

# BALANÇO HÍDRICO, CARACTERIZAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA DE COLUNAS BAROMÉTRICAS NA INDÚSTRIA SUCRO-ALCOOLEIRA - ESTUDO DE CASO -

Pimentel, I. M. C.<sup>1</sup>; Callado, N. H.<sup>2</sup>; Pedrosa, V. A.<sup>3</sup>;  
Torquato Jr, H.<sup>4</sup>; Menezes, A. C. V.<sup>5</sup> & Omena, S. P. F<sup>6</sup>

**Resumo** – Este artigo resalta a importância do reúso da água tanto no setor industrial na quanto na gestão dos recursos hídricos, enfatizando a indústria sucro-alcooleira, que no estado de Alagoas tem papel fundamental na economia e é um usuário intensivo de água, na irrigação e na indústria. É também o setor com maior capacidade de investimento e racionalização de uso de água, além de ser um potencial poluidor dos corpos d'água. O objetivo deste trabalho foi quantificar a demanda hídrica e avaliar a qualidade das águas utilizadas nos condensadores barométricos da Usina, uma das etapas de maior demanda de água no processo produtivo, para verificar a possibilidade de redução no consumo e seu reúso. Foi constatado que o circuito de água que alimenta as barométricas é semi-fechado, com necessidade hídrica de 28,46 m<sup>3</sup>/TC e reposição de água bruta correspondente a 26% da demanda.

**Abstract** – In this article the importance is salient of reuses it of the water in the industrial sector in the management of the water resources, emphasizing the sucro-alcooleira industry, that in the state of Alagoas has basic paper in the economy and is an intensive water user, as much in the irrigation, how much in the industry. However, it is in the region, the sector with bigger capacity of investment and rationalization of water use, besides being a polluting potential of the water bodies. The objective of this work was to quantify the water demand and to characterize waters used in the barometric condensers of the S.A. Usina Coruripe de Alcohol, being been one of the stages of bigger water demand in the productive process, verifying the possibility of reduction in the consumption and, consequently, its I reuse. It was evidenced that the water circuit that feeds the

---

<sup>1</sup> Bolsista de iniciação tecnológica industrial, graduanda em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Campus A.C. Simões, Tabuleiro do Martins, Maceió-AL. 57072-970, tel. (82) 214-1286, [pcmi@uol.com.br](mailto:pcmi@uol.com.br)

<sup>2</sup> Professora do Departamento de Construção Civil e Transportes / CTEC / UFAL [nhc@ctec.ufal.br](mailto:nhc@ctec.ufal.br)

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Águas e Energia / CTEC / UFAL; [vpedrosa@ctec.ufal.br](mailto:vpedrosa@ctec.ufal.br)

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL [htjr@hotmail.com](mailto:htjr@hotmail.com)

<sup>5</sup> Graduanda em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL [sylviapfo04@hotmail.com](mailto:sylviapfo04@hotmail.com)

<sup>6</sup> Graduanda em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL [alinecvm@bol.com.br](mailto:alinecvm@bol.com.br)

barometries is half-closed, with water necessity of 28,46 m<sup>3</sup>/TC and corresponding rude water replacement 26% of the demand.

**Palavras-Chave** – Reuso de água na indústria; Balanço hídrico; Condensadores barométricos.

## **INTRODUÇÃO**

Em âmbito mundial, o volume de água doce estocado nos mananciais subterrâneos do planeta é estimado, atualmente, em 10,5 milhões de quilômetros cúbicos, ZIMBRES 2004. Isto é, desconsiderando a parcela congelada (cerca de 68,7% da água doce), 98% da água doce disponível encontra-se nos poros e fissuras milimétricas do subsolo de continentes e ilhas da Terra.

Para se compreender a importância desta fonte de água, deve-se também ter em vista o estado dinâmico da hidrosfera e o lugar da água subterrânea no ciclo hidrológico como corpo mantenedor do fluxo dos rios e dos níveis de lagos, açudes e pantanais. Se em cerca de 90% do território brasileiro os rios são perenes, ZIMBRES 2004, é graças ao escoamento de base, ou seja, aos depósitos subterrâneos que recebem a parcela infiltrada da água meteórica e fazem o trabalho de regularizador de vazão nutrindo os corpos d'água superficiais ao longo do tempo.

O reuso da água implica em uma menor necessidade de captação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, bem como em uma menor geração de efluentes, constituindo-se, portanto, em uma estratégia eficaz para a conservação desse recurso natural, em seus aspectos qualitativos e quantitativos. LUCAS FILHO et al (2002) comentam que em regiões áridas e semi-áridas do Nordeste, nas quais a água é fator limitante, a disponibilidade hídrica se constitui obstáculo importante ao seu desenvolvimento, torna-se, assim, inevitável a tendência crescente para o reúso planejado de águas residuárias na agricultura, como forma de dinamizar a produção através do uso de novas técnicas e recursos.

Além da crescente escassez dos recursos hídricos, particularmente provocada pelo advento da irrigação, que impôs a necessidade da busca pela minimização do uso da água, a política Nacional de Recursos Hídricos, com seus instrumentos de outorga, enquadramento, e planos de recursos hídricos, aliado ao instituto dos comitês de bacias hidrográficas, têm forçado todo o setor produtivo a minimizar seus consumos hídricos.

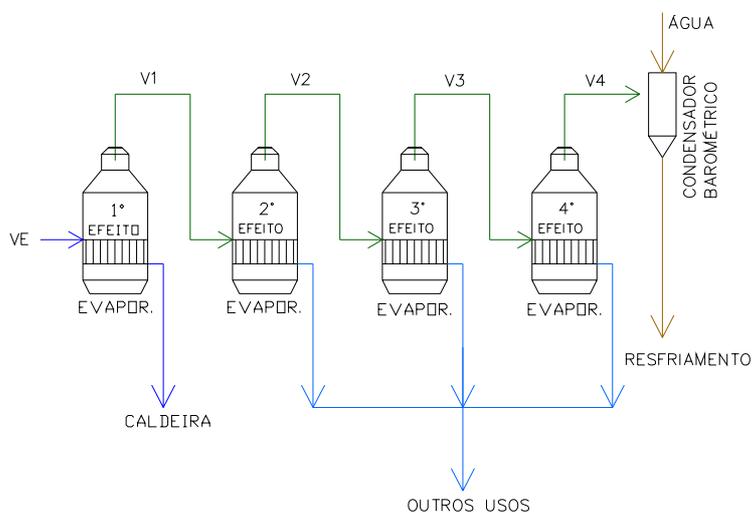
Com relação às indústrias sucro-alcooleiras, o Brasil é atualmente o maior e mais eficiente produtor de açúcar do mundo, produzindo quase 300 milhões de toneladas por ano. Aproximadamente, 45% da cana brasileira é utilizada para produção de açúcar. Além do açúcar, há a importante produção de álcool, com cerca de 55% da cana brasileira (UNICA, 2003), há também a co-geração de energia a partir do bagaço da cana e, mais recentemente, o canavial como um

potente fixador de carbono. Há no Brasil quase 400 indústrias de açúcar e álcool que geram 1.000.000 empregos diretos e indiretos em todo o país.

Em 1960, a Região Norte/Nordeste participava com 37,5% da produção total do Brasil e, em 1999, essa participação passou a ser de 14%. Esta queda de produção é atribuída ao incentivo ocorrido, principalmente na região Centro/Sul, para expansão das áreas agricultáveis com a cultura da cana-de-açúcar. O Estado de São Paulo que, em 1960, participava com 43,8% da produção total, chegou a representar 63,4% na safra 99/00 (ORPLANA 2000).

A agroindústria da cana-de-açúcar é um usuário intensivo de água, tanto na irrigação, quanto na indústria. Os consumos variam entre 2 a 20 metros cúbicos de água para cada tonelada de cana esmagada. Entre as atividades que mais consomem água estão a lavagem da cana e os condensadores barométricos, equipamentos integrantes do processo de produção de açúcar.

Na fabricação do açúcar, para que ocorra a cristalização da sacarose, é necessário que se efetue a remoção da maior fração da água contida no caldo clarificado. Essa remoção é feita em duas etapas usando-se evaporadores aquecidos a vapor. Na primeira etapa, o caldo é transformado em xarope em evaporadores de múltiplos efeitos (ZARPELON e BRANDÃO, 2004), como ilustrado na Figura 1.



**Figura 1** - Esquema dos evaporadores de múltiplos efeitos.

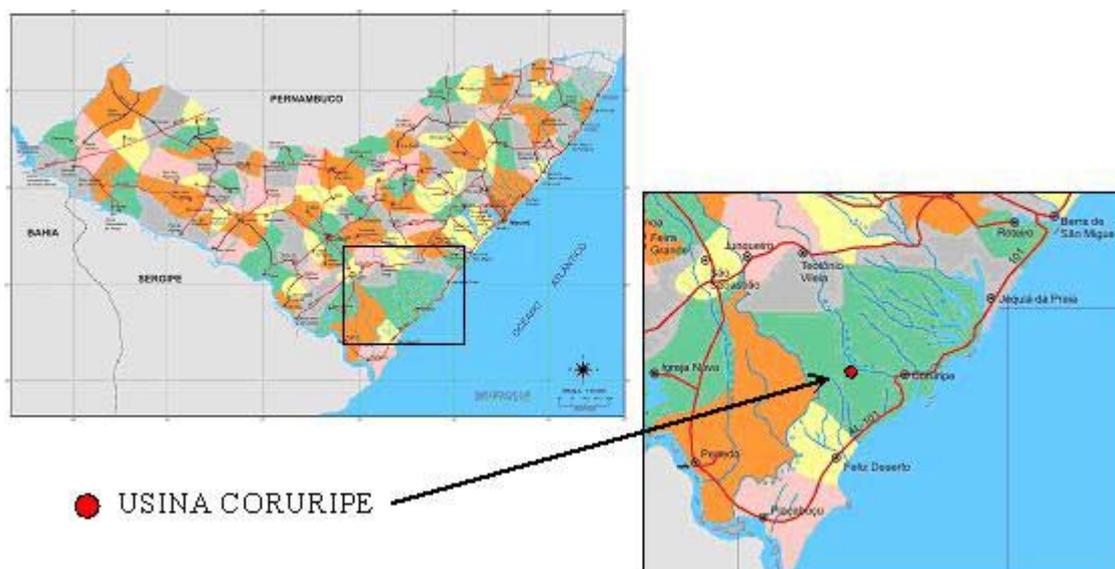
O condensado proveniente da calandra do primeiro efeito é um condensado de vapor de escape (VE), portanto, de alta qualidade, e deve retornar a alimentação das caldeiras. O vapor gerado pelo aquecimento do caldo no primeiro efeito (V1) é utilizado na calandra do segundo efeito, gerando o condensado vegetal. Analogamente o processo é repetido em todos os efeitos subsequentes que forma o evaporador de múltiplo-efeito. No ultimo efeito, os gases desprendidos do caldo em ebulição seguem para um condensador barométrico onde se condensam.

Na segunda etapa de remoção de água, o xarope é convertido em massa cozida, em evaporadores de simples efeito, por batelada, também conhecido por cozedores. Nesses cozedores podem ser aplicados os mesmos princípios do último efeito, onde os gases despreendidos do xarope em cozimento seguem para um condensador barométrico onde se condensam.

Como visto, os condensadores barométricos são responsáveis por condensar o vapor vegetal gerado nos evaporadores e cozedores, em importante etapa do processo de produção de açúcar. Por este motivo, a temperatura da água das barométricas não pode estar elevada, a fim de permitir a troca de calor capaz de condensar o vapor vegetal. Após este processo, esta água deve ser resfriada para reutilização. Portanto, necessário se faz controlar os volumes de água envolvidos neste processo, bem como a temperatura da água, que são parâmetros fundamentais no entendimento das demandas de água (quantidade e qualidade) na indústria sucro-alcooleira.

As águas utilizadas nas colunas barométricas representam demanda considerável e apresentam qualidade superior as demais águas residuárias. Segundo BRAILE, (1979) esses equipamentos gastam cerca de 35L de água para condensar um quilo de vapor, porém, como os gases são em parte incondensáveis, deve-se fornecer de 40 a 50 L de água, o que corresponde a, aproximadamente,  $12\text{m}^3/\text{TC}$ . Poucas usinas possuem dados que representem a qualidade e a quantidade desse tipo de água residuária. Dessa forma, é importante que essa avaliação seja feita, a fim de se observar qual a forma de reuso mais indicada para as mesmas dentro do parque industrial.

A S. A. Usina Coruripe Açúcar e Alcool, objeto desse estudo, está localizada no município de Coruripe no estado de Alagoas (Figura 2) e está inserida na bacia hidrográfica do rio Coruripe, onde foi implantado o primeiro comitê de bacia do estado de Alagoas, do qual a Usina Coruripe é integrante. É importante destacar que parte da água utilizada pela usina em sua operação, especialmente nas colunas barométricas, é proveniente deste manancial. A redução do consumo pode implicar em benefícios econômicos a médio e longo prazo para a indústria, assim como também minimizar a demanda de água superficial, contribuindo para uma maior disponibilidade de recarga dos mananciais de sub-superfície. Daí a necessidade de compatibilizar o desenvolvimento econômico e o uso sustentável dos recursos hídricos.



Fonte: Adaptado de LIMA, (2003). “Mapa Político do Estado de Alagoas”. SERPLAN/AL. 1993.

**Figura 2** - Localização do município de Coruripe e da Usina Coruripe.

## OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é quantificar as demandas hídricas e caracterizar as águas das colunas barométricas de uma indústria sucro-alcooleira, propondo meios de redução no consumo e reúso da água. Para tanto, foram considerados os aspectos físico-químicos e biológicos das águas utilizadas nas colunas barométricas da S.A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool.

## METODOLOGIA

Esse trabalho foi desenvolvido dentro da unidade industrial S.A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool-Matriz, no período da safra de 2003/2004. O princípio metodológico utilizado nesta pesquisa envolveu três ações específicas nas águas das colunas barométricas: identificação do fluxograma, medições de vazões e caracterizações físico-químicas. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA), localizado no Campus A. C. Simões/UFAL, na cidade de Maceió/AL, distante 110 km da Usina Coruripe.

### Identificação do fluxograma da água

O levantamento do fluxograma das águas envolvidas no circuito de alimentação das colunas barométricas foi realizado tendo como documento base à planta baixa do parque industrial,

fornecida pela Usina, atualizada em campo durante as visitas técnicas, e registradas com documentação fotográfica.

### **Medições de vazões**

Durante o levantamento do fluxograma foram determinados os pontos de medição de vazão e de coleta de água para análise de qualidade. No caso das colunas barométricas determinou-se 6 pontos de interesse: dois nas linhas de recalque que alimentam as colunas barométricas e lavadores de gases, dois nos canais de recebimento de água das barométricas e dois nos canais de alimentação das elevatórias. As quantificações de vazões foram realizadas de duas formas: medições nos condutos forçados, e nos canais abertos.

As medições de vazão nas tubulações da unidade industrial utilizaram o aparelho medidor de vazão ultrassônico portátil de correlação por tempo de trânsito digital, Modelo DCT-7088 de tempo de trânsito, que opera por meio da medição da diferença de tempo necessário para que ondas sonoras se desloquem entre transdutores montados a jusante e a montante. Com base no tempo de trânsito das duas ondas sonoras. O aparelho registra instantaneamente as medições realizadas em intervalos de tempo definidos pelo usuário. Ao final da medição, tem-se um registro gráfico da vazão, onde é possível obter a vazão média e sua variação, em torno deste valor (IEF, 1996).

As medições de vazões nos canais foram realizadas medindo-se a área molhada através da altura da lâmina líquida, seção do canal, a velocidade média de escoamento, sendo a vazão obtida por meio do uso da equação da continuidade.

### **Caracterização das águas**

Foram coletadas amostras a montante e a jusante das colunas barométricas. As amostras a montante foram coletadas no poço de sucção da elevatória que recalca água para os condensadores, e os de jusante na saída de uma coluna barométrica de um cozedor e de um evaporador. As coletas foram realizadas com periodicidade quinzenal, de outubro de 2003 a abril de 2004.

Em todos os pontos foram realizadas análises de temperatura, pH, DQO, alcalinidade, ácidos voláteis, sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, sólidos sedimentáveis e nitrogênio amoniacal.

As medições de pH, temperatura e OD foram feitas no próprio ponto de coleta, por meio de equipamento de medição portátil que foram levados ao campo para a realização das coletas. De cada ponto selecionado foram coletados 1,5L de amostra, e preservados em gelo.

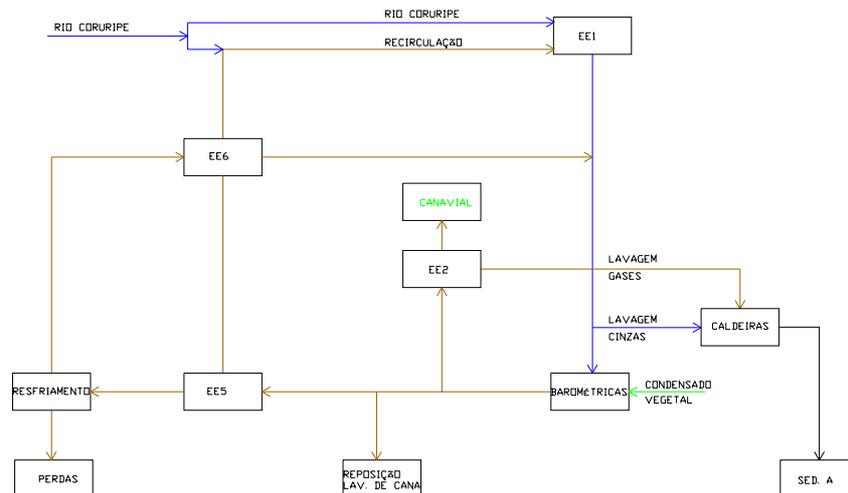
As concentrações de ácidos voláteis foram medidas por titulação direta, segundo métodos descritos por Dilallo & Albertson (1961), e o procedimento descrito por Ripley et al (1986) foi utilizada para as análises de alcalinidade como  $\text{CaCO}_3$ . As demais análises foram realizadas segundo “Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater” (APHA, 1995).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Fluxograma das águas dos condensadores barométricos

As águas que alimentam as colunas barométricas são provenientes de duas elevatórias do bombeamento, uma é a elevatória EE1 que recalca água do Rio Coruripe e água de retorno do sistema de resfriamento (sistema de aspersores, conhecido como Spray) e outra é a EE6 recalca água diretamente do sistema de resfriamento. Além das barométricas essas linhas de recalque enviam água, também, para a lavagem de cinzas das caldeiras.

O vapor do caldo nos dois últimos estágios dos evaporadores e o vapor do xarope dos cozedores, são arrastados e condensados nas colunas barométricas, que descarregam suas águas em um canal subterrâneo. As águas descartadas pelas barométricas saem aquecidas e precisam ser resfriadas. No entanto, nem todo volume de água segue para o resfriamento: uma parcela é encaminhada para reposição de água para lavagem de cana, uma segunda parcela é enviada para a elevatória EE2 de onde uma parte é bombeada para a lavagem de gases das caldeiras e outra extravasa e cai no canal de irrigação do canavial, e a terceira parcela cai dentro do poço de sucção da elevatória EE2, uma parte é bombeada ao sistema de resfriamento e outra extravasa e retorna ao canal de alimentação da elevatória EE1, misturando-se a água do rio Coruripe num circuito semifechado. A Figura 3 apresenta, esquematicamente, o fluxograma das águas utilizadas nos condensadores barométricos da S. A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool.



**Figura 3** - Fluxograma das águas do sistema de alimentação dos condensadores barométricos.

## Balanço hídrico

A partir dos dados de vazões levantados em campo foi possível efetuar o balanço hídrico do sistema de alimentação dos condensadores barométricos, apresentado na Figura 4.

Como descrito anteriormente, a água que alimenta as colunas barométricas é proveniente de duas elevatórias do bombeamento, uma direta do sistema de resfriamento (EE6) com vazão de  $6.888\text{m}^3/\text{h}$ , e outra da captação de água do Rio Coruripe (EE1) misturada com água de recirculação que extravasa do sistema de resfriamento, com vazão de  $9.470\text{m}^3/\text{h}$ .

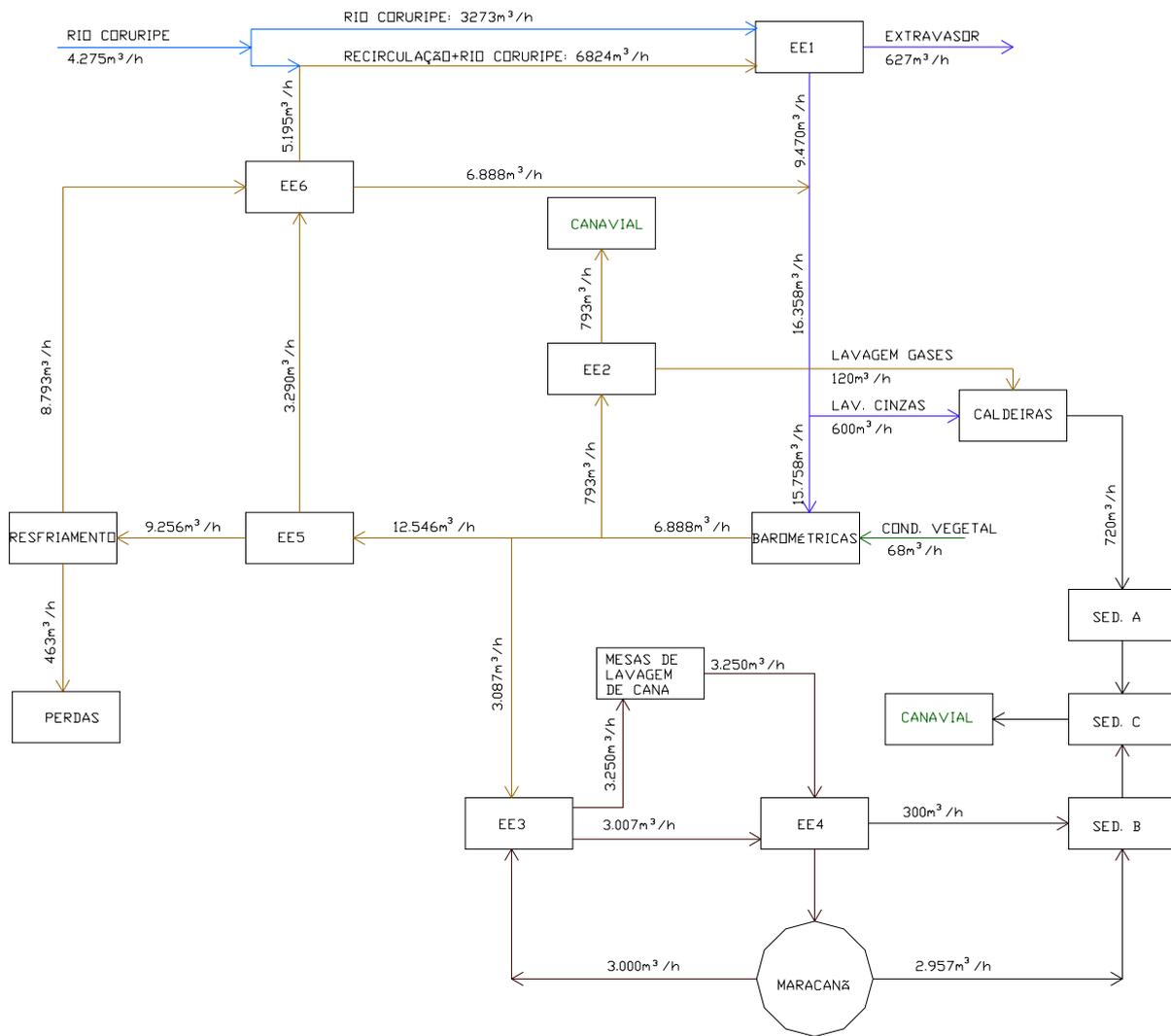
Essa linha de recalque, além das colunas barométricas, fornece água para a lavagem de cinzas das caldeiras com vazão de aproximadamente  $600\text{m}^3/\text{h}$ , cujo efluente cai em uma canaleta de drenagem da usina e é encaminhado a uma lagoa de sedimentação. Já a água das colunas barométricas, é recolhida em outro canal de drenagem, sendo parte conduzida para a reposição da lavagem de cana ( $3.087\text{m}^3/\text{h}$ ), parte para lavagem de cinzas de uma caldeira ( $120\text{m}^3/\text{h}$ ), parte é enviada para o canavial ( $793\text{m}^3/\text{h}$ ), parte é bombeada para o sistema de resfriamento ( $9.256\text{m}^3/\text{h}$ ) e o restante para a EE5 ( $3.290\text{m}^3/\text{h}$ ).

Quanto ao sistema de resfriamento (por aspersão), neste há perdas importantes de água, embora este valor não pôde ser precisamente mensurado. Entretanto, calcula-se pelos dados de vazão obtidos no canal a montante ( $12.546\text{m}^3/\text{h}$ ) e a jusante ( $3.290\text{m}^3/\text{h}$ ) da elevatória do sistema de resfriamento, que retorna ao processo aproximadamente  $8.793\text{m}^3/\text{h}$ , com uma perda que pode chegar até 5%, ou seja, cerca de  $463\text{m}^3/\text{h}$ .

A água resfriada, aproximadamente  $8.793\text{m}^3/\text{h}$ , se junta no poço de sucção da EE5 com a remanescente do canal a montante da elevatória ( $3.290\text{m}^3/\text{h}$ ), que recalca cerca de  $5.195\text{m}^3/\text{h}$  de volta para a indústria, e o excesso, cerca de  $6.824\text{m}^3/\text{h}$ , retorna para o canal de adução do rio Coruripe, reduzindo no mesmo valor a demanda da Usina sobre o manancial.

Dessa forma, fazendo-se um balanço hídrico, estima-se que a demanda de água de alimentação dos condensadores barométricos é de  $15.826\text{m}^3/\text{h}$  e a vazão de reposição desses condensadores, retirada do rio Coruripe, é em torno de  $4.275\text{m}^3/\text{h}$ , correspondendo a 26% da demanda. Existem na Usina Coruripe 15 condensadores, sendo dois de evaporadores e 13 de cozedores, o que resulta numa vazão média por condensador de  $1090,5\text{m}^3/\text{h}$ .

Em outra análise, dividindo esse valor ( $15.826\text{m}^3/\text{h}$ ) pela quantidade de cana moída na safra 2003/2004, na qual foram processadas  $13.795,0\text{TC}/\text{dia}$ , verifica-se que a necessidade hídrica para esse processo é de  $28,46\text{m}^3/\text{TC}$ . Valor alto se comparado com os dados da literatura, que segundo BRAILE, (1979) esses equipamentos, devem fornecer de 40 a 50 litros de água por quilo de vapor, correspondendo à cerca de  $12\text{m}^3/\text{TC}$ .

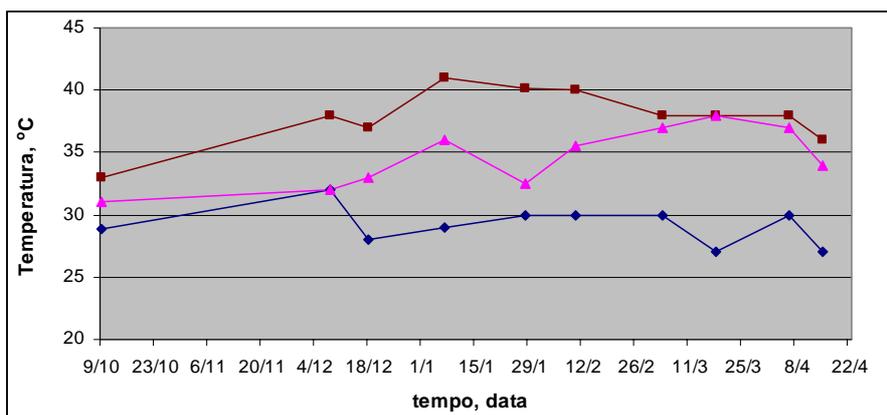


**Figura 4 - Balanço hídrico do sistema de alimentação dos condensadores barométricos.**

### Caracterização das águas

As colunas barométricas são dispositivos hidráulicos, que por diferença de pressão, favorecem a extração de vapores e gases. As águas das colunas barométricas não entram em contato com o caldo contido nos evaporadores e cozedores, mas os vapores exauridos carregam consigo algum açúcar contido no caldo, principalmente sacarose. Nos evaporadores cerca de 80% da água existente no caldo são retirados na forma de vapor e nos cozedores cerca de 14%. Assim, para efeito de comparação foram analisadas, separadamente, águas provenientes de uma coluna barométrica de cozedor e de uma coluna de evaporador.

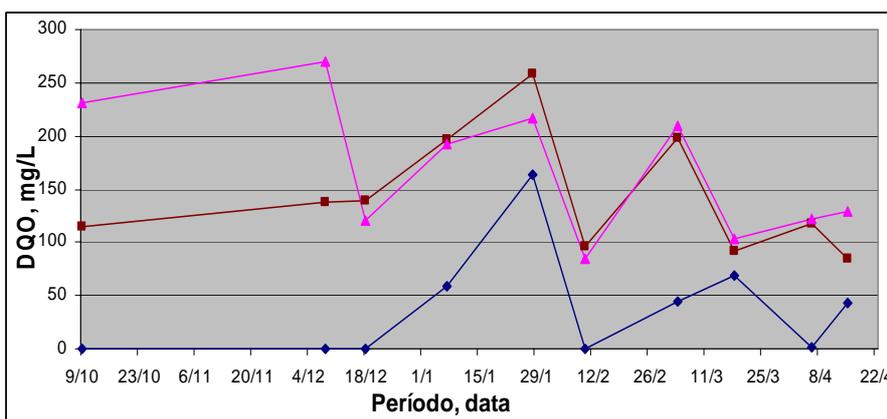
Os dados das análises físico-químicas estão apresentados em gráficos. Observando os resultados contidos no gráfico da figura 5, verifica-se que a temperatura da água que sai das colunas barométricas dos cozedores ( $T_{coz}$ ), são superiores as dos evaporadores ( $T_{evp}$ ), com valores, respectivamente, na faixa de 33°C a 41°C e 31°C a 38°C. Já a temperatura da água que vai alimentar as barométricas é menor, variou de 27°C a 32°C.



Legenda: \_\_\_ cozedores, \_\_\_ evaporadores, \_\_\_ alimentação

**Figura 5** - gráfico da Variação da Temperatura.

Com relação à presença de matéria orgânica medida como DQO, figura 6, essas não apresentaram variação significativas entre as águas da barométrica do evaporados (DQO<sub>evp</sub>) e do cozedor (DQO<sub>coz</sub>), apresentando valores no intervalo de 84mg/L a 270mg/L. No entanto se comparado com os valores da água de alimentação das barométricas, que apresentou DQO variando de 0 a 164 mg/L, observa-se um acréscimo médio de 117 mg/L certamente devido à presença de açúcares dissolvidos carregados pelos vapores. Os maiores valores medidos foram no período chuvoso, sugerindo que a maior DQO observada nesse período seja consequência da deterioração da qualidade da água que alimenta as colunas barométricas, que é proveniente da mistura da água do rio Coruripe com a água proveniente o sistema de resfriamento.

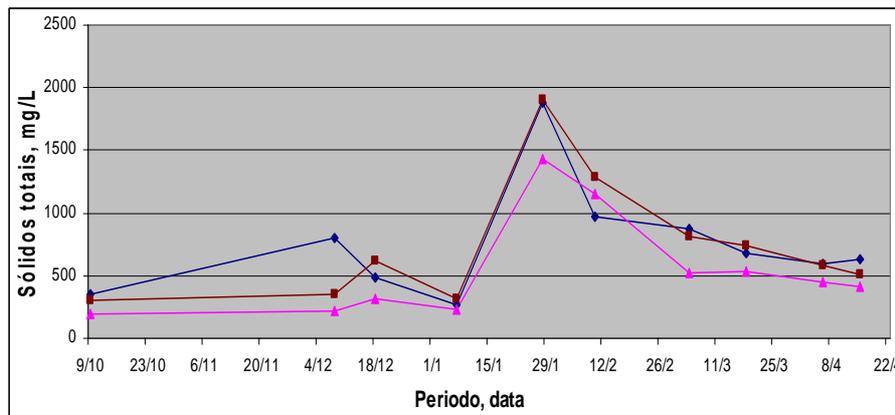


Legenda: \_\_\_ cozedores, \_\_\_ evaporadores, \_\_\_ alimentação

**Figura 6** - gráfico da Variação da DQO

Comportamento semelhante foi observado nos valores de sólidos totais (ST) em ambas colunas barométricas, figura 7, que apresentaram valores entre 310mg/L e 960mg/L, aumentando para o patamar de 2000mg/L no final de janeiro, quando foi observado que os ST da água do rio

Coruripe também aumentou consideravelmente. De maneira geral, verifica-se que esse parâmetro acompanhou a variação da concentração presente na água de alimentação dos condensadores.

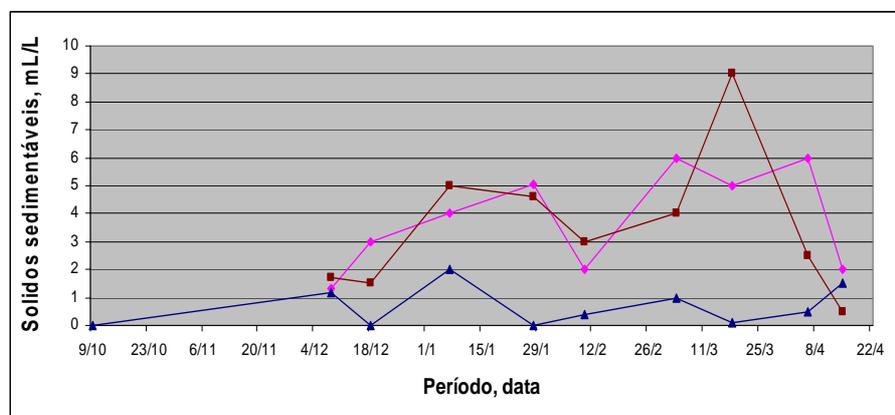


Legenda: — cozedores, — evaporadores, — alimentação

**Figura 7** - gráfico da Variação de Sólidos Totais

Nos valores de sólidos fixos (SFcoz), e voláteis (SVcoz), dos cozedores não apresentaram uma correlação em suas porcentagens, variando, respectivamente, de 190mg/L a 1440mg/L, e de 980mg/L a 470mg/L. Já para as água das colunas barométricas dos evaporadores verifica-se que os sólidos fixos (SFevp) e voláteis (SVEvp) representam cerca de 50% dos sólidos totais, apresentando valores de 170mg/L a 450mg/L, com exceção dos valores obtidos no período chuvoso, cuja concentração de sólidos fixos foi cerca de 80% da fração de voláteis.

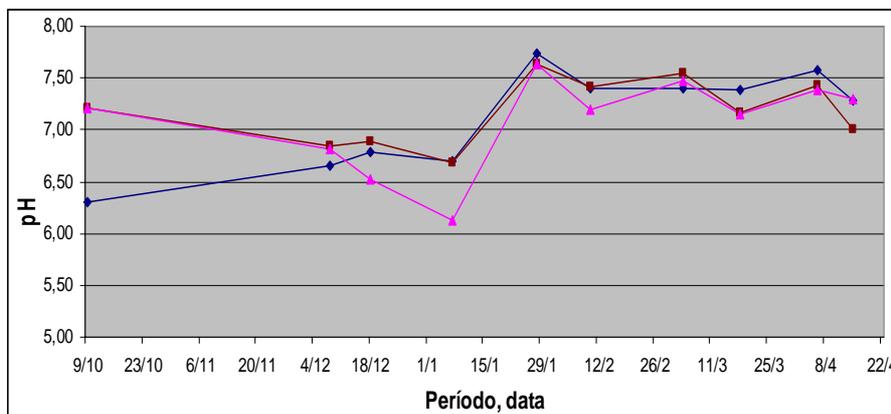
Quanto aos sólidos sedimentáveis da saída das colunas barométricas, figura 8, estes foram semelhantes entre si, com valores entre 1,3mL/L e 9,0mL/L, sendo os maiores valores observados no período chuvoso. Já para água de alimentação das barométricas, a concentração de sólidos sedimentáveis variou de 0 a 1,5 mL/L.



Legenda: — cozedores, — evaporadores, — alimentação

**Figura 8** - gráfico da Variação de Sólidos Sedimentáveis.

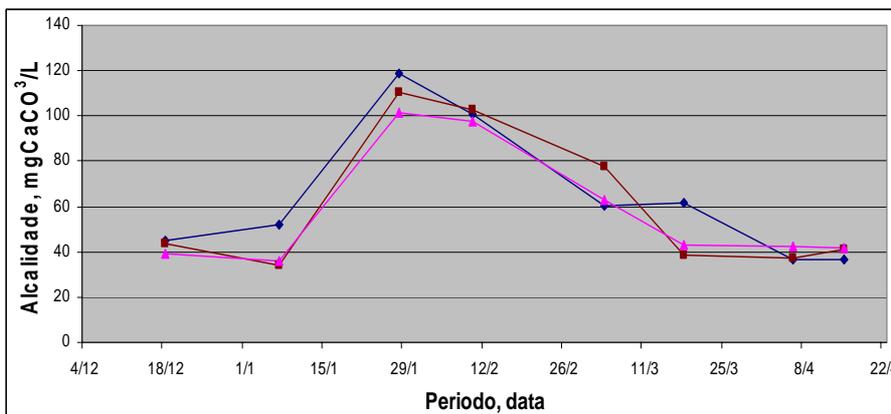
Analisando-se os dados de pH, figura 9, viu-se que, os valores foram muito semelhantes tanto para as águas das duas colunas como para a água de alimentação das mesmas, apresentaram um mínimo de 6,1 e um máximo de 7,7. Outro fato é que esse parâmetro também variou com a variação da qualidade da água de alimentação, que assim como as águas das colunas barométricas, aumentou o pH acima de 7,5 no período chuvoso do final de janeiro e início de fevereiro.



Legenda: \_\_\_ cozedores, \_\_\_ evaporadores, \_\_\_ alimentação

**Figura 9** - gráfico da Variação de pH

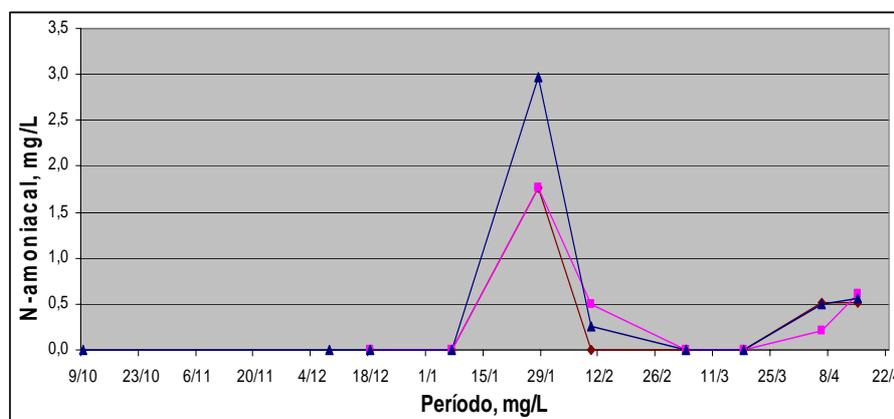
Para os dados de alcalinidade verifica-se que esta também sofreu influência da variação da alcalinidade da água de alimentação. Para as amostras coletadas antes das chuvas a alcalinidade total das águas das colunas barométricas dos cozedores (ATcoz) e dos evaporadores (ATEvp), apresentavam um valor médio de 35mg.CaCO<sub>3</sub>/L, aumentando para 110mg/L no período chuvoso, conforme figura 10.



Legenda: \_\_\_ cozedores, \_\_\_ evaporadores, \_\_\_ alimentação

**Figura 10** - Gráfico da variação de alcalinidade total ao longo da safra.

Com relação à presença de nitrogênio amoniacal, figura 11, este parâmetro também apresentou comportamento semelhante, tanto em relação às águas das colunas barométricas quanto a água de alimentação. Praticamente só se observou sua presença na amostragem de final de janeiro, época do pico das chuvas, com concentração em torno de 2,5 mg/L.



Legenda: — cozedores, — evaporadores, — alimentação.

**Figura 11** - gráfico da Variação de Nitrogênio Amoniacal ao longo da safra.

De maneira geral, a qualidade das águas das duas colunas barométricas não tem distinção significativas entre si e acompanharam a variação da qualidade da água de alimentação que sofreu influência da água do rio Coruripe. Diferindo apenas os valores de DQO que foram superiores em cerca de 117mg/L, devido à presença de açúcares dissolvidos carreados pelos vapores.

## CONCLUSÕES

As análises dos dados permitiram concluir que o circuito de água de alimentação das barométricas é semifechado, com reúso na lavagem de cana e lavagem de gases das caldeiras, reposição correspondente a 26% de sua demanda e taxa de aplicação de 28,46m<sup>3</sup>/TC, valor esse 137% superior ao citado na literatura, como dito anteriormente. Isso indica que esse sistema merece atenção especial com relação à redução de sua demanda hídrica.

Quanto aos parâmetros de qualidade de água avaliados, esses mostraram que a qualidade das águas das duas colunas barométricas, evaporadores e condensadores, não tem distinção significativas entre si e acompanharam a variação da qualidade da água de alimentação das mesmas, que sofreu influência da água do manancial, o rio Coruripe. A exceção foi o teor de matéria orgânica medido como DQO, cujas concentrações, nas águas de saída das barométricas, apresentaram valores médios superiores em cerca de 117mg/L, em relação às águas de alimentação das mesmas, certamente devido à presença de açúcares dissolvidos carreados pelos vapores.

Vale ressaltar que se uma usina é racional e econômica no uso de água, será racional e econômica no uso de vapor e de energia elétrica, retirando a real necessidade de água do rio, ocorrerá uma menor solicitação do manancial de superfície, aumentando assim, a recarga do manancial subterrâneo. Após o drama nacional de energia, além da água é muito bem vindo economizar energia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos.
- [2] ZIMBRES, Eurico. “Guia avançado sobre Água Subterrânea”, 2004. <http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm>, acessado em 30 de junho de 2004
- [3] ORPLANA. “A Evolução da Produção da Cana-de-Açúcar no Período de 1960 a 1999”. Informativo 09. São Paulo, Setembro 2000. [www.orplana.com.br/not163.htm](http://www.orplana.com.br/not163.htm), acessado em 22 de janeiro de 2004
- [4] LIMA, I. F. “Mapa Político do Estado de Alagoas”. Serplan – AI. 1993.
- [5] S.A. USINA CORURIFE. “Boletim Diário de Produção”. Safra 2003/2004. Data de Boletim 27/01/2004. Coruripe, AL. Janeiro de 2004.
- [6] UNICA. União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, “Agroindústria da Cana-de-Açúcar: Alta Competitividade Canavieira”, [http://www.unica.com.br/pages/agroindustria\\_alta.asp](http://www.unica.com.br/pages/agroindustria_alta.asp), acessado em 15 de dezembro de 2003.
- [7] SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M. & PEREIRA, I. C.; “Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos”. Agência Nacional de Energia Elétrica; Agências Nacionais de Águas, 3ª ed., Brasília, 2001.
- [8] BRAILE, P. M. & CAVALCANTI, J. E. W. A; “Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais” CETESB. São Paulo / SP, Junho 1979.
- [9] DILALLO, R.; ALBERTSON, O. E. (1961). Volatile acids by direct titration. *Journal Water Pollution Control Federation*, v. 33, n. 4, p. 356 - 365.
- [10] APHA; *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1995). 19th ed. Amer. Public Health Association/ American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, D.C., USA, 1134 p.
- [11] RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. (1986). Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. *Journal Water Pollution Control Federation*, v. 58. Pág. 406-411.

- [12] LUCAS FILHO, M.; PEREIRA, M. G.; Silva, D. A.; Andrade Neto, C. O.; Melo, H. N. S.; Silva, G. B. - II-079 – Águas residuárias – Alternativa de reuso na cultura de girassol (*Helianthus annuus*). VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória/ES.2002.
- [13] ZARPELON, F. e BRANDÃO, C. M. – Falando de Fábrica. Stab, Açúcar, Álcool e Subprodutos, vol. 22, n. 4. ISSN 0102-1214. mar/abr 2004.