.000,00
15	38.400.000,00	7.680.000,00
Investimento com analisadores (Reais)	**Lucro diário da empresa (Reais)**	**Retorno Financeiro (Dias)**
2.727.000,00	512.000,00	6

QUADRO 1: RETORNO FINANCEIRO.
FONTE: OS AUTORES.

O gráfico demonstrado nas figuras 4 relaciona o investimento no projeto com o lucro líquido diário da empresa, demonstrando assim a viabilidade financeira para implantação do projeto.



FIGURA 4: COMPARATIVO ENTRE INVESTIMENTO E LUCRO LÍQUIDO.
FONTE: OS AUTORES.

Em relação à frequência de análises, a sílica é a pior situação, por não ter um monitoramento contínuo. Ainda assim, obteve-se um aumento de 400% na quantidade de análises realizadas diariamente. Os outros parâmetros como pH, condutividade e cloro livre o monitoramento passou a ser contínuo não sendo possível mensurar o ganho.

A instalação de analisadores com monitoramento contínuo em cada etapa do processo de produção de água desmineralizada, possibilitou um acompanhamento rigoroso do tratamento, primeiro pela indicação dos instrumentos através do sistema de controle

digital (SDCD) que é acompanhado pelo operador de painel e segundo pelas indicações nos instrumentos de campo que é acompanhado pelo operador de área.

Referente ao sistema de controle digital (SDCD) foi criada telas de operação para acompanhamento das variáveis de processo que é feito pelo operador de painel utilizando um computador com duplo monitor. O acompanhamento das variáveis de processo realizado pelo operador de painel pode ser feito de duas maneiras diferentes, uma das formas de acompanhar as indicações dos analisadores no SDCD é através de gráficos de tendências, onde as variáveis são verificadas continuamente e caso apresentem alguma tendência de aumento dos seus valores, imediatamente o operador de painel comunica o operador de campo para que se façam as devidas correções no processo.

Outra maneira de acompanhamento das variáveis de processo é através das indicações diretas, onde se consegue observar o fluxograma simplificado do processo e a localização física dos instrumentos em cada etapa do tratamento.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Em resumo foi verificado através de estudos que o sistema de tratamento de água desmineralizada está sujeito a falhas que podem ocasionar perda de produção fazendo com que a empresa venha a ter grandes prejuízos financeiros. Sendo assim, melhorias no sistema foram realizadas para minimizar o risco de contaminação da água aumentando a confiabilidade do sistema e garantindo a continuidade operacional da unidade.

As maiores dificuldades estiveram na busca pelo fornecimento de analisadores que fossem confiáveis e que tivessem um tempo de vida útil longo, de forma a garantir uma boa operação dos analisadores fazendo apenas as manutenções preventivas.

De acordo com os conhecimentos agregados durante os estudos bibliográficos, pode-se concluir que o modelo proposto de acompanhamento analítico funcionou de forma satisfatória, onde as pequenas oscilações dos valores das variáveis são verificadas rapidamente prevenindo qualquer tipo de contaminação que possa ocorrer no sistema, isso foi comprovado com a instalação dos analisadores, o que melhorou muito o controle das variáveis de processo, através das leituras diretas e dos gráficos de tendências que são acompanhados pelo operador de painel via SDCD nas telas de operação.

Os resultados após a implementação das melhorias sugeridas buscaram um acompanhamento rigoroso dos valores das variáveis em cada etapa do processo aumentando assim a confiabilidade da unidade de tratamento de água desmineralizada.

5. REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Microsistema de Dados Hidrometeorológicos - Subsistema de Qualidade de Água,** Agência Nacional de Energia Elétrica - Brasília, 08/02/2000.

ARAUJO, Luis Cesar G. de. **Organização, sistemas e métodos e as modernas ferramentas de gestão organizacional.** 1. ed. – São Paulo: Atlas, 2001.

BATALHA, Mário Otávio. **Introdução à engenharia de produção.** 4. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

BOND, Maria Thereza; Busse, Angela; Pustilnick, Renato. **Qualidade total – o que é e como alcançar.** 1. ed. São Paulo: Intersaberes, 2012.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês).** Nova Lima: INDG, 2004.

CASARIN, Helen de Castro Silva; CASARIN, Samuel José. **Pesquisa científica: da teoria à prática.** 1. ed. - Curitiba: Intersaberes, 2012.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica.** 5 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

DEMING, William Edwards. **Qualidade: a revolução da administração.** Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

JURAN, J. M. **Planejamento para a Qualidade.** 2ª Ed. São Paulo: Pioneira. 1992.

LEHWING, Charles R. **Princípios de tratamento de águas indústrias**. Tradução BUCHARD, Thomas J. Revisão técnica. Drew Produtos Químicos, São Paulo, 1979.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção.** 2. ed. rev., aum. e atual – São Paulo: Saraiva, 2005.

MIERZWA, José Carlos. **O uso racional e o reuso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria – estudo de caso da Kodak Brasileira / José Carlos Mierzwa.** São Paulo, 2002.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações.** 2 ed. rev. e ampl. – São Paulo: Cengage Learning, 2011.

NASCIMENTO, Dinalva Melo do. **Metodologia do trabalho científico: teoria e prática.** 1 ed. – Rio de Janeiro: Forense, 2002.

Norma Regulamentadora Nº 13 (NR-13) - **Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações** - Redação dada pela Portaria MTE Nº594, de 28 de abril de 2014.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** 1 ed. – São Paulo: Atlas, 1989.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 3 ed. – São Paulo: Atlas, 2009.