

**ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CONDENSADO PARA  
REUSO NA ALIMENTAÇÃO DE CALDEIRAS E GERAÇÃO DE ENERGIA  
EM DESTILARIA DE ETANOL**

*Ingrid Lélis Ricarte Cavalcanti<sup>1</sup> (ingrid\_lelis@hotmail.com), Nyara Aschoff Cavalcanti Figueirêdo<sup>1</sup>  
(naschoff@gmail.com)*

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba

**RESUMO**

Este trabalho apresenta o acompanhamento da qualidade da água de reuso de condensado e de demais fontes, usadas no setor de utilidades industriais em uma destilaria de etanol pertencente a usina Japungú Agroindustrial LTDA. A metodologia utilizada parte do mapeamento do processo da estação de tratamento de água (ETA) até a água que passa por processo de condensação em um dos geradores de eletricidade. Estes geradores, apresentaram depósitos de material particulado sólido durante o período de análises, indicando presença de sílica e impurezas na água de geração de vapor vinda da caldeira de alta pressão, o que ocasiona prejuízos ao funcionamento desse sistema, tão importante para das demandas energéticas da empresa. A utilização de águas oriundas de processo de condensação nos próprios geradores é uma fonte muito viável para geração de vapor, por se apresentarem com melhores propriedades para o processo quando analisadas. Portanto, foram realizadas análises físico-químicas e químicas de amostras de água retiradas em pontos críticos do sistema e a caracterização química das ocorrências encontradas nas turbinas para que possíveis causas do problema fossem encontradas. Durante experimentos, foram observadas dentre as fontes estudadas, que todas possuem qualidade físico-química adequadas as desejadas para o processo, mas a água de condensado apresenta parâmetros de dureza total, alcalinidade de hidróxidos e a sílica iguais a 0 (zero) ppm respectivamente. Os parâmetros de cloretos, condutividade e sólidos dissolvidos totais abaixo dos valores respectivos de 7ppm, 22µ S e 12ppm e constando apenas o pH fora da faixa ideal de 10,5 a 11 para a alimentação do sistema de vapor para prevenir problemas de corrosão no interior da caldeira. Desta forma, temos uma água de grande viabilidade na sua reutilização. Podendo gerar economia de água de fontes naturais, produtos químicos empregados no tratamento nas ETA's, resinas e soluções de ácidos e bases para regenerar sistema de desmineralização, proporcionando a maior sustentabilidade e eficiência energética do setor com relação a geração de vapor.

**Palavras-chave:** Água; Reuso; Condensado.

**EVALUATION OF QUALITY OF CONDENSED WATER FOR REUSATION  
IN BOILER FEEDING AND ENERGY GENERATION IN ETHANOL  
DISTILLERY**

**ABSTRACT**

This work presents the monitoring of the quality of condensate reuse water and other sources used in the industrial utilities sector in an ethanol distillery belonging to the Japungú Agroindustrial LTDA plant. The methodology used is part of the process mapping of the water treatment plant (ETA) to the water that passes through the condensation process in one of the electricity generators. These generators presented deposits of solid particulate material during the analysis period, indicating the presence of silica and impurities in the steam generation water coming from the high pressure boiler, which causes damages to the operation of this system, so important for the energy demands of the company. The use of water from the condensation process in the generators themselves is a very viable source for steam generation because it presents better properties for the process when analyzed. Therefore, physical-chemical and chemical analyzes of water samples taken at critical points of the system and the chemical characterization of the occurrences found in the turbines were

[www.firs.institutoventuri.org.br](http://www.firs.institutoventuri.org.br)

performed so that possible causes of the problem could be found. During the experiments, it was observed among the studied sources, that all of them have the appropriate physical-chemical quality as desired for the process, but the condensed water presents parameters of total hardness, alkalinity of hydroxides and silica equal to 0 (zero) ppm respectively. The parameters of chlorides, conductivity and total dissolved solids below the respective values of 7ppm, 22 $\mu$ S and 12ppm, and only the pH outside the ideal range of 10.5 to 11 for the steam system feeding to prevent internal corrosion problems the boiler. In this way, we have a water of great viability in its reuse. It can generate water savings from natural sources, chemicals used in treatment in ETA's, resins and acid and base solutions to regenerate demineralization system, providing the sector with greater sustainability and energy efficiency in relation to steam generation.

**Keywords:** Water; Reuse; Condensed;

## 1. INTRODUÇÃO

A água é considerada a matéria prima mais importante da maior parte das atividades industriais (AL-GHOUTI et al, 2019). Sabendo dessa importância, ela pode representar, quando não devidamente tratada, uma série de inconvenientes como depósitos e incrustações em tubulações e turbinas, ocasionando possíveis perdas de carga, corrosões e consequentes perfurações ou rompimentos em tubulações e equipamentos, comprometendo tanto a qualidade dos processos como a segurança de pessoas envolvidas. Por estes fatos, devem ser levados em consideração os dados experimentais obtidos acerca da qualidade da água para utilização em sistemas de refrigeração ou geração de vapor (DANTAS,1988). As destilarias de etanol geram energia em excesso a partir da produção de vapor em caldeiras, com pressão e temperaturas mais altas do que as necessárias para o uso nos processos produtivos, fato que exige que a água de alimentação não extrapole os padrões de operação determinados de acordo os fatores de classificação dos equipamentos em normas regulamentadoras do setor (NR13, 1978). O vapor pode ser utilizado para acionar turbinas de geradores e fornecer energia elétrica para a indústria. O excedente de energia gerado pode ir para a irrigação, áreas residenciais pertencentes a empresa e/ou vendido a companhias distribuidoras de eletricidade, demonstrando a importância deste processo, que contribui para o sistema elétrico nacional. Para que a água seja considerada adequada para produção de vapor em caldeiras de alta pressão (42kgf/cm<sup>2</sup>), como a que existe na destilaria estudada, a grande preocupação é manter o alto grau de pureza da água de alimentação e também do reuso de condensado (AL-GHOUTI et al, 2019; DANTAS,1988). O condensado por já passar por um processo anterior de vaporização, resulta em um maior grau de pureza quando retorna ao estado líquido, deixando de carregar a maioria dos sólidos dissolvidos da sua massa de água de origem. Porém para a água de alimentação desta classificação de caldeira deve haver um cuidado especial em relação ao sódio e a sílica, este último sendo um dos poucos elementos que são volatilizados no processo de vaporização a alta pressão, podendo chegar a se depositar nas turbinas de geradores de energia elétrica, turbinas de acionamento de máquinas e tubulações adjacentes (DE CARLI, 1995). Todas as fontes de águas naturais, em geral, contêm gases dissolvidos retirados da atmosfera, especialmente CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, compostos minerais, destacando-se carbonatos, sulfatos e cloretos de cálcio, magnésio, sódio, e a sílica, encontrada na forma coloidal ou combinada com bases alcalino-terrosas. Nas águas de superfície destacamos ainda substâncias orgânicas, das mais variadas origens e partículas em suspensão, podendo ser minerais ou orgânicas (DE CARLI, 1995). Estes compostos influenciam em níveis de pH, condutividade, salinidade, dureza, alcalinidade, acidez, oxigênio dissolvido, cloretos, sólidos dissolvidos e cloro, que é adicionado comumente durante o tratamento da água (DANTAS, 1988).

A usina tem seu próprio tratamento d' água tanto para consumo humano quanto para suprir as necessidades do processo da caldeira, condensadores, refeedores, sistema de lavagem de cana, torres de resfriamento e etc. A água utilizada no tratamento, tem captação em um rio na propriedade e também em um açude que pertence a Japungú Agroindustrial LTDA, ela passa por um sistema de grades que impede a entrada de elementos macroscópicos grosseiros no sistema, como folhas, animais, etc. Parte das partículas está em suspensão fina, em solução, ou estado coloidal e por ter

dimensões muito reduzidas, não se depositam, dificultando a remoção, portanto a empresa determina que a água tem de passar pelo processo de coagulação e floculação. A coagulação visa aglomerar partículas, aumentando o seu volume e peso, permitindo que a gravidade possa agir, isso é feito através da adição sulfato de alumínio, hidróxido de sódio e polímeros. Também é adicionado cloro a água visando torná-la potável, diminuindo a quantidade de microrganismos que podem estar contidos na mesma e a deposição de matéria orgânica no sistema de tratamento. O cloro é usado na água em forma de hipoclorito de sódio, onde é indicado que após a passagem pelo sistema de carvão ativado deve-se obter ausência de cloro na água do sistema, pois se houver e ela passar pelo processo de desmineralização, a presença de íons de cloro neste sistema pode causar o fenômeno de envenenamento das resinas de troca iônica, piorando consideravelmente, os padrões da água para produção de vapor (DE CARLI, 1995; DANTAS 1988; GOMIDE, 1988). A água passa então para um decantador, cujo objetivo é facilitar o depósito dos flóculos por gravidade, para que então sejam removidos e depois poder ser filtrada. A etapa de desmineralização da água é de extrema importância para o funcionamento seguro da caldeira e a empresa possui dois sistemas disponíveis. Subsequente a etapa de desmineralização, há o abastecimento do sistema de alimentação da caldeira, passando pelo desaerador. Por isto tem-se diversos pontos deste processo até a geração de energia que são de extrema importância para o monitoramento da qualidade da água. Desta forma pode-se notar que a quantidade de recursos para um tratamento de água adequado para caldeiras e processo são bastante elevados. Assim, a reutilização de condensados em caldeiras e sistemas de distribuição de vapor pode proporcionar economia de água e energia, pois os condensados quentes precisam de menos energia para reaquecer. Isso também reduz os custos operacionais, reduzindo a quantidade de produtos químicos e água de reposição exigida pela caldeira (SU *et al.*, 2009). Se uma água de alimentação de alta pureza for alcançada, a frequência de purga e a possibilidade de incrustação e / ou corrosão serão reduzidas (PORT *et al.*, 2012). Como resultado, a eficiência e a vida útil de equipamentos serão melhoradas. Assim, a fim de manter essas propriedades, a qualidade da água em termos de condutividade, pH, dureza e matéria orgânica deve ser garantida. A presença de sólidos dissolvidos dentro da caldeira pode eventualmente causar deposição, levando à formação de incrustações e pode resultar em superaquecimento localizado. Além disso, a dureza é outro fator relacionado às incrustações. Valores baixos ou altos de pH podem causar corrosão ou aumentar o potencial de escalonamento. Substâncias orgânicas podem se decompor para formar ácido carbônico, alterando assim o pH e causando problemas ou depósitos corrosivos e levando à formação de espumas e o problema de arraste (SUÁREZ; RIERA, 2015).

Portanto, neste trabalho foram realizadas análises físico-químicas de amostras de água do sistema da estação de tratamento de água (ETA), de pontos do processo de geração de vapor e da água do processo de condensação dos geradores de eletricidade, sistema que gera maiores prejuízos quando afetado pela qualidade da água fora dos padrões de trabalho. Houve também a caracterização química de depósitos presentes em turbinas dos geradores para determinar as maiores fontes causadoras deste problema, visando a prevenção de paradas do sistema durante o período de safra pelo mesmo motivo.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo geral do trabalho foi analisar a qualidade físico-química água de condensado proveniente da geração de energia, e comparar com as demais fontes em pontos críticos do tratamento de água do processo de geração de vapor, com o intuito de mostrar viabilidade da ampliação do seu uso para este fim.

## **3. METODOLOGIA**

O estudo foi realizado nas dependências da destilaria Japungú Agroindustrial LTDA, localizada no município de Santa Rita, Paraíba. E seguiu-se as seguintes etapas para a coleta das amostras:

- Foram realizadas coletas de dados de resultados de Análise do Laboratório Industrial (LABIN) da empresa, estes foram referentes ao período de 11 a 19 de abril de 2018.
- Foram coletadas 5 amostras ao longo de cada dia, com o intervalo de coleta de 4 horas a partir das 04h da manhã às 20h da noite. A amostra de depósito de material sólido nas turbinas do gerador de eletricidade a vapor foi coletada durante parada para manutenção no dia 01 de maio, após as coletas de amostra de água.
- O material sólido depositado passou por raspagem com espátula de inox com cuidado para que não fosse danificado o metal constituinte da turbina.

Na referida indústria as principais atividades da unidade são a produção de etanol e energia. O problema de parada dos geradores com ocorrência de depósitos é recorrente ao longo dos anos de operação da planta, representando prejuízos significativos. Os geradores de contrapressão e condensação, têm capacidade de geração de 12MW cada, mas a partir da metade da safra apresentam dificuldade em suprir a geração de no pelo menos 9MW, aumentando consideravelmente o consumo de vapor, causando queda na produção de energia e, conseqüentemente, maior consumo de água bruta para suprir esta necessidade.

O plano de coleta de amostras de água foi efetivado em pontos importantes para diagnóstico do sistema de tratamento da água de alimentação da caldeira da empresa: água bruta, vinda da fonte primária de obtenção de água superficial na propriedade da empresa; água que passou por processo de decantação na ETA (decantada); filtrada por carvão ativado na ETA (filtrada); do processo de desmineralização (desmineralizada); após o processo de desaeração que resulta na água que alimenta a caldeira (alimentação); contida no vaso de geração de vapor (balão superior); condensada no gerador de eletricidade(condensado).

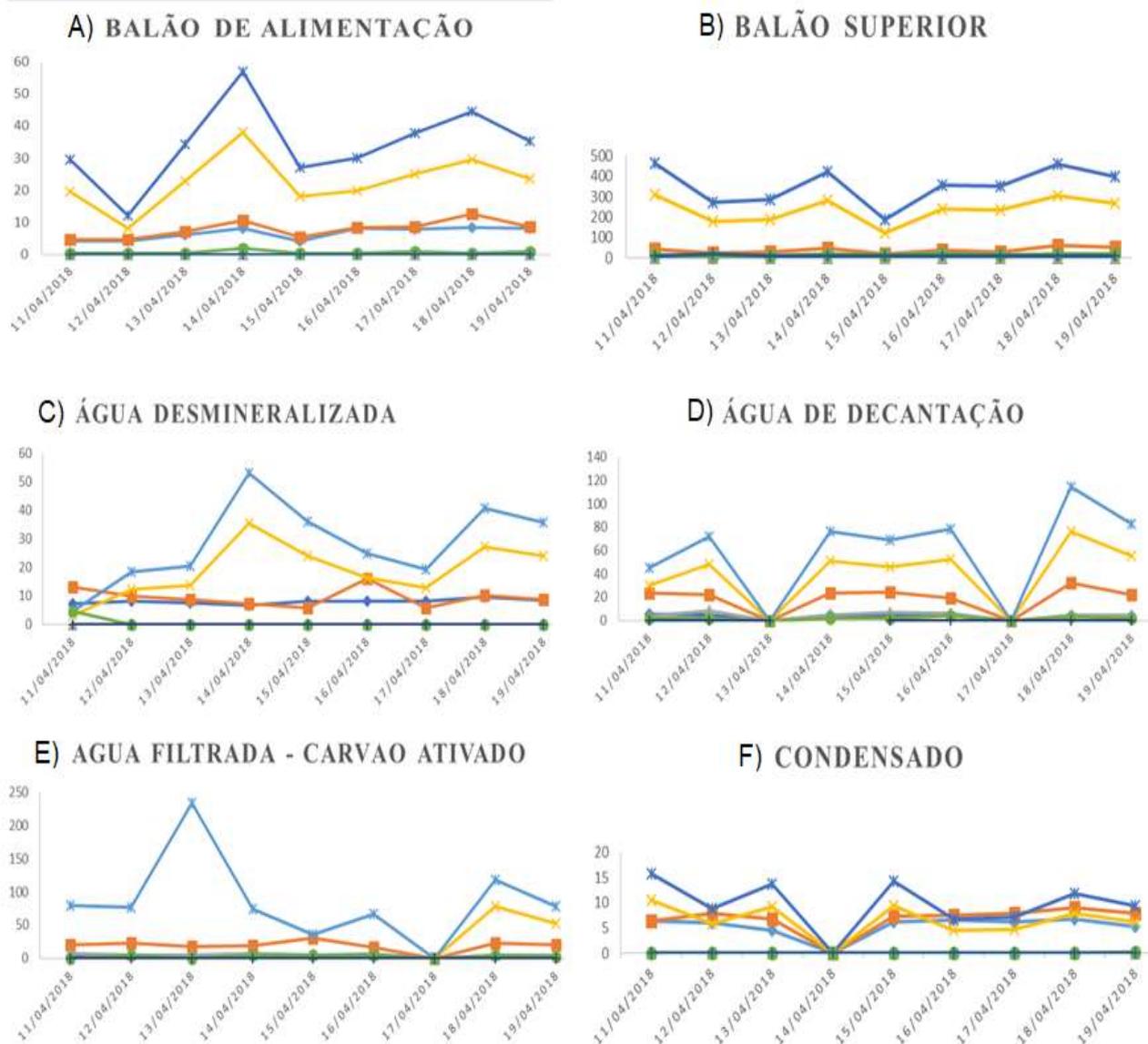
O pó advindo de depósito na turbina foi extraído por raspagem e encaminhado para o laboratório de Solidificação Rápida da Universidade Federal da Paraíba, onde foi submetido a análise de Fluorescência de Raios X(FRX), com o objetivo de identificar os constituintes químicos presentes na amostra sólida e quantificá-los. A análise de teor de sílica nas amostras de água foram realizadas no Laboratório Industrial (LABIN).

As análises foram feitas em espectrofotômetro do modelo FEMTO Cirrus® 60 AS, e os resultados das análises são expressos em ppm de sílica na amostra. As análises de alcalinidade em teores de hidróxido (ppm), dureza total (ppm) e cloretos total (ppm), foram realizadas por titulometria com metodologia descrita em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 2012, no LABIN. O parâmetro de condutividade foi feito em condutímetro MS TECNOPON do modelo mCA 150. O parâmetro de sólidos dissolvidos totais pode ser encontrado dividindo-se por 2/3 o valor da condutividade obtida para cada amostra segundo metodologia descrita em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 2012.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As análises físico-químicas e químicas de amostras de água recolhidas dos dados dos relatórios gerados no laboratório industrial (LABIN) são mostrados nos gráficos exibidos na Figura 1 (a,b,c,d,e) e f) para cada fonte de água discriminada na metodologia adotada, com uma média diária para cada parâmetro seguida de suas unidades de pH, cloretos totais, dureza total, sólidos dissolvidos totais (SDT), condutividade, sílica total e Alcalinidade de hidróxidos.

**Figura 1.** Resultados diários de análises de água. a) do balão de alimentação da caldeira. b) do balão superior da caldeira. c) do condensado do gerador. d) da água que passou pelo processo de decantação. e) da água filtrada pelo sistema de carvão ativado. f) da água que passou por processo de desmineralização durante o período estudado.



Os resultados demonstram que diante de todas as fontes de água desde o tratamento até a alimentação da caldeira a água proveniente do processo de condensação no gerador estudado, Figura 1 f) tem os valores mais adequados para todos os parâmetros segundo literatura consultada (DE CARLI, 1995).

As condições destas águas devem assegurar que a sua qualidade atenda às características exigidas para as caldeiras a vapor de 42kg/cm<sup>2</sup> de pressão de operação. Uma vez que esta condição seja cumprida, outros fatores, as condições do processo (temperatura e pressão) podem ser suficientes e não muito distantes dos valores ótimos para o equipamento.

A condutividade é a capacidade que uma solução possui de permitir a condução de corrente elétrica, medida em  $\mu\text{S}$ , ou seja, é medida a condutância da amostra, portanto quanto maior o valor deste parâmetro, maior é a quantidade de íons dissolvidos na mesma.

Os sólidos dissolvidos (SDT) totais analisados são os que permanecem na água após filtração. Os valores limites de referência para a condutividade, SDT e alcalinidade de hidróxidos, são de 500  $\mu\text{S}$ , 333 ppm e 40 ppm, respectivamente, valores utilizados na empresa, para águas presentes no balão superior da caldeira, o que foge de parâmetros consultados pela literatura que admitem valores muito mais altos, como o guia publicado pela Nalco Chemical Company (ROBERT D, 2012) ou (ABCO INDUSTRIES, 2003).

O pH é o potencial hidrogeniônico da água e na maioria das águas naturais está situado entre 6,5 e 8,5, sendo principalmente devido a quantidade de gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água. Quando se tem água pura, apresentando a 20°C um pH em torno de 7, ao sofrer elevação de temperatura, o valor do pH tende a diminuir ocasionando um ataque lento ao ferro presente no material da caldeira, portanto é recomendado que o pH esteja na faixa de 10,5 e 11 a temperatura ambiente, para que no interior do balão superior da caldeira ele chegue próximo a 9,0 (DE CARLI, 1995).

A análise de alcalinidade mede o grau ou quantidade de álcali presente na análise da água, representa os carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos e ocasionalmente os boratos, silicatos e fosfatos presentes (ASME, 2015). O valor recomendado para a faixa de trabalho da caldeira estudada é de 40ppm de alcalinidade de hidróxidos (ABCO INDUSTRIES, 2003), mas a empresa procura manter este valor em torno de 20ppm na água do balão superior.

A dureza total analisada se refere ao efeito causado pela presença dos íons de cálcio, magnésio, ferro, alumínio, estrôncio, bário e manganês. Em casos normais, apenas os dois primeiros íons têm importância relevante, portanto o resultado da análise é expresso em quantidades de cálcio e magnésio na água (DE CARLI, 1995), sendo o alto valor de dureza, muitas vezes responsável por causas de incrustações em tubulações. Um fator que chama a atenção é o valor de condutividade com relação ao valor de cloretos totais, uma vez que a dependência desses dois parâmetros é de forma direta, nos resultados, pois à medida que um cresce o outro tende a aumentar seu valor.

Um fator adicional que pode ser percebido é a constância do aparecimento de sílica nas amostras analisadas. A concentração de sílica na água da caldeira deve ser tanto menor quanto maior for a pressão de operação da caldeira, devendo-se evitar a sua presença no vapor, o que ocorre por arraste, volatilização ou dissolução no vapor, porque ela é uma grande responsável pelas incrustações que ocorrem no circuito de vapor e depósitos em turbinas. A solubilidade da sílica no vapor saturado, diminui com o aumento do pH e aumenta com o valor da pressão, podendo também aumentar quando existir a presença de sílica sólida ou silicato de sódio e com o grau de superaquecimento do vapor (DE CARLI, 1995). Segundo ROBERT D, (2012), o range de concentração de sílica na água de alimentação da caldeira deveria estar na faixa de 1,3 a 2,5 ppm, porém os valores obtidos em análise das amostras são por vezes, superiores a este range recomendado. Já DE CARLI (1995), afirma que este valor pode chegar a 20ppm para uma caldeira de 42kgf/cm<sup>2</sup> de pressão.

De fato, a análise do depósito de material sólido nas turbinas do gerador de eletricidade a vapor pode ser vista na Tabela 1, onde são mostrados os valores quantitativos e os elementos que foram encontrados por análise de fluorescência de raios X (FRX).

**Tabela 1.** Resultado da análise de FRX dos depósitos encontrados no gerador

<b>Analito</b>	<b>Quantitativo (% na amostra)</b>
SiO <sub>2</sub>	95,4171
Na <sub>2</sub> O	2,0403
Cl	1,0214
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,9675
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2226
SO <sub>3</sub>	0,1238
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09
CaO	0,0532
Br	0,0448
CuO	0,0193

A análise de FRX realizada identificou que os componentes existentes no material de depósito sólido nas turbinas do gerador são ricos principalmente em sílica presente como dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>), contendo ainda traços relevantes de óxido de sódio (Na<sub>2</sub>O), que em contato com água resulta em hidróxido de sódio, havendo também entre os três elementos mais relevantes o cloro em sua forma livre para reagir (Cl<sup>-</sup>).

Este fato indica que mesmo as águas coletadas para este estudo apresentando bons resultados para os seus parâmetros de qualidade segundo as bibliografias consultadas, deve haver um controle ainda mais rígido principalmente com relação a concentração de sílica em todas as etapas. A água proveniente de condensado apresentou os melhores valores com relação a todos os parâmetros analisados, de dureza total, alcalinidade de hidróxidos e sílica iguais a 0 (zero) ppm respectivamente.

Já os parâmetros de cloretos, condutividade e sólidos dissolvidos totais mantiveram-se abaixo dos valores respectivos de 7ppm, 22 $\mu$  S e 12ppm. Estando apenas o pH fora da faixa ideal, porém sendo um fator de fácil solução. Portanto, há a confirmação da importância uso da água derivada de condensado para água de geração de vapor em caldeiras de pressão de 42kgf/cm<sup>2</sup>.

## **5. CONCLUSÃO**

O reuso da água de condensados de geradores de eletricidade a vapor e demais fontes, podem ser considerados como contendo baixos níveis de impurezas, apresentando um nível interessante de homogeneidade, o que facilita o seu tratamento como um todo. As análises de água de condensados tratados neste artigo preenchem as características de águas para serem reutilizados em caldeiras. Assim, a recomendação geral é caracterizar cada condensado, tratá-los em conjunto com a água de alimentação da caldeira, se necessário, para utilização na geração de vapor mais puro. Pois sob condições controladas de pressão e temperatura é permitido a produção de condensados de alta qualidade com o tratamento de água adequado para reposição. Sendo a dureza total, a alcalinidade de hidróxidos e a sílica iguais a 0 (zero) ppm respectivamente na água de condensado. Os parâmetros de cloretos, condutividade e sólidos dissolvidos totais abaixo dos valores respectivos de 7ppm, 22 $\mu$  S e 12ppm e constando apenas o pH fora da faixa ideal de 10,5 a 11 para a alimentação do sistema de vapor para prevenir problemas de corrosão no interior da caldeira, demonstrando uma água de grande viabilidade na sua reutilização. Isto significa, quando empregada em proporções totais em seu reuso, formando um circuito quase fechado de água apenas com uma reposição para compensar perdas de produção de vapor no interior da caldeira e o vapor empregado no processo de produção de etanol na destilaria estudada, pode gerar a economia de água bruta, produtos químicos empregados no tratamento nas ETA's, resinas e soluções de ácidos e bases para regenerar sistema de desmineralização, proporcionando a maior sustentabilidade e eficiência energética do setor com relação a geração de vapor.

## REFERÊNCIAS

- PORT, Robert D.; HERRO, Harvey M. The Nalco Guide to Boiler Failure Analysis. 3. ed. New York: Mc Graw Hill, 2012.
- GOMIDE, R. Operações Unitárias IV. 1 ed. São Paulo, SP, 1988.
- DE CARLI, R.A. Tratamento de Água para Caldeira. 1 ed. Edições Bagaço, Recife, 1995.
- DANTAS, E. Geração de Vapor e Água de Refrigeração. 1ed. Editora Vozes. Petrópolis. RJ, 1988.
- CESAN. Apostila de Tratamento de água. 2016. Disponível em: <[http://www.cesan.com.br/wpcontent/uploads/2013/08/APOSTILA\\_DE\\_TRATAMENTO\\_DE\\_AGUA-.pdf](http://www.cesan.com.br/wpcontent/uploads/2013/08/APOSTILA_DE_TRATAMENTO_DE_AGUA-.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2018.
- AL-GHOUTI, M. A.; AL-KAABI, M. A.; ASHFAQ, M. Y.; ADEL, D. Journal of Water Process Engineering Produced water characteristics , treatment and reuse : A review. **Journal of Water Process Engineering**, v. 28, n. February, p. 222–239, 2019.
- ENGINEERS, T. A. S. O. M. ASME Boiler and Pressure Vessel Code An International Code. In: [s.l: s.n.]
- HOSEINPOUR, S.; MADHI, M.; NOROUZI, H.; SOLTANI, B.; MOHAMMADI, A. H. Journal of Natural Gas Science and Engineering Condensate blockage alleviation around gas-condensate producing wells using wettability alteration. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, v. 62, n. February 2018, p. 214–223, 2019.
- INDUSTRIES, A. **Industrial Boilers and Heat Recovery Steam Generators**. Marcel Dek ed. [s.l: s.n.]
- RAHIMZADEH, A.; BAZARGAN, M.; DARVISHI, R. Journal of Natural Gas Science and Engineering Condensate blockage study in gas condensate reservoir. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, v. 33, p. 634–643, 2016.
- SU, E.; LOBO, A.; ALVAREZ, S.; RIERA, F. A.; ALVAREZ, R.; JULI, C. Demineralization of whey and milk ultra fi ltration permeate by means of nano fi ltration. v. 241, n. September 2007, p. 2–6, 2009.
- SUÁREZ, A.; RIERA, F. A. Journal of Industrial and Engineering Chemistry Production of high-quality water by reverse osmosis of milk dairy condensates. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 21, p. 1340–1349, 2015.