UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
GESTÃO AMBIENTAL

JOSÉ ANTONIO ALEXANDRE

FECHAMENTO DE CIRCUITO DE ÁGUAS NO SETOR SUCROENERGÉTICO

ESTUDO DE CASO

DOURADOS
2016

JOSÉ ANTONIO ALEXANDRE

FECHAMENTO DE CIRCUITO DE ÁGUAS NO SETOR SUCROENERGÉTICO

ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Gestão Ambiental.

Orientador: Claudio Arcanjo de Sousa

DOURADOS

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

A381f Alexandre, Jose Antonio

Fechamento de circuito de águas no setor sucroenergético: Estudo de caso / Jose Antonio Alexandre -- Dourados: UFGD, 2016.

45f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Cláudio Arcanjo de Sousa

TCC (graduação em Gestão Ambiental) - Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Consumo de água. 2. Reutilização e reaproveitamento de água. 3. Águas industriais. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
GESTÃO AMBIENTAL

JOSÉ ANTONIO ALEXANDRE

FECHAMENTO DE CIRCUITO DE ÁGUAS NO SETOR SUCROENERGÉTICO

ESTUDO DE CASO

Monografia Aprovada pela Faculdade de Ciências da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Gestão Ambiental.

DATA DA DEFESA: 13/05/2016

BANCA EXAMINADORA:

_____
Prof. DSc. Paulino Barroso Medina Junior

_____
Prof. DSc. Mário Vito Comar

_____
Prof. DSc. Claudio Arcanjo de Sousa - Presidente

Dedico este trabalho aos meus pais João Alexandre e Antonia Rizzo Alexandre, pelo carinho, amizade e seu amor, que sempre me estimularam em busca pelo conhecimento, fornecendo todo o apoio necessário para que meus sonhos pudessem ser realizados, sendo o exemplo do meu caráter, honestidade e base para minhas conquistas. Valeu a pena a distância e sofrimento passados por todos nós!

A minha esposa Francyne Nascimento Moreno Alexandre, que soube administrar o pouco tempo de convívio durante esse período, ofertado em função do meu trabalho profissional e graduação, obrigado pela paciência, força, coragem e principalmente pelo carinho, me apoiando nos momentos de dificuldades estando sempre ao meu lado durante todo o tempo, me estimulando e motivando para que não desistisse da minha finalidade e ao meu Filho João Francisco Moreno Alexandre que mesmo sendo tão pequeno ainda, é o maior incentivador e me inspira a prosseguir cada vez mais adiante com meus objetivos.

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela coragem de enfrentar obstáculos vivenciados durante toda esta longa caminhada, pois sem ele eu não teria forças para continuar nessa jornada.

Ao Prof. Dr. Claudio Arcanjo de Sousa pela sua orientação segura, dedicação, paciência, compreensão e incentivos constantes ao longo desses anos de convivência, mas principalmente pela sua grande amizade.

Aos demais professores da graduação meus sentimentos de gratidão e admiração, pela competência e seriedade na condução de suas atividades e participarem da minha vida acadêmica.

Aos amigos da graduação, em especial Lorenza, Leidson e Jósimo pela amizade, tolerância, companheirismo e convívio durante esse período, mesmo com dificuldades de tempo que tive em função do meu trabalho profissional, auxiliaram-me direta e indiretamente para a realização deste trabalho, como exemplo de muitos outros realizados durante a graduação.

Aos colaboradores (gestores e operacional) da empresa que trabalho, pelo companheirismo, amizade e colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais amigos e parentes, próximos e/ou distantes, que direta ou indiretamente participaram do meu dia-a-dia e ajudaram-me a concluir este trabalho.

RESUMO

A cultura da cana-de-açúcar possui uma grande importância para o setor econômico de vários países do mundo. Em contra partida, os impactos ambientais são evidentes no setor sucroenergético. Porém as dimensões destes variam em função do grau de gerenciamento nas etapas de sua cadeia produtiva. Tais impactos podem influenciar o solo, a água e a atmosfera. Isto exige uma preocupação com respeito à gestão, conservação e o uso racional da água, voltados para a instalação de programas ambientais que contemplem desde a produção da cana-de-açúcar até a estocagem de seus produtos finais, etanol hidratado, etanol anidro e açúcar VHP. Desse modo, o principal objetivo deste trabalho foi verificar a oportunidade de reduzir o consumo de água bruta através de fechamento de circuito, verificando pontos passíveis de reutilização e reaproveitamento das águas. Neste trabalho foram determinados quatro pontos passíveis de implantação de projetos para reutilização de águas, a seguir: água de selagem de bombas, água de lavagem de tela de filtro prensa, água condensada proveniente da desidratação do álcool hidratado e águas laboratoriais. Este estudo avaliou os dados da safra 2015/2016 de uma usina que produz açúcar bruto VHP, álcool hidratado, álcool anidro e bioenergia, localizada na região da Grande Dourados – MS. Concluiu que há viabilidade para a implantação das propostas técnicas e que tais propostas uma vez implantadas reduzirão sobremaneira a captação de águas bruta, geração e disposição de águas residuárias. Este trabalho verificou que das quatro áreas geradoras de efluentes passíveis de implantação de projetos de recuperação de águas nenhuma aparece nos quantitativos de volumes utilizados em cada processo, não sendo contabilizadas como insumo no final de cada safra. A implantação das ações propostas certamente garantirão retornos financeiros, ambientais e melhoria da imagem da empresa. O alcance de uma sustentabilidade desejada é possível através da melhoria contínua da redução de insumos no processo industrial, sobretudo consumo de água.

Palavras chave: Consumo de água; Reutilização e reaproveitamento de água; Águas industriais.

ABSTRACT

The culture of sugarcane has a great importance for the economic sector of many countries. By contrast, the environmental impacts are evident in the sugarcane industry. But the dimensions of these impacts vary depending on the level of management in the stages of the production chain. Those impacts may influence the soil, water and atmosphere. This requires a concern with respect to the management, conservation and rational use of water, facing the installation of environmental programs that include from the production of sugarcane to the storage of their final products, hydrated ethanol, anhydrous ethanol and VHP sugar. Thus, the main objective of this study was to verify the opportunity to reduce the consumption of raw water through circuit closing, verifying points reusable and reuse of water. In this work we were determined four points subject to project implementation for water reuse, the following: water seal pumps, filter press screen wash water, condensed water from the dehydration of hydrated alcohol and laboratory water. This study evaluated the 2015/2016 harvest data for a plant that produces raw sugar VHP, hydrated alcohol, anhydrous ethanol and bioenergy, located in the region of Grande Dourados - MS. It concluded that there is viability for the implementation of technical proposals and that these proposals once implemented greatly reduce the uptake of raw water, generation and disposal of wastewater. This study verified that the four generating areas of waste subject to implementation of water recovery projects no appears in the volumes of quantitative used in each process, not being counted as an input at the end in each crop season. The implementation of the proposed actions will certainly ensure financial returns, environmental and improving the company's image. Achieving a desired sustainability is possible through the continuous improvement of inputs reduction in the industrial process, especially water consumption.

Key words: Water consumption; Reuse and water recycling; Industrial waters**.**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 10

2. DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS 12

2.1 Definições 12

2.2 Abreviaturas 12

3. PROBLEMÁTICA 13

3.1. Água de selagem 13

3.2. Águas laboratoriais 13

3.3. Água de lavagem de tela do filtro prensa 14

3.4. Condensado da regeneração de álcool anidro 14

4. OBJETIVOS 15

4.1. Objetivo geral 15

4.2. Objetivo específico 15

5. REVISÃO LITERÁRIA 16

5.1. Consumo de água 17

5.2. Geração de efluente 19

5.3. Redução do consumo de água 20

5.4. Água de selagem 20

5.5. Água condensada 21

6. MATERIAIS E MÉTODOS 22

6.1. Área de estudo 22

6.2. Levantamento dos dados 23

6.3. Etapas do processo de melhorias de redução de consumo de água. 23

6.3.1. Águas de selagem 23

6.3.2. Águas laboratoriais 25

6.3.3. Água de lavagem de tela do filtro prensa 26

6.3.4. Descarte de água condensada durante a regeneração de álcool anidro 28

6.4. Princípios de estudo e análises realizadas 29

6.4.1. Águas de Selagem 29

6.4.2. Água de Lavagem do Filtro Prensa 30

6.4.3. Água Condensada proveniente da regeneração do álcool hidratado 32

6.4.4. Águas laboratoriais 33

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO 34

7.1. Águas industriais descartadas nos setores avaliados 34

7.2. Locais com oportunidades de fechamento de circuitos de efluentes 34

7.2.1. Lavagem de tela do filtro prensa 35
7.2.2. Condensado dos zeólitos, produção de álcool anidro 37
7.2.3. Águas da selagem de bombas 38
7.2.4. Águas laboratoriais 39

8. CONCLUSÃO 41

9. PROPOSTA DE TRABALHO FUTUROS 42

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 43

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância para o setor econômico, presente em vários países do mundo inteiro, por causa da sua alta produção de açúcar, etanol e bioeletricidade. Em 2012 foi estimada a quantia de 26,08 milhões de hectares de área colhida de cana-de-açúcar com uma produção de 1.832,5 milhões de toneladas; desse total 76,4% se concentram em 10 principais países, como: Brasil, Índia, Tailândia, China, México, Indonésia, Paquistão, Estados Unidos, Austrália e Filipinas; dentre estes o Brasil destaca-se com a produção de 31% do total mundial, onde a região Centro-Sul representa 90% da produção nacional (SÃO PAULO, 2014).

O Estado de São Paulo é o maior produtor de cana-de-açúcar com cerca de 56% perante o domínio nacional, destacando igualmente os Estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais que tiveram uma ampliação muito considerável nos últimos anos (SÃO PAULO, 2014).

No setor sucroenergético os impactos ambientais são evidentes, porém as dimensões destes variam em função do grau de gerenciamento nas etapas de sua cadeia produtiva, tais impactos podem influenciar o solo, a água e a atmosfera. Este setor pode se tornar um concorrente significativo por recursos hídricos, em locais onde bacias hidrográficas não possuem água em abundância, que pode ser representado por localidades onde a irrigação é de extrema necessidade para manter a produção ativa de cana-de-açúcar (ANA, 2009).

O que era destacado por institutos vinculados ao meio ambiente e aos recursos hídricos, em que a agroindústria sucroalcooleira era uma grande consumidora de água, passou a ser fato histórico, pois de modo geral e de exemplo na região Centro-Sul isso não se aplica mais; esse recurso apenas é utilizado na irrigação adicional que utiliza águas residuárias do processo industrial como fonte de captação. Atualmente a atitude considerada moderna do setor sucroenergético, garante uma preocupação para uma adequada conservação e um uso coerente da água, com a rigorosidade de programas instalados de gestão ambiental e de recursos hídricos, sendo estes constatados desde a produção da cana-de-açúcar até a estocagem de seus produtos finais; proveniente de uma ampla modernização nos processos industriais, onde necessariamente o reuso da água é realizado (ANA, 2009).

Em tempos modernos atuais e de escassez de água, as usinas se veem no comprometimento de evoluírem sua situação de ampla necessidade de consumo de água do processo industrial, para uma situação de projetos mais harmônicos, estudando meios para

que sua instalação seja afastada de cursos de água, fazendo com que o reuso e reaproveitamento da água seja algo imprescindível (ANA, 2009).

A atitude de economizar água e o cancelamento dos tratamentos externos de saída de efluentes e resíduos é expressa pela “Produção Mais Limpa”, que analisa as atitudes e as alterações de prevenção utilizada pelo uso dos recursos naturais ou desperdício do mesmo na forma de poluição, dessa forma torna mínimo ou quase elimina determinados atributos na produção que impacta não somente ao meio ambiente, mas também no setor econômico da indústria (ANA, 2009).

Este estudo de caso verifica pontos críticos de consumos inadequados de águas como também as oportunidades de melhoria no processo de gerenciamento dos recursos hídricos, sobretudo, na reutilização e reaproveitamento das águas em diversos setores de uma indústria sucroenergética localizada na região da Grande Dourados-MS, garantindo a redução na captação de águas bruta, geração e disposição de águas residuárias.

2. DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

2.1 Definições

Para as finalidades deste estudo, consideram-se as seguintes definições:

- **Água de reuso:** É a água residuárias que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização;
- **Água residuárias:** É o esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;
- **Água de qualidade inferior:** Águas não caracterizadas como água residuárias, inadequadas para usos mais exigentes;
- **Desperdício:** Utilização da água em quantidade superior à necessária para o desempenho adequado da atividade consumidora;
- **Otimização do consumo de água:** Realização das atividades consumidoras com o menor consumo possível de água, garantida a qualidade dos resultados obtidos;
- **Reuso:** Uso de água residuárias ou água de qualidade inferior tratados ou não;
- **Zeólito:** estruturas cristalinas de alumínio-silicatos,chamado de "resina";
- **Angstrom (Å):** O angstrom (Å) é uma unidade de medida de comprimento que se relaciona com o metro;
- **Sump Pit:** poço de coleta de líquidos.

2.2 Abreviaturas

- **P+L:** Produção mais Limpa;
- **m^3/t:** Metro cúbico por tonelada;
- **VHP:** Very High Polarization (açúcar bruto);
- **t/dia:** Tonelada por dia;
- **MWh:** Megawatt/hora;
- **^oGL:** Grau Gay-Lussac - Representa o percentual de álcool puro em volume, numa mistura alcoólica;
- **^oINPM:** Instituto Nacional de Pesos e Medidas - Representa o percentual de álcool puro em massa, existente em uma mistura alcoólica;
- **ETE:** Estação de Tratamento de Efluente;
- **Kgf/cm^2:** Quilograma força por centímetro quadrado;
- **mg/L:** Miligrama por litro;
- **µg/L** Microgramas por litro;
- **µS/cm**: Microsimens por centímetro;
- **$m^3/m^2.d$**: Metros cúbicos por metro quadrados por dia.

3. PROBLEMÁTICA

No processo industrial da usina sucroenergética do presente estudo de caso, a utilização racional dos recursos hídricos já está sendo empregadas nos diversos setores industriais, no entanto, existem pontos críticos com possibilidades de melhorias a seguir:

3.1. Água de selagem

Em alguns setores desta indústria o reaproveitamento está sendo implantado por meio de projeto piloto. Neste projeto o reaproveitamento é a coleta das águas de selagem das bombas, que são águas provenientes da coleta das águas de processo, do rejeito da osmose, excesso de condensados, entre outras. Para que estas águas possam ser utilizadas como água de selagem, as mesmas devem apresentar pH próximo do neutro (≈7,0), não possuir partículas abrasivas tais com sílica, silicato e carbonato. A água de selagem tem a finalidade de selar e resfriar equipamentos. Após o resfriamento das bombas essas águas são lançadas no piso e posteriormente direcionadas para as canaletas de águas residuárias. Pelas suas características essas águas possuem elevado potencial de reutilização e aplicação nos demais setores da indústria.

Embora já existam projetos para a coleta e reaproveitamento das águas de selagem, é notório o excessivo lançamento destas para as canaletas de escoamento das águas residuárias, além do descarte excessivo dessa água e a inviabilização do seu uso, ocorre grande formação de limos nos pisos do setor, aumentando o risco de acidentes para colaboradores.

3.2. Águas laboratoriais

O laboratório industrial e o laboratório de determinação da sacarose da cana, denominado de Pagamento de Cana por Teor de Sacarose (PCTS) demandam considerados volumes de água para realização das análises. Os equipamentos que apresentam maiores consumos de águas são: destilador de água, microdestilador de álcool, digestor do bagaço e manta de aquecimento condensadora, existindo grande oportunidade de reaproveitamento dessas águas, minimizando o seu desperdício, pois não existe nenhum procedimento de reaproveitamento deste bem neste setor.

As águas utilizadas nos equipamentos laboratoriais são provenientes da captação de água bruta de um poço artesiano que recebe cloração. Essas águas servem para resfriar equipamentos empregados nos processos analíticos dos laboratórios industriais e de PCTS.

3.3. Água de lavagem de tela do filtro prensa

A água de lavagem de tela do Filtro Prensa é proveniente das águas de processo, expressão denominada ao excesso do rejeito da osmose, condensado amoniacal, excesso de condensado V1, entre outras, que são encaminhadas à um tanque de coleta denominado tanque pulmão. As águas para a lavagem das telas dos filtros prensas. São águas baixa concentração de sólidos suspensos, baixa turbidez, pH próximo de neutro (≈ 7,0) e isentas de partículas abrasivas.

A água de lavagem de tela do Filtro Prensa após realizar sua função é empregada para outras finalidades, como é o caso da embebição da moenda, que utiliza essa água sob a forma de aspersão, jatos pressurizados ou bicas de embebição aplicados ao bagaço de um terno, aumentando a diluição do caldo contido no mesmo, levando ao aumento da extração do caldo no terno seguinte; mas por causa do alto teor de partículas sólidas presente na saída desse processo.

A mesma passou a ter um descarte de 130 m³/h para as águas residuárias, pois o desgaste de equipamentos e entupimento de bicos passou a ser frequente devido o excesso de partículas sólidas.

3.4. Condensado da regeneração de álcool anidro

No processo para obtenção de álcool anidro a técnica aplicada é um diferencial do processo de destilação do álcool hidratado. O método utilizado é o de desidratação do álcool hidratado por via peneira molecular, esse princípio parte do aquecimento do zeólitos (estruturas cristalinas de alumínio-silicatos) que possuem poros de 3 angstroms (Å) de diâmetro, onde a molécula da água tem 2,8 angstroms e a molécula do álcool tem 4,0 angstroms, o aquecimento desse zeólitos chega a uma temperatura de trabalho de 135º C e uma pressão de trabalho em torno 2,5Kgf/cm².

O aquecimento dos zeólitos acontece devido à injeção de vapor na linha de processo, o mesmo entra em condensação quando troca calor, consequentemente acaba produzindo água condensada. Condensado é o líquido formado quando o vapor passa do estado gasoso para o líquido, durante o seu resfriamento.

Até recentemente toda essa água era descartada na canaleta de efluentes industriais, transformando-se em efluentes residuais, mas atualmente parte dessa água é bombeada para o tanque de água de reprocesso e a outra parte ainda está sendo descartada como efluente. Vale ressaltar que esta é uma água limpa que pode ser utilizada diretamente em outros setores ou receber um tratamento de resfriamento permitindo ampliar seus usos.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral

Verificar a oportunidade de reduzir o consumo de água no processo produtivo de açúcar, álcool e bioenergia, mediante fechamento de circuito interno de água.

4.2. Objetivo específico

- Verificar a viabilidade de reuso das águas nos laboratórios, que excedem dos destiladores de água, microdestilador de álcool, manta de aquecimento condensadora e dos digestores do bagaço;
- Verificar a viabilidade de reutilização das águas de selagem das bombas existentes na indústria, na forma de fechamento de circuito para economia de água bruta e diminuição das águas residuárias;
- Verificar a viabilidade de reutilização das águas de lavagem de tela de filtro prensa, para que esta seja reutilizada na embebição da moenda;
- Verificar a viabilidade de reuso da água condensada proveniente do processo de regeneração de álcool anidro através do processo de peneira molecular.

5. REVISÃO LITERÁRIA

Uma das bases da economia brasileira é a indústria de cana-de-açúcar, tendo o açúcar como o principal produto por mais de dois séculos; em aproximadamente 40 anos atrás começou uma evolução tecnológica do setor, a produção de álcool começou a ganhar espaço e atualmente a bioeletricidade, os alcoolquímicos, a comercialização de créditos de carbono, rações animais, os biocombustíveis, começaram a ter uma atenção especial (num futuro próximo os bioplásticos estarão nesta listagem). Em tempos de competitividade a prioridade do setor é reduzir cada vez mais os custos num todo, entretanto com foco no aumento da produtividade, mas para isso acontecer é necessário investir no emprego de tecnologias avançadas (UNICA, 2010).

No intuito de promover a sustentabilidade no setor sucroenergético, programas [sócio ambientais] começaram a apresentar de forma assídua, aperfeiçoamentos de modo a proporcionar uma relação harmoniosa entre economia, meio ambiente e sociedade (RUIZ, 2014).

O setor sucroenergético ainda é muito criticado por parecer demonstrar irregularidades em sua produção industrial, mas seus progressos aparecem com o empenho nas questões sociais e ambientais; na preservação de ecossistemas, na minimização do uso da terra e da água, atenuando os efeitos da queimada e da colheita mecanizada; são muitos os investimentos e avanços para alcançar uma produção sustentável, visando um crescimento ainda maior para o setor (UNICA, 2010).

De acordo com NETO (2014), Engenheiro consultor de meio ambiente e recursos hídricos da UNICA, o setor sucroenergético ainda é taxado de grande consumidor de água pelos valores captados de água no passado pelo setor; realmente no processo industrial sucroenergético a utilização de água é grande, entretanto não se pode dizer que a captação de água dos recursos hídricos encontrasse na mesma condição, por causa de técnicas de reuso da água a mesma vem passando por diminuições nas últimas décadas.

Outra questão muito discutida é de que a cana de açúcar carece de irrigação, esse conceito não é aplicado para a produção de cana no Brasil, pois a chuva é farta e garantida na grande parte de cultivo dessa cultura; a irrigação de salvamento é a que melhor se encaixa atualmente em algumas regiões que necessitam de alguma parte a mais de água, são os efluentes do processo industrial que podem fornecer lâminas d’água com cerca de 80 a 120mm, onde acabam por diminuir a utilização de outras fontes d’água, uma vez que o corte da cana é efetuado durante o período de seca (UNICA, 2010).

No meio ambiente, a má administração dos processos produtivos do setor sucroenergético pode impactar negativamente o solo e a água por causar diversos danos; com isso a gestão dos recursos hídricos minimizou os impactos causados por regiões onde a utilização da água é elevada e a bacia hidrográfica apresenta menor disponibilidade de água, constituindo programas de gestão ambiental e de recursos hídricos, a atitude moderna que está sendo adotada preza pelo uso coerente da água e sua conservação. A gestão ambiental dinâmica da água num processo sucroenergético demonstra a responsabilidade igualitária do setor produtivo; pois a concorrência impulsiona e determina de certa maneira a adoção de práticas de produção mais limpas, e o aperfeiçoamento dos usos dos recursos naturais, como no caso citado a água; essa ação impacta no mercado internacional, pois inúmeros países estão por exigir certificação ambiental dos métodos de produção, produtos ofertados e serviços prestados (NETO, 2014).

Devido a períodos longos de estiagem ocorridos recentemente em algumas regiões do Brasil, a temática de racionalização e de reuso da água na indústria sucroenergética esteve em grande evidência. Na busca constante pela sustentabilidade no setor sucroenergético, as empresas tem procurado desenvolver métodos e tecnologias que visem atender as demandas das gerações presentes sem, contudo, comprometer as futuras gerações (RUIZ, 2014).

Uma das formas de buscar essa sustentabilidade é desenvolver mecanismos que visam não exclusivamente reduzir o consumo de água, mas, sobretudo verificar quais maneiras serão empregadas esse consumo, de modo a evitar perdas durante o processo industrial e reutilizar águas de qualidade inferior em outros setores menos restritivos, [até mesmo com outras finalidades] (EMBRAPA, 2015).

5.1. Consumo de água

Uma boa gestão de recursos hídricos garante uma larga ampliação nas atividades humanas, como atividades para vários tipos de produção, quanto ainda induz a inúmeras utilizações diversificadas das águas; em nosso mundo a água é de supra importância para a vida, sendo item indispensável para todos os seres vivos. Infelizmente uma cultura de desperdícios acontece no Brasil por aparentar uma fartura na quantidade de água existente, isso geralmente acontece pela convenção de fatores como: anormalidade das condições climáticas, aumento do consumo e da degradação ambiental (NETO, 2014).

Segundo MARTINS, ASTORGA e SILVEIRA (2006) “O reuso de água é a principal ferramenta de racionalização e as possibilidades deste são avaliadas em função da quantidade e da qualidade de água requerida num processo e da quantidade e qualidade do

recurso disponível para reuso. Estas informações devem estar apresentadas no balanço hídrico e de massa.

Uma forma para a otimização e viabilidade de reuso da água num processo industrial, pode ser obtido pelo balanço hídrico industrial, esse processo permite identificar visualmente o estado atual em que a indústria se depara e recomenda onde intervir para reduzir a captação de água, dessa forma pode-se modificar o modelo do equipamento utilizado, a forma em que o processo está sendo regido ou até mesmo a cultura da empresa e de seus colaboradores, processos esses que são considerados de P+L - Produção mais Limpa. No caso do setor sucroenergético, o conhecimento do balanço de massa quanto o de vapor num processo por inteiro é indispensável, já que após esses levantamentos pode-se planejar o emprego dos recursos hídricos e efluentes, quanto mesmo começar a fazer as alterações necessárias (NETO, 2014).

A Figura 1 apresenta o consumo específico médio de água em valores percentuais no setor sucroenergético.

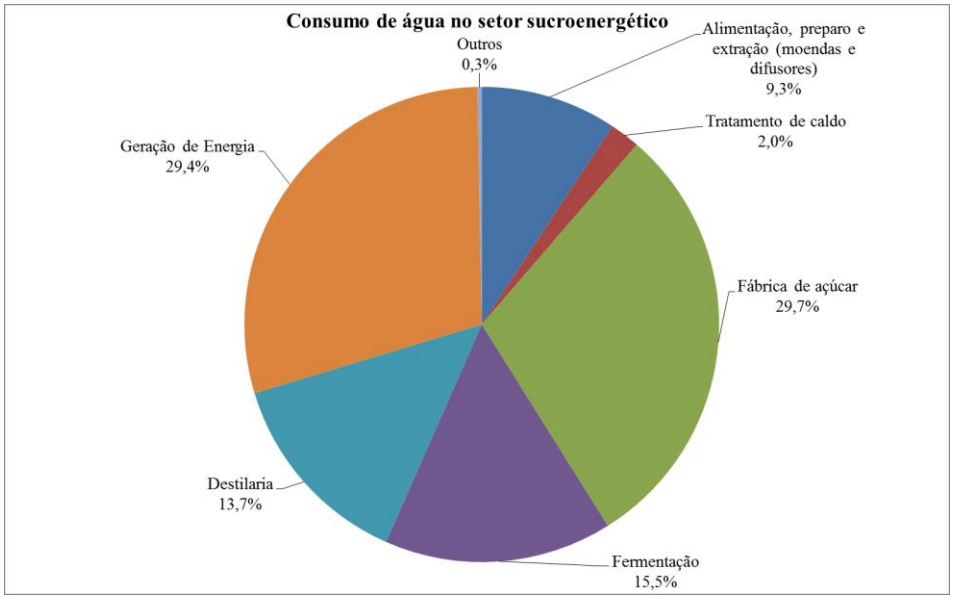

Figura 1. Consumo médio de água no setor sucroenergético.

Fonte: Adaptado de ANA (2009).

A Tabela 1 apresenta o detalhamento do consumo específico médio de água na indústria sucroenergética assim como, a distribuição percentual nos processos produtivos.

Tabela 1. Detalhamento do consumo específico de água no setor sucroenergético

Setor	Finalidade	Uso Específico	Uso médio	
			m³/t cana	%
Alimentação, preparo e extração (moendas e	Lavagem de cana	2,200 m³/t cana total	2,20	9,90
	Embebição	0,250 m³/t cana total	0,25	1,10
	Resfriamento de mancais	0,035 m³/t cana total	0,04	0,20
	Resfriamento óleo	0,130 m³/t cana total	0,13	0,60

Setor	Finalidade	Uso Específico	Uso médio	
			m³/t cana	%
difusores)				
Tratamento de caldo	Resfriamento coluna sulfitação	0,100 m³/t cana açúcar	0,05	0,20
	Preparo de leite de cal	0,030 m³/t cana total	0,03	0,10
	Preparo de polímero	0,015 m³/t cana açúcar	0,01	0,00
	Aquecimento do caldo p/ açúcar	160 kg vapor/t cana açúcar	0,08	0,40
	Aquecimento do caldo p/ etanol	50 kg vapor/t cana etanol	0,03	0,10
	Lavagem da torta	0,030 m³/ t cana total	0,03	0,10
	Condensadores dos filtros	0,300 a 0,350 m³/t cana total	0,35	1,60
Fábrica de açúcar	Vapor para evaporação	0,414 t/t cana açúcar	0,21	0,90
	Condensadores/multijatos evaporação	4 a 5 m³/t cana açúcar	2,25	10,20
	Vapor para cozimento	0,170 t/t cana açúcar	0,09	0,40
	Condensadores/multijatos cozedores	8 a 15 m³/t cana açúcar	5,75	26,00
	Diluição de méis e magmas	0,050 m³/t cana açúcar	0,03	0,10
	Retardamento do cozimento	0,020 m³/t cana açúcar	0,01	0,00
	Lavagem de açúcar (1/3 água e 2/3 vapor)	0,030 m³/t cana açúcar	0,02	0,10
	Retentor de pó de açúcar	0,040 m³/t cana açúcar	0,02	0,10
Fermentação	Preparo do mosto	0 a 10 m³/ m³ etanol residual	0,10	0,50
	Resfriamento do Caldo	30 m³/ m³etanol	1,25	5,60
	Preparo do pé-de-cuba	0,010 m³/ m³etanol	0,00	0,00
	Lavagem gases CO2 fermentação	1,5 a 3,6 m³/ m³etanol	0,02	0,10
	Resfriamento de dornas	60 a 8 m³/ m³etanol	3,00	13,60
Destilaria	Aquecimento (vapor)	3,5 a 5 kg/ m³etanol	0,36	1,60
	Resfriamento dos condensadores	80 a 120 m³/ m³etanol	3,50	15,80
Geração de Energia	Produção de vapor direto	400 a 600 kg/t cana total	0,50	2,30
	Dessuper aquecimento	0,030 l/kg vapor	0,02	0,10
	Lavagem de gases da caldeira	2,0 m³/t vapor	1,00	4,50
	Limpeza dos cinzeiros	0,500 m³/t vapor	0,25	1,10
	Resfriamento óleo e ar dos turbos geradores	15 l/kW	0,50	2,30
	Água torres de condensação	38 m³/t vapor	6,00	27,10
Outros	Limpeza pisos e equipamentos	0,050 m³/t cana total	0,05	0,20
	Uso potável	70 l/funcionário dia	0,03	0,10
Total			**28,13**	**100**

Fonte: Adaptado de ANA (2009).

5.2. Geração de efluente

O efluente gerado empregado no processo industrial é reutilizado no próprio processo produtivo ou empregado em outros estágios do processo industrial; a parte excedente (água residuárias) é destinada a fertirrigação. Quão grandemente for a competência da usina em aumentar a reutilização da água, menor será a quantidade demandada da mesma para o processo produtivo, consequentemente reduzirão os impactos ambientais associados aos recursos hídricos (BNDES, 2014).

Segundo RUIZ (2014) “desperdício de água é crime ambiental e ao caixa da empresa” dessa forma, as empresas que não reaproveitam água, deixam de maximizar seu lucro ademais tem a sua imagem prejudicada diante da sociedade e investidores. Segundo o mesmo autor o ato de reduzir, reaproveitar e reciclar a água num processo industrial auxilia na minimização de problemas deparados à disponibilidade hídrica, como também busca soluções para o lançamento excessivo de efluentes.

Embora muitas empresas continuem gerando volumes expressivo de efluentes, os valores praticados atualmente são menores que no passado. Esta redução se explica pela cobrança de água que associada a outros fatores tais como maior grau de fechamento dos circuitos de muitas indústrias (ANA, 2009).

Segundo ANA (2009), para que haja atendimento adequado ao princípio da redução da poluição na fonte e destinação correta desses efluentes, é necessário que haja estudos, empregos de projetos e instalações de medidas mitigadoras.

5.3. Redução do consumo de água

Segundo EMBRAPA (2015), “a otimização do consumo hídrico da usina é essencial para a sustentabilidade do agronegócio sucroalcooleiro”. Dessa forma, empregar sistemas de água fechados fazendo somente a reposição das perdas de processo traz enormes vantagens econômicas para a usina e diminui a captação de água bruta de rios, lençóis freáticos e mananciais.

EMBRAPA (2015) cita que a muito tempo eram consumidos em média de 15 a 20m³ /t cana processada, recentemente esse valor médio chega a menos de 2m³/t cana; algumas indústrias do setor sucroenergético como exemplo conseguem atingir a média de captação de água abaixo de 1m³/t cana processada, mas com a implantação de sistemas de gestão ambiental, investimento em tecnologias modernas, estudos e mecanismos a serem desenvolvidas, o propósito de alcançar uma média inferior a 0,6m³ /t cana é primordial.

5.4. Água de selagem

Segundo FILHO e LEITIS (2013), existem três tipos de circuito do sistema de água de selagem podendo ser o aberto, fechado ou em cascata; que retiram as fibras arrastadas por aspiração, tendo com desígnio vedação das aberturas existentes entre o rotor e o cabeçote de comando da bomba.

Segundo AMARAL (2008), água de selagem é uma água limpa utilizada para selar equipamentos, evitando o contato direto do equipamento com o que está sendo transportado, garantindo assim sua durabilidade.

FILHO e LEITIS, (2013) citam ainda que quanto menor a temperatura da água de selagem maior a eficiência da bomba, para esse comportamento adequado a água de selagem precisa ser fresca, sem fragmentos abrasivos, pH neutro e sua temperatura não extrapolando aos 30ºC, pois quanto maior este valor [o rendimento esperado não será alcançado].

No entanto, para que essa água seja utilizada como água de selagem é necessário que esta esteja isenta de sólidos, sem partículas abrasivas, pH neutro e que tenha temperatura inferior a 30ºC para que possa refrigerar e lubrificar o selo, evitando que o fluído do processo invada a câmara de selagem, provocando assim vazamentos (FILHO e LEITIS, 2013).

5.5. Água condensada

De acordo com SILVA e ALENCAR, (2012) a produção de álcool anidro é proveniente do princípio de desidratação por meio de peneira molecular, que tem a capacidade de adsorção seletiva de substâncias nomeadas zeólitos (estruturas cristalinas de alumínio-silicatos) como elemento desidratante, seu formato aparece em pequenas esferas, sendo chamado de "resina", sob certas condições de pressão e de temperatura podem adsorver maiores ou menores quantidades da água contida no álcool hidratado.

SILVA e ALENCAR, (2012) citam que:

> a produção de álcool anidro utiliza vasos ou colunas [que necessitam de vapor para o aquecimento dos zeólitos funcionarem adequadamente, após o contato com os zeólitos, esse vapor condensa e tem parte recuperada para o processo industrial], os zeólitos depois de reterem as moléculas de água, permitem a passagem das moléculas de etanol podendo esse processo ter a duração de 5 a 8 minutos, isso ocorre pelo fato de no álcool hidratado existir moléculas de água com diâmetro de 2,8Å, enquanto que o etanol apresenta moléculas de 4,4Å, neste caso são usadas resinas (partículas de diâmetro de 3,2mm) que possuem estruturas cristalinas com poros de 3,0Å de diâmetro, que adsorvem fortemente e deixam penetrar as moléculas de água, enquanto as moléculas de álcool que são maiores e não passam pelas resinas e não penetram em seu interior, promovendo a separação de ambas.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. Área de estudo

A usina sucroenergética em questão localiza-se na região da Grande Dourados - MS é uma unidade que produz açúcar bruto VHP (*Very High Polarization*), álcool hidratado, álcool anidro e bioenergia obtida da queima do bagaço da cana.

A empresa tem capacidade instalada de processar 26.000 toneladas de cana por dia. Na safra de 2015/2016 processou 3.745.434,23 toneladas de cana em 202 dias de moagem totalizando uma média diária de 18.540.t/dia. Esses déficit foi devido principalmente a empresa ficar parada 164 dias devido a fatores climáticos (chuvas).

Na safra 2015/2016 a usina produziu 52.903.017 litros de álcool hidratado, 105.097.954 litros de álcool anidro, produziu também 3.011.857,46 sacas de 50 kg de açúcar bruto VHP e gerou 310.150,608MWh de energia elétrica, consumindo 119.040.102MWh e exportando 191.110.506MWh para o mercado nacional.

Na safra 2015/2016 foram empregados diretamente 1.548 profissionais na cadeia produtiva da usina.

A Figura 2 representa o fluxograma atual da usina no estudo de caso, destacando a matéria prima, processo produtivo com seus respectivos produtos finais e as áreas onde são passíveis de implantação de projetos de fechamento de circuitos.

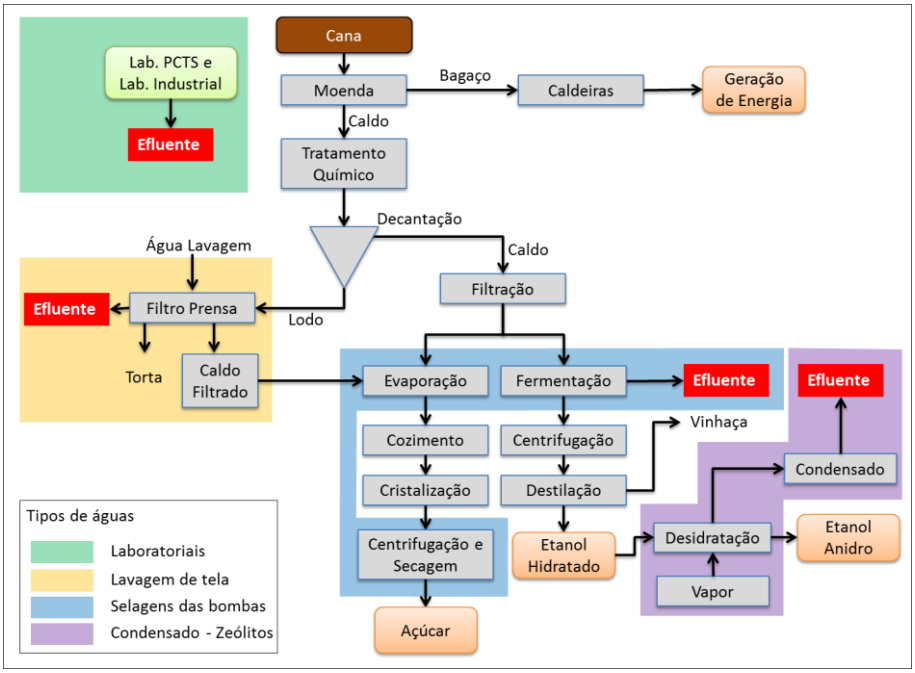

Figura 2. Fluxograma atual da usina do estudo de caso, destacando a matéria prima, processo produtivo, produtos finais e as áreas onde são passíveis de implantação de projetos de fechamento de circuitos.

Fonte: ALEXANDRE (2016).

6.2. Levantamento dos dados

Os dados foram obtidos de análises de prontuário, procedimentos técnicos sobre reuso e reciclagem de água, entrevistas e discussões com os colaboradores (gerencia e operação) da usina, visitas técnicas e análises laboratoriais para verificar a qualidade das águas residuárias.

6.3. Etapas do processo de melhorias de redução de consumo de água.

As melhorias de redução de consumo de água na usina em questão estão descritas a seguir.

6.3.1. Águas de selagem

A água de selagem na usina em questão é originária de outras etapas do processo industrial, ou seja, já é uma água reutilizada. Em alguns setores específicos, após a selagem das bombas estas águas são descartadas para as canaletas de águas residuais. Os inconvenientes para o reuso destas águas seriam a alteração de seu pH que ocasionam corrosões e aparecimento de danos mecânicos nas bombas e tubulações, a presença de partículas abrasivas causam atritos e desgastes nos rotores das bombas. O aumento da temperatura aumentará a pressão exercida na câmara da gaxeta que faz a selagem, podendo trazer uma má eficiência de funcionamento deste produto.

As Figuras 3 A, B, C e D apresentam respectivamente o detalhe de entrada da água de selagem, a saída da água de selagem da bomba e formação de limbos e o descarte da água de selagem na canaleta de coleta de águas residuárias.

Figura 3. A-Detalhe de entrada da água de selagem; B – Saída da água de selagem da bomba e formação de limbos; C e D –Descarte da água de selagem na canaleta de coleta de águas residuárias.

Fonte: ALEXANDRE (2016).

6.3.2. Águas laboratoriais

Uma grande oportunidade de reaproveitamento das águas laboratoriais tanto no industrial como o de sacarose está relacionada a operação do microdestilador de álcool, digestores do bagaço, manta de aquecimento condensadora e destiladores de água que utilizam águas limpas e de boa qualidade. Após o uso estas águas são misturadas com os descartes laboratoriais (pias e cubas) e são descartadas como efluentes industriais, não havendo métodos de minimização ou reaproveitamento destas neste setor. As Figuras 4 A e B apresenta o digestor de bagaço e destilador de água respectivamente.

Figura 4. Equipamentos laboratoriais: A – Digestor de bagaço; B – Destilador de água.
Fonte: ALEXANDRE (2016).

Aa Figuraa 5 A e B apresenta o microdestilador de álcool e a manta de aquecimento condensadora respectivamente.

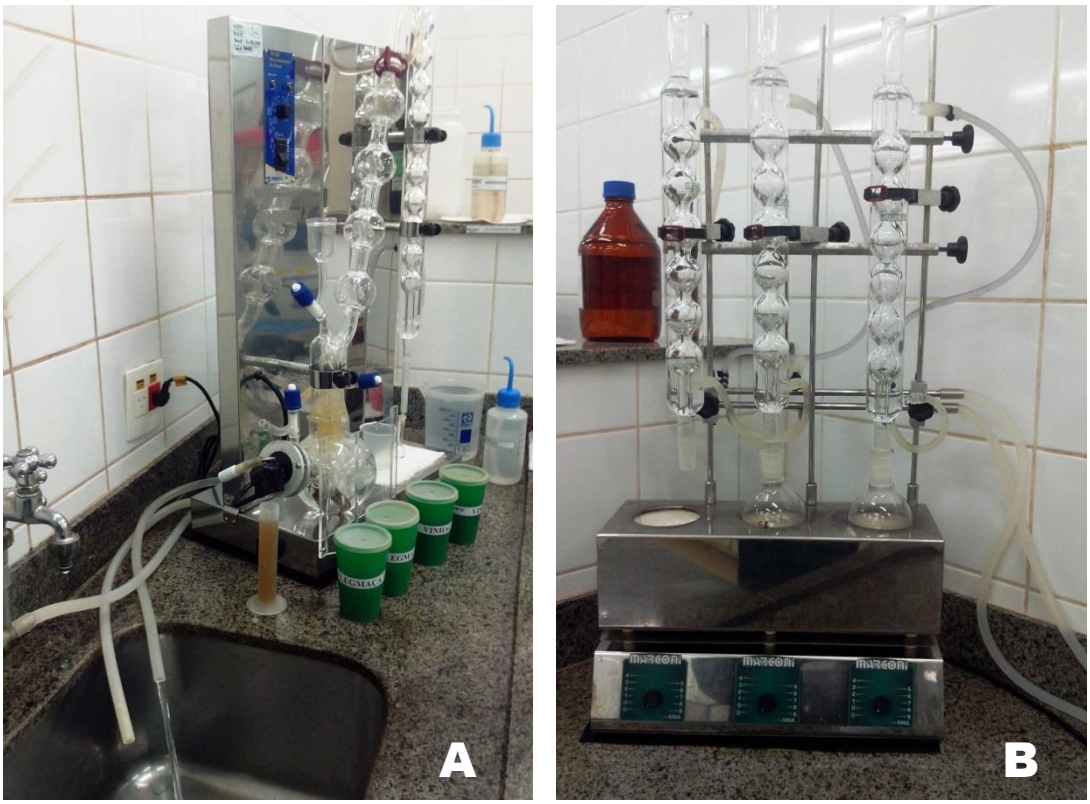

Figura 5. Equipamentos laboratoriais: A – Microdestilador de álcool; B – Manta de aquecimento condensadora.

Fonte: ALEXANDRE (2016).

6.3.3. Água de lavagem de tela do filtro prensa

O filtro prensa possui cinco telas de filtragem e com vazão média de aproximadamente 130 m³/h de água para limpeza das telas. Após sua utilização estas são reutilizadas para a embebição da moenda, diluindo o caldo contido nos ternos e induzindo o aumento da extração do caldo no terno seguinte.

A inviabilidade de reuso desta água para o setor da moenda começou ser visível devido ao excesso de sólidos presente na mesma, ocasionando problemas de desgastes de equipamentos, entupimentos de telas e de bicos. Devido a estas restrições, a solução imediata foi promover o seu descarte para as águas residuárias.

As Figuras 6 A, B, C, D, E e F apresentam respectivamente filtro prensa, torta sendo extraída do filtro prensa já seca, lavagem da tela do filtro prensa, água da lavagem do filtro prensa sendo descartada para água residuárias, peneira estática limpa, peneira estática suja após 5 minutos de operação (filtrando a água de lavagem de tela).

Figura 6. A – Filtro prensa; B – Torta sendo extraída do filtro prensa já seca; C – Lavagem da tela do filtro prensa; D – Água da lavagem do filtro prensa sendo descartada para água residuárias; E – Peneira estática limpa; F – Peneira estática suja após 5 minutos de operação (filtrando a água de lavagem de tela).

Fonte: ALEXANDRE (2016).

6.3.4. Descarte de água condensada durante a regeneração de álcool anidro

Para a obtenção de álcool anidro é necessário que se faça primeiro a destilação do vinho para adquirir o álcool hidratado (INPM : 92,3º – 93,4º**)**, que posteriormente sofre um processo de desidratação através de peneira molecular composta de zeólitos.

Para a obtenção da máxima eficiência dos zeólitos (resina), é necessário que o mesmo mantenha a temperatura mínima de 135ºC, caso contrário poderá haver a saturação das resinas, ocasionando uma perda de rendimento de desidratação. O aquecimento dos zeólitos é realizado pela injeção de vapor vegetal que chega a temperatura de 140ºC e do vapor direto que pode chegar a uma temperatura de 180ºC; durante o aquecimento dos zeólitos, parte do vapor resfria atingindo a temperatura de condensação, gerando a água condensada com temperatura aproximada de 115ºC.

Aproximadamente metade desse condensado é recuperado para o processo e a outra metade é descartada para a canaleta de águas residuais sem aproveitamento. A não recuperação de todo o condensado ocorre devido a necessidade de melhorias que possibilite o total aproveitamento destes. Esse condensado é uma água limpa de boa qualidade e que possui um poder calorífico considerado e que não deveria ser descartado podendo assim, ser reutilizada em outros setores da usina. A Figura 7 apresenta a água condensada sendo descartada para a canaleta de água residuárias.

Figura 7. Água condensada sendo descartada para a canaleta de água residuárias.
Fonte: ALEXANDRE (2016).

6.4. Princípios de estudo e análises realizadas

As análises físicas e químicas para atestar a qualidade dessas diversas águas geradas na usina foram realizadas na unidade da usina em estudo.

6.4.1. Águas de Selagem

Os pontos de acesso das águas de selagem foram identificadas através de visita nos diversos setores da usina, sempre acompanhado por um operador de área, auxiliando na identificação das bombas que utilizam o sistema de refrigeração e selagem através de água. A determinação volumétricas das águas de selagens foram realizadas através do método de análise padrão, que consiste na utilização de um cronometro, béquer e proveta volumétrica. A Figura 8 apresenta o momento da medição da vazão e temperatura das águas de selagem.

Figura 8. Determinação da vazão e da temperatura das águas de selagem.
Fonte: ALEXANDRE (2016).

Foram realizadas ainda análises de pH, temperatura e concentração de sólidos suspensos para análise de viabilidades quanto aos seus possíveis usos. A análise de pH foi feita utilizando um pHmetro portátil laboratorial da marca Digimed, modelo DM-22, devidamente calibrado a 20ºC com os padrões de calibragem de solução tampão com pH de 4,0 e 7,0. A análise da concentração de sólidos suspensos totais foi feita utilizando um espectrofotômetro da marca HACH, modelo DR 5000.

As Figuras 9 A e B apresentam análises de pH e sólidos suspensos totais respectivamente.

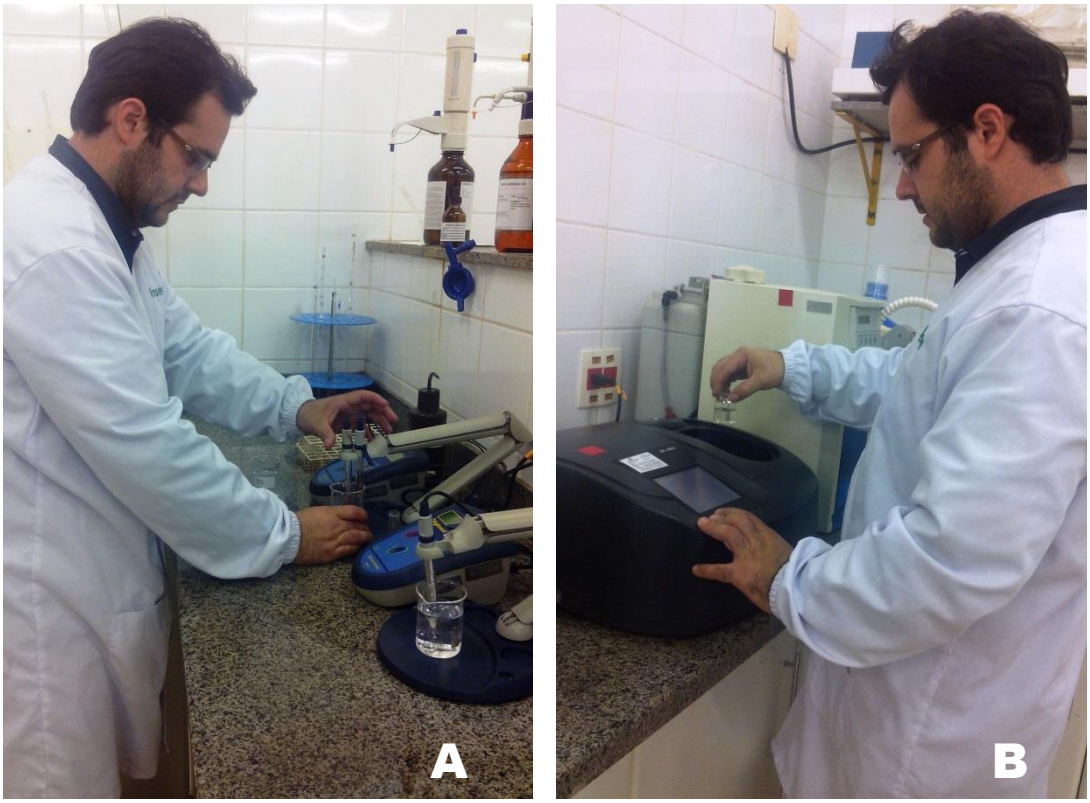

Figura 9. A – Análise de pH e B – Análise de sólidos suspensos.
Fonte: ALEXANDRE (2016).

6.4.2. Água de Lavagem do Filtro Prensa

A medição da vazão da água de lavagem de filtro prensa foi realizada utilizando um medidor *on line*.

Foi coletada amostra dessa água de lavagem da tela do filtro prensa e enviada para o laboratório para análise de decantabilidade, turbidez e sólidos suspensos totais do sobrenadante.

O teste de decantabilidade foi realizado para verificar a viabilidade de remoção de sólidos através de um processo físico simples de decantação. O teste foi realizado com cinco provetas graduadas de 1000 mL. A cada 30 minutos durante 2 horas foram realizadas leituras de turbidez e sólidos suspensos totais do sobrenadante.

As Figuras 10 A e B apresentam a coleta e análise de decantação da água de lavagem de tela de filtro prensa respectivamente.

Figura 10. A – Coleta de amostra da água de lavagem de tela de filtro prensa e B - Análise de decantação da água de lavagem de tela de filtro prensa.

Fonte: ALEXANDRE (2016).

A análise de sólidos suspensos foi realizada utilizando um espectrofotômetro da marca HACH e modelo DR 5000. A análise de turbidez foi realizada utilizando um turbidímetro da marca HACH e modelo 2100 N, com calibração realizada através de curvas analíticas. As Figuras 11 A e B apresentam respectivamente análise de sólidos suspensos e análise de turbidez.

Figura 11. A – Análise de sólidos suspensos e B - Análise de turbidez.

Fonte: ALEXANDRE (2016).

6.4.3. Água Condensada proveniente da regeneração do álcool hidratado

Parte do condensado dos zeólitos que está sendo recuperado, é encaminhado para um tanque de águas de processo (tanque purga). Amostra destas águas foram encaminhadas para o laboratório industrial, e foram realizadas análises de pH, condutividade e sílica.

A análise de pH foi realizada utilizando um pHmetro portátil laboratorial da marca Digimed, modelo DM-22, devidamente calibrado a 20ºC com os padrões de calibragem de solução tampão com pH de 4,0 e 7,0. A condutividade foi realizado utilizando um condutivímetro portátil laboratorial da marca Digimed marca Digimed, modelo DM-32, devidamente calibrado em solução tampão de 1.412 µS/cm e a análise de sílica foi realizada utilizando um espectrofotômetro da marca HACH e modelo DR 5000, no comprimento de onda de 1000 µg/L.

As Figuras 12 A e B apresenta a coleta de condensado do tanque purga e análise de sílica respectivamente.

Figura 12. A –Coleta do condensado no tanque purga, B - Análise de sílica.

Fonte: ALEXANDRE (2016).

6.4.4. Águas laboratoriais

Para determinação da vazão das águas laboratoriais foi utilizado o método padrão para medição de vazão, utilizando-se um cronometro, béquer e proveta volumétrica onde se mede a vazão em um volume conhecido, medindo-se o tempo gasto para completar esse volume. As Figuras 13 apresenta a determinação do volume das águas laboratoriais respectivamente.

Figura 13. Determinação do volume das águas laboratoriais.

Fonte: ALEXANDRE (2016).

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. Águas industriais descartadas nos setores avaliados

A Tabela 2, apresenta os valores das vazões de quatro setores passíveis de implantação de projetos para recuperação de águas industriais.

Tabela 2. Inventário das vazões das diversas águas geradas na usina e que são lançadas como água residuárias

Locais	Vazão, Litros/Dia	Percentual
Lavagem de tela do filtro prensa	3.120.000	77,2%
Condensado dos Zeólitos	600.000	14,8%
Bombas de selagens	311.040	7,7%
Águas Laboratoriais	10.260	0,3%
Total	**4.041.300**	**100%**

*Safra 2015/2016

Verifica-se que das quatro áreas geradoras de efluentes passíveis de implantação de projetos para recuperação de águas industriais, os efluentes gerados a partir da lavagem da tela do filtro prensa apresentam maior contribuição de volume comparado com as demais fontes geradoras, seguidas a água condensada proveniente do aquecimento dos zeólitos, água de selagem das bombas e águas laboratoriais.

A consequência do não reaproveitamento destas águas está gerando maior captação de água bruta para suprir as perdas existentes num processo industrial, consequentemente produzindo uma vazão significante das águas residuais. O reuso das águas em estudo significaria uma diminuição da captação de água bruta como também redução de águas residuais, com essa atitude a indústria poderia chegar a um beneficiamento sustentável, usufruindo de um marketing ambiental, melhorando sua imagem, como também contribuindo para o meio ambiente.

7.2. Locais com oportunidades de fechamento de circuitos de efluentes

Os locais identificados para fechamento de circuitos estão apresentados na Figura 2. Na Figura 14 apresenta o fluxograma industrial com as ações propostas para o fechamento de circuito em cada área específica.

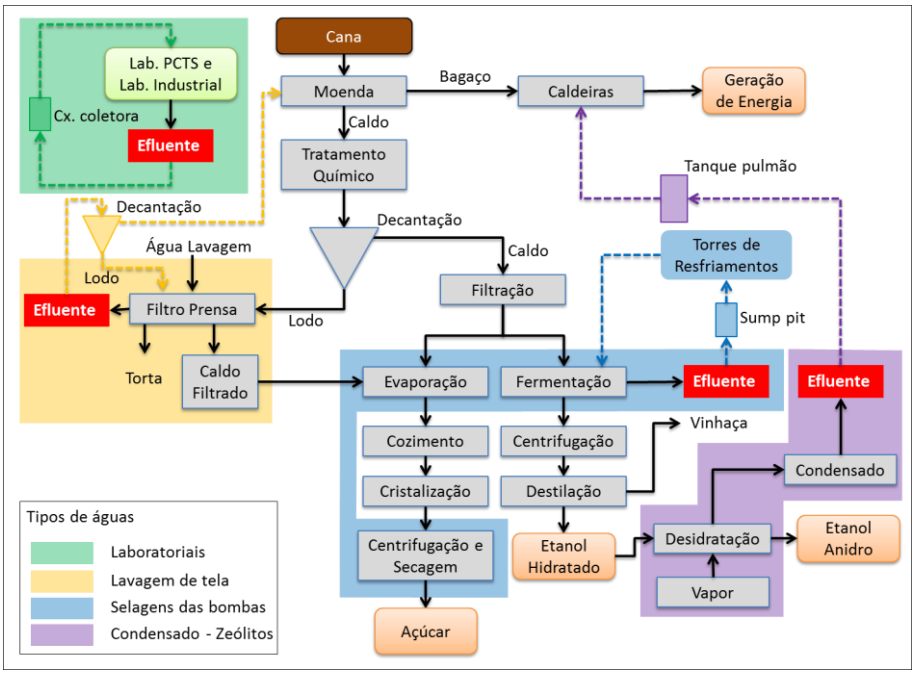

Figura 14. Fluxograma proposto para a usina do estudo de caso, destacando a matéria prima, processo produtivo, produtos finais e as modificações (instalações) propostas para o fechamento de circuitos.

Do item 7.2.1 ao item 7.2.4 são apresentados detalhadamente as ações propostas em cada área.

7.2.1. Lavagem de tela do filtro prensa

Embora a água utilizada para lavar as telas do filtro prensa seja uma água já reaproveitada do processo industrial (rejeito da osmose, condensado amoniacal, sobra de condensado V1, entre outras), torna-se importante considerar algum uso viável que possa absorver essa água. No entanto algumas características físicas, sobretudo concentração elevada de sólidos suspensos totais, inviabilizam seu uso em diversos setores produtivos.

Considerando o volume diário de captação de água bruta de aproximadamente 10.000m³, esse valor de água descartada corresponde a 31% de toda a água captada. Ou seja, quaisquer ações que porventura seja adotada para reaproveitar essa água causará um impacto altamente positivo para o meio ambiente, para a redução de custo, balanço hídrico industrial e redução no consumo específico de água melhorando os índices ambientais e a imagem da empresa no que tange a conservação e manutenção dos recursos naturais renováveis.

Para que se possa propor uma reutilização adequada dessa água, primeiramente deve-se realizar análises laboratoriais para determinar parâmetros e grandezas impeditivas de reutilização. Dessa forma, foram determinados a turbidez e concentração de sólidos suspensos totais, que apresentaram valores de 4.430UNT e 6010mg/L respectivamente.

A Figura 15 apresenta as análises realizadas de sólidos suspensos e turbidez do sobrenadante de cada amostra coletada das águas de lavagem de tela do filtro prensa entre os intervalos de 30 minutos no período de 2 horas, os parâmetros de qualidade das análises revelam as curvas de tendência respectivas.

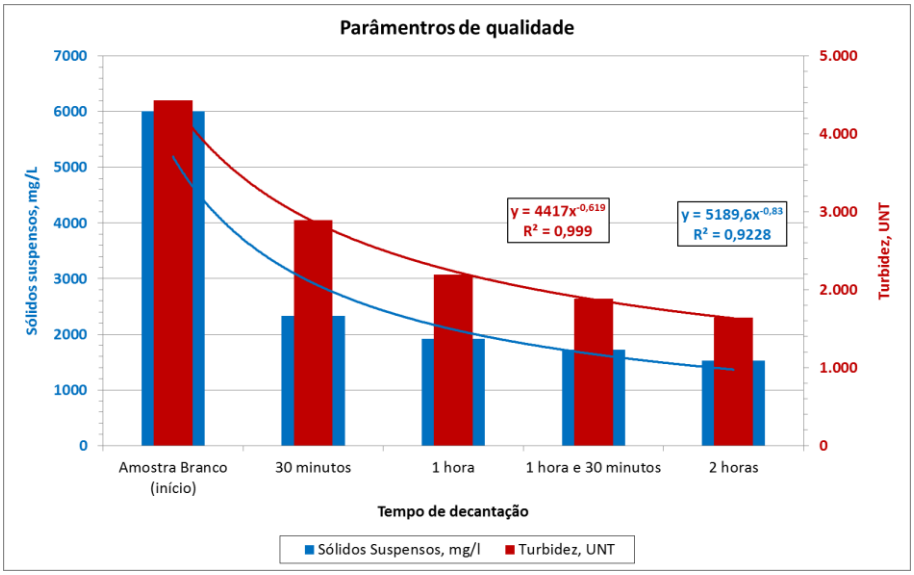

Figura 15. Curva de tendência dos sólidos suspensos, mg/l e da turbidez, UNT .

No teste de sedimentabilidade da amostra em laboratório (Figura 13), verificou que a decantabilidade do lodo tem um comportamento exponencial, ou seja, a maior parte do lodo (61%) decanta nos 30 minutos iniciais e após duas horas esse valor chega a 74,5%, acréscimo de 13,5% . Isso sugere que um adensador de lodo com a taxa de aplicação hidráulica de $2m^3/m^2.d$ equivaleria a um decantador de 9,0m de diâmetro.

Obviamente esta taxa é utilizada para efluentes domésticos utilizado em ETE para tratamento de efluentes residenciais urbanos (CHAO, 2007). Considerando o fato de que os sólidos presentes nesse efluente possui densidade superior comparada aos sólidos de efluentes domésticos, é possível a redução considerável desse diâmetro. A aplicação de uso de uma unidade de decantação para remover os sólidos foi devido ao baixo custo de clarificação do efluente, não sendo necessário aplicação de polímeros, o que elevaria os custos variáveis operacionais.

Para garantir uma melhor otimização de aplicação dessa tecnologia, recomendasse um estudo piloto para determinação da qualidade final do efluente utilizando uma unidade de decantação.

Segundo Moraes (2015), decantação é o processo em que a energia gravitacional é empregada para separar as partículas sólidas de maior densidade que a da água, depositando-as numa superfície de armazenamento; tendo a densidade, tempo de retenção,

profundidade e área do tanque, tamanho, velocidade, temperatura e concentração das partículas como fatores que influenciam na eficiência de decantação.

Os sólidos decantáveis removidos do fundo desse decantador proposto será encaminhado para o filtro prensa para ser desaguado junto o lodo. O sobre nadante será encaminhado para a embebição da moenda.

As Figuras 16 A e B apresenta um fluxograma desse layout atual e um proposto do filtro prensa.

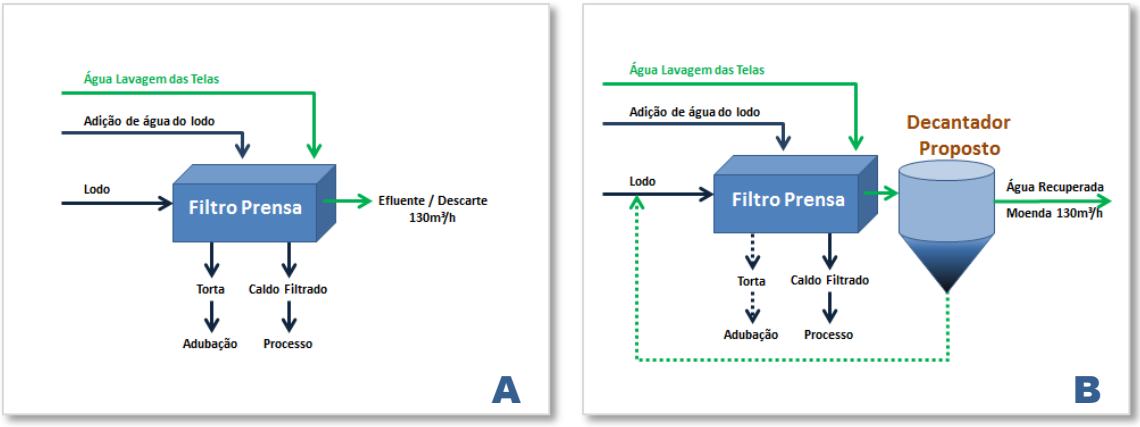

Figura 16. A – Fluxograma do circuito de massa no filtro prensa e B – Fluxograma proposto do layout do filtro prensa.

7.2.2. Condensado dos zeólitos, produção de álcool anidro

O vapor que é utilizado para aquecimento das zeólitos, no processo de desidratação do álcool hidratado por via peneira molecular, com a obtenção de álcool anidro, condensa e rejeita uma quantia de 600.000L/d representando aproximadamente 15% do total diário descartado. Do ponto de vista da concentração de turbidez, pode se afirmar que este efluente é considerado limpo. As análises de sílica realizada neste efluente apresentou valores da ordem de 25mg/L, sendo considerado baixo, ou seja, é um efluente com grande potencial de reuso.

No entanto, o vapor condensado deste processo, não está sendo descartado em sua totalidade e parte deste está sendo reaproveitado. Desta forma, propõem-se o reaproveitamento total como descrito a seguir: Para que ocorra o reaproveitamento total dessa água, o setor precisa realizar algumas modificações no processo, sendo basicamente a instalação de um tanque pulmão (reservatório onde a água condensada é armazenada) com controle de nível intertravado com uma bomba de acionamento automático responsável por enviar esta água para o tanque de condensado purga (tanque receptor de águas industriais com grande potencial de reuso) onde posteriormente será encaminha para ser reaproveitada em outros setores, com diferentes usos.

As Figuras 17 A e B apresenta um fluxograma atual do processo de regeneração de álcool hidratado, posteriormente com a nova proposta de recuperação de condensado dos zeólitos.

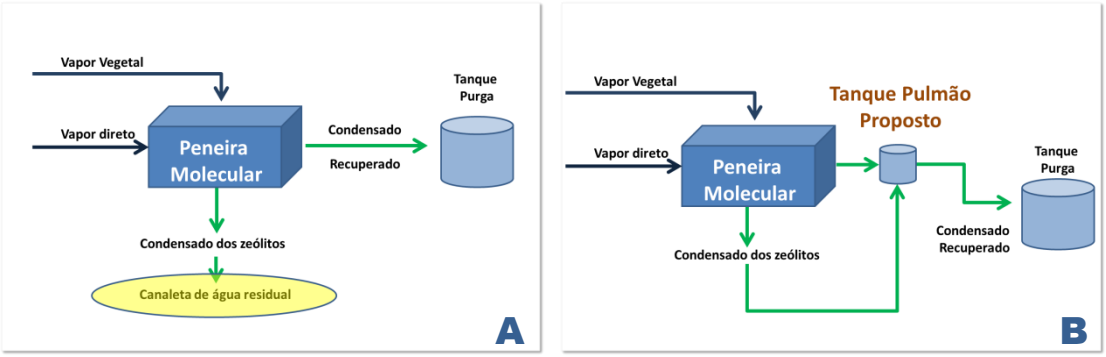

Figura 17. A – Fluxograma atual do processo de regeneração de álcool hidratado, B – Fluxograma proposto para recuperação de condensado dos zeólitos.

7.2.3. Águas da selagem de bombas

A Tabela 3 apresenta as vazões de descartes de água de selagem das bombas nos diversos setores produtivos.

Tabela 3. Inventário das vazões de descarte das águas de selagem das bombas

Localização das bombas	Quantidade de bombas	Vazões de descartes	
		Litros/dia	Litros/safra*
Fermentação	17	195.840	71.677.440
Tratamento de Caldo	8	92.160	33.730.560
Fábrica de Açúcar	2	23.040	8.432.640
Total	**27**	**311.040**	**113.840.640**

*Safra 2015/2016

As águas de selagem das bombas são águas reaproveitadas dos processos de rejeito da osmose, condensado amoniacal, sobra do condensado V1, dentre outros. As análise laboratoriais desta água confirmaram que a mesma apresenta reduzidas concentrações de sólidos suspensos totais e pH neutro, parâmetros importantes para que não haja desgastes das bombas garantindo funcionamento adequado das mesmas. A soma das vazões de água descartadas das 27 bombas sem plano de recuperação de águas foi de 311.040 litros diários, aproximadamente 8% do total apresentado no inventário.

Considerando as características físico-químicas dessa água, pode-se dizer que essa água possui um grande potencial de reaproveitamento, para o setor. A proposta a ser empregada será a coleta das águas de selagem de todas as bombas e encaminhamento destas para um tanque "*sump pit*" (fossa ou reservatório onde se junta as diversas águas de uma determinada área industrial), que através de um conjunto motobomba que

encaminhará esta para a torre de resfriamento de cada setor respectivo, diminuindo a reposição de água a ser utilizada na torre de resfriamento e consequentemente a necessidade de captação de água bruta. As Figuras 18 A e B apresenta fluxograma atual e proposto para o reaproveitamento das águas de selagem.

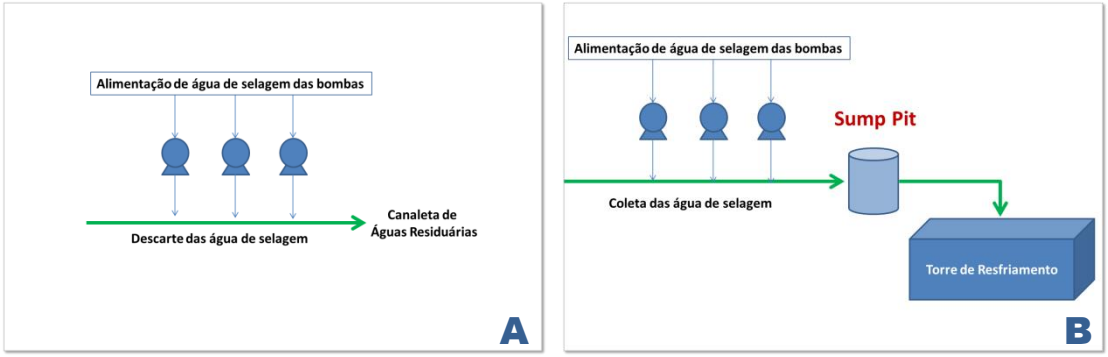

Figura 18. Fluxograma reuso da água de selagem – A – Circuito atual; B – Circuito proposto.

7.2.4. Águas laboratoriais

A Tabela 4 apresenta o inventário das vazões de descarte das águas laboratoriais.

Tabela 4. Inventário das vazões de descarte das águas laboratoriais

Equipamento	**Vazões de Descarte**	
	Litros/dia	**Litros/safra ***
Destilador de água - Lab. Industrial	3.600	1.317.600
Destilador de água - Lab. Sacarose	2.400	878.400
Digestor - Lab. Industrial	540	197.640
Digestor - Lab. Sacarose	1.560	570.960
Microdestilador de Álcool - Lab. Industrial	1.800	658.800
Manta térmica - Lab. Industrial	360	131.760
Total	**10.260**	**3.755.160**

*Safra 2015/2016

Considerando as vazões das diversas águas inventariadas e apresentadas na Tabela 2, verifica-se que as águas laboratoriais em comparação com as demais, causam menor impacto. A considerar que esta água é uma água que fora utilizada somente para resfriamento pode-se dizer que estas são limpas e com elevado potencial de reuso. A vazão diária desse descarte foi de aproximadamente 10.260 litros.

Embora esse volume seja reduzido ele apresenta uma grande vantagem de que esta água pode ser reutilizada para o mesmo setor realizando as mesmas funções. Seu reaproveitamento consiste em instalar uma caixa coletora, com a função de armazenar a água descartada em cada laboratório e posteriormente recalca-la ao reservatório de água do prédio, fechando assim o circuito das mesmas.

As Figuras 19 A e B apresenta respectivamente o fluxograma de descarte das águas laboratoriais atual e o fluxograma proposta para o recolhimento e reuso.

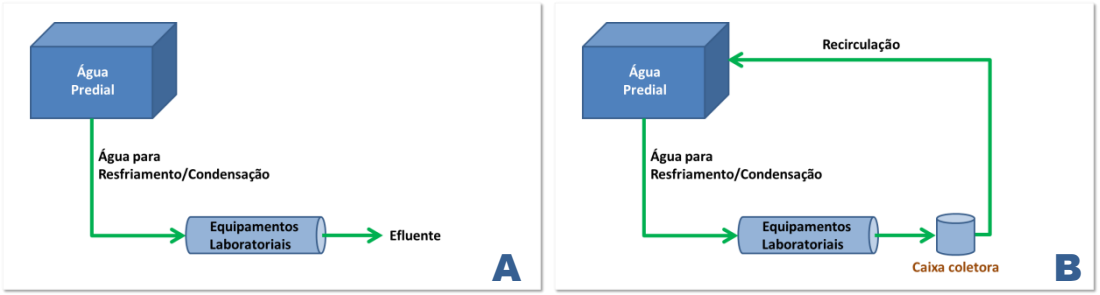

Figura 19. Fluxograma de recolhimento das águas laboratoriais com potencial de reuso.

8. CONCLUSÃO

Este estudo possibilitou concluir que existem poucas informações a respeito dos volumes de águas consumidas e geradas nesses pontos estudados. Essa falta de informação leva a uma falsa informação de que esses volumes descartados são pouco relevantes tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista ambiental.

Os custos operacionais para tratamento da água bruta, água de caldeira (específica para a produção de vapor) e disposição dos efluentes não são computados na totalidade, o que dificulta estudos de viabilidade econômica com análise de retorno financeiro tanto a médio quanto a longo prazo. No entanto, a implantação das ações propostas poderão certamente garantir retorno financeiro, ambiental e melhorar a imagem da empresa.

As dificuldades e desafios podem ser superados com uma perspectiva de muito trabalho em comprometimento, com a redução contínua do consumo de água no processo industrial sucroenergético, podendo chegar mais próximo possível de uma sustentabilidade desejada.

9. PROPOSTA DE TRABALHO FUTUROS

Como continuação desse trabalho propõem:

i. Realizar estudo de viabilidade técnica para verificar os impactos desse fechamento no balanço hídrico industrial;
ii. Realizar estudo de viabilidade econômica a fim de determinar qual o tempo para que haja o retorno do investimento;
iii. Realizar estudos piloto para determinar a taxa de aplicação dos efluentes no decantador proposto, pois não foi encontrado taxas de aplicações para este tipo de lodo.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Karen Juliana do. **Uso de água em indústria de papel e celulose sob a ótica da gestão de recursos hídricos**. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, Abr. de 2008. Disponível em: http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/doutorado/rh/2008/Teses/AMARAL_KH_08_t_D_int.pdf. Acesso em: 18 de Maio 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Manual de Conservação e Reuso de Água na Agroindústria Sucroenergética**. Brasília, DF, 2009.

Banco Nacional do Desenvolvimento. **Guias Socioambientais do BNDES - Setor Sucroenergético**. Set. 2014. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/download/acao_socioambiental/GuiaSocioAmbiental_Sucroenergetico.pdf. Acesso em: 18 Jan. 2016.

CHAO, Iara Regina Soares. **Diagnóstico e otimização dos adensadores por gravidade**. Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Abeas 2007.

COSTA, Ricardo Cunha da. **Mitigação de Riscos e Ampliação de Retornos: Aplicação dos conceitos de fronteira eficiente de Markowitz e de Carteira alavancada ao setor sucroalcooleiro**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 29, p. 37-76, Mar. 2009. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/Set2902.pdf. Acesso em 20 Mar. 2016.

EMBRAPA Informática Agropecuária. **Estudo mostra como usinas de cana podem reduzir consumo de água**. Piracicaba, 2015. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2482285/estudo-mostra-como-usinas-de-cana-podem-reduzir-consumo-de-água. Acesso em 27 Fev. 2016.

FRANCO, Max Joel Mucha. **Aplicação da Metodologia de APPCC – Análise de perigos e pontos críticos de controle – Como ferramenta para reuso de água na indústria: Modelo para indústria de aromas e essências**. São Paulo, 2007. Disponível em: file:///C:/Users/Windows%207/Downloads/DissertacaoFinalCorrigidoMaxJoelMuchaFranco.pdf. Acesso em 02 Mar. 2016.

FILHO, Cesar de Araujo Góss; LEITIS, Gustavo André. **Sistema de vácuo na seção de formação da folha de papel**. Rev. O Papel, Jul. 2013. Disponível em: http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1373897771_8edb81568b87706fd9e480fa4a6c5c89_946160675.pdf. Acesso em 22 Dez. 2015.

HESPANHOL, Ivanildo; GONÇALVES, Orestes Marracini. **Conservação e Reuso de Água, Manual de Orientações para o Setor Industrial**. São Paulo, 2004; Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo – Fiesp/Ciesp. Disponível em: file:///C:/Users/Windows%207/Downloads/CONSERVA%C3%87%C3%83O-E-RE%C3%9ASO-DA-%C3%81GUA-2004.pdf. Acesso em 22 Fev. 2016.

LINS, Clarissa; SAAVEDRA, Rafael. **Sustentabilidade Corporativa no Setor Sucroalcooleiro Brasileiro**. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável –

Rio de Janeiro; Agos. 2007. Disponível em: http://fbds.org.br/IMG/pdf/doc-254.pdf. Acesso em: 10 Fev. 2016.

NETO, André Elia. **Gestão dos Recursos Hídricos na Agroindústria Canavieira**. UNICA, São Paulo, 2014. Disponível em: file:///C:/Users/Windows%207/Downloads/f032f7d6c1c145f17d4776f72014ab42.pdf. Acesso em: 12 Jan. 2016.

NEVES, Marcos Fava; TROMBIN, Vinicius Gustavo. **A Dimensão do Setor Sucroenergético: Mapeamento e Quantificação da Safra 2013/14**. Centro de Pesquisa e Projetos em Marketing e Estratégia; Fundace - Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia; FEA-RP/USP - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto; Ed 1º, Jun 2014. Disponível em: file:///C:/Users/Windows%207/Downloads/4f9577ebbd51a269a90 9981503c9b7d7.pdf. Acesso em: 15 Fev. 2016.

MARTINS, Márcia Viana Lisboa; ASTORGA, Oscar Armando Maldonado; SILVEIRA, José Luz . **Conservação de água na indústria**. Departamento de Energia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rev. Ciênc. Exatas, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 107-113, 2006. Disponível em: http://revistas.unitau.br/ojs-2.2/index.php/exatas/article/viewFile/378/471. Acesso em 16 Maio 2016.

MORAES, Peterson B. **Decantação primária e precipitação**. UNICAMP, Limeira - 2015. Disponível em: http://webensino.unicamp.br/disciplinas/ST503-293205/apoio/3/decanta__o_prim_ria_e_precipita__o_alunos.pdf. Acesso em: 15 Maio 2016.

RODRIGUES, Luis Cesar; ANDRADE, Alexandre Augusto de. **Substituição de água fresca por água branca em selagem de bombas de vácuo**. X Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 10, n. 1, 2014, pp. 51-66. Disponível em: http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/viewFile/785/809. Acesso em 26 Mar. 2016.

RUIZ, Leonardo. **Água - Exemplo em gestão hídrica - Água bem aproveitada - Pesquisa apresenta alternativas para reduzir consumo de água nas usinas**. Rev. Digital Cana Online; Dez 2014, Nº. 17; Ed. Paiva& Baldin. Disponível em: http://www.canaonline.com.br/edicao/edicao17-portal-canaonline-dezembro2014.html. Acesso em: 25 Jan. 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético Paulista: Dados consolidados das safras 2007/08 a 2013/14**. São Paulo, 2014. Disponível em: http://agricultura.sp.gov.br/noticias/3139-boas-novas-no-relatorio-do-protocolo-agroambiental-do-setor-sucroenergetico. Acessado em: 15 Abr. 2015.

SILVA JUNIOR, João Paulo Marques da. **Estudo Compreensivo do Setor Sucroenergético e Estudo da Influência da Água Adicionada ao Processo de Produção de Açúcar álcool e Energia Elétrica.** Universidade Federal de São Carlos Centro de Ciências Agrárias Pós-Graduação em Gestão do Setor Sucroenergético-MTA; Sertãozinho 2013. Disponível em: <http://www.etanol.ufscar.br/trabalhos-mta/sertaozinho-iii-c/trabalhos/estudo-compreensivo-do-setor-sucroenergetico-e-estudo-da-influencia-da-

água-adicionada-ao-processo-de-producao-de-acucar-alcool-e-energia-eletrica>. Acesso em: 12 Fev. 2016.

SILVA, Ana Paula Vieira da; ALENCAR, Soraya. **Desidratação de álcool por peneira molecular.** Universidade Federal de Alagoas, Maceió – AL, 2012. Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/ABAAAflT4AA/desidratacao-etanol-por-peneira-molecular. Acesso em 18 Fev. 2016.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. Etanol e Bioeletricidade : **A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. Eduardo L. Leão de Sousa e Isaias de Carvalho Macedo Coord. São Paulo, 2010. Disponível em: www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=43684046. Acesso em 25 Jan. 2016.

_____. **Responsabilidade Socioambiental, A Sustentabilidade da cana-de-açúcar brasileira**. Edson Perin – Coord.; Ribeirão Preto – SP, 2010. Disponível em: http://www.unica.com.br/sustentabilidade/. Acesso em 26 Jan. 2016.