

ANÁLISE ECONÔMICA DA PRÁTICA DE REÚSO DA ÁGUA EM UM PROCESSO INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DE REFRIGERANTE

Bruno José Costa da Cunha (1)

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade federal do Pará. Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará.

Karissa Auad Carvalho Duarte (2)

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.

Priscila Cavalcante Lopes (3)

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.

Eduirbe Castro Araújo (4)

Engenheiro Sanitarista, pela Universidade Federal do Pará. Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar a possibilidade de reúso da água em uma fábrica de refrigerante. Foi realizada uma análise do processo produtivo desde a captação da água até a incorporação pelo produto final, o refrigerante. Foram realizadas campanhas de medição de vazão para o conhecimento do consumo de água de cada setor da fábrica. Além disso, foi realizada uma avaliação dos gastos com os produtos químicos utilizados na estação de tratamento de esgoto da fábrica. Após a análise do balanço hídrico, verificou-se que a água utilizada para a lavagem de garrafas PET possui capacidade (vazão) e qualidade para atender as demandas de águas, tais como: lavagens de pisos, descargas de vasos sanitários, retrolavagem de filtro, reservatório de combate a incêndio, caldeiras e torres de resfriamento. Adotando o reúso da água de lavagem de garrafas PET, pode-se gerar uma economia de R\$10.501,68 com o uso de produtos químicos na estação de tratamento de esgoto (ETE) da fábrica e R\$ 2.772,00 na taxa hídrica, totalizando R\$ 13.273,68 por ano. Adotando-se esta prática, poderá ocorrer uma economia de aproximadamente 12% no consumo diário de água na fábrica de refrigerante estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso da água, fábrica de refrigerantes, redução de custos.

1. INTRODUÇÃO

A pressão na matriz hídrica devido ao crescimento industrial é bastante significativa e têm aumentado os problemas de poluição da água. De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, os setores que mais demandam por água no mundo são agricultura, pecuária, industrial, energético e abastecimento urbano. Dentre estes, o setor industrial corresponde a 20% da retirada de água doce com potenciais impactos na qualidade da água (UNESCO, 2012).

As recentes políticas federais e estaduais (lei nº 9.433/1997, lei nº 16.174/2015 e lei nº 16.160/2015) relacionadas ao gerenciamento dos recursos hídricos têm motivado vários setores econômicos a ter um maior interesse por questões relacionadas à escassez e poluição das águas. Um dos tipos de gerenciamento aplicáveis ao consumo da água no setor industrial é o reúso, que consiste na utilização de águas e efluentes não submetidos a tratamento, mas enquadrados qualitativamente para a finalidade ou processo a que se destina (FIESP/CIESP, 2004).

A indústria de bebida, por exemplo, requer grandes quantidades de água potável, o que gera considerável quantidade de águas residuárias durante diferentes processos: produção da bebida, lavagem das garrafas, lavagem da área de trabalho e dos pisos. Estima-se que aproximadamente 50% do esgoto gerado durante a produção da bebida vêm da lavagem das garrafas (HAROON, WASEEM & MAHOOD, 2013). De acordo

com Kasmi *et.al* (2016) indústria de bebidas não alcoólicas, tais como bebidas gaseificadas e sucos produzem 0,5 L de esgoto para cada 2 L de água consumido no processo de fabricação das bebidas.

Um estudo realizado em uma indústria de bebida na Turquia comprovou que após a implementação das práticas de reúso, obteve-se um decréscimo de 55% de água utilizada durante o processo de produção e 57,4% de esgoto gerado depois do processo produtivo, totalizando uma economia de \$97.003,00 em 9 meses para a empresa estudada (ALKAYAA & DEMIRERB, 2015).

Esta prática também está sendo aplicada nas indústrias brasileiras. Segundo estudo realizado por Souza *et. al* (2016) em duas empresas do ramo de lavanderias industriais, de médio porte, localizadas na região Sul, pode-se identificar a diminuição da carga poluidora com o processo de reúso da água, com consequente redução de custos. Uma das empresas estudadas, por exemplo, reaproveita 80% da água em seus processos com o tratamento de efluentes, obtendo uma economia bastante satisfatória, cerca de R\$ 1.278,00 por dia.

Neste sentido, a combinação do gerenciamento dos recursos hídricos na linha de produção e o conceito de produção limpa, ou seja, sem o desperdício de água, têm resultado em benefícios tanto econômicos quanto ambiental (HAROON, WASEEM & MAHOOD, 2013).

Desta forma, é inquestionável que o setor industrial pode desempenhar um papel importante para as práticas sustentáveis do uso da água. Este trabalho busca verificar a possibilidade de reúso de água no setor de produção de uma indústria de refrigerante e efetuar o estudo de viabilidade econômica do reúso de água através da obtenção do consumo de água nos setores da fábrica de refrigerante em estudo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Verificar a possibilidade de reúso de água no setor de produção de uma indústria de refrigerante localizada na região Norte do Brasil.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter o consumo de água nos setores da fábrica de refrigerante em estudo;
- Efetuar o estudo de viabilidade econômica do reúso de água.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste item são apresentadas as informações referentes à área de estudo, descrição do processo de produção do refrigerante, descrição do sistema de tratamento de água, medição de vazão, reúso de água e estudo econômico.

3.1. ÁREA DE ESTUDO E DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

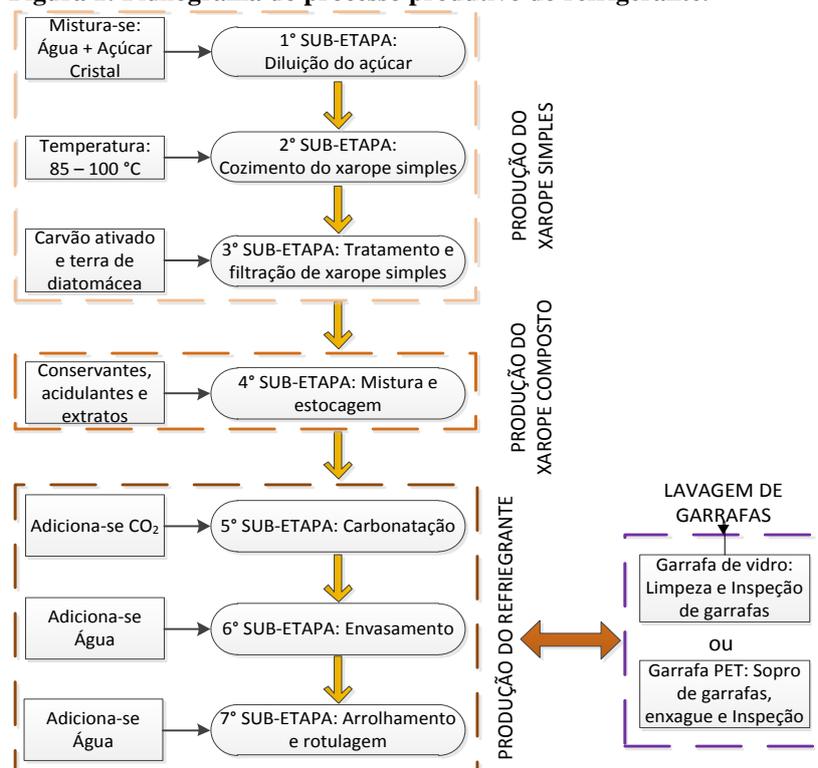
O trabalho foi realizado em uma fábrica de refrigerante, localizada em Benevides a 25 km de Belém-PA. A fábrica produz em média 123 mil litros de refrigerantes por dia e possui um consumo de água que varia de acordo com a produção de refrigerante.

A produção de refrigerantes emprega grandes quantidades de água, açúcar cristal, CO₂ para carbonatação, além de diversos aditivos como conservantes (sorbato de potássio e benzoato de sódio), estabilizantes, acidulantes, corantes, essências (guaraná, cola, limão, laranja, uva), entre outros. Na Figura 1 pode ser visualizado o fluxograma resumindo todas as etapas do processo de produção do refrigerante.

De acordo com a CETESB (2005) ao longo do processo produtivo do refrigerante existem várias etapas que geram além do processo produtivo que demandam um grande volume de água, conseqüentemente gerando uma grande quantidade de efluente com composição variada, sendo assim, as principais fontes geradoras desses efluentes são:

- Lavagem dos tanques de preparação dos xaropes simples e composta;
- Lavagem das tubulações e filtros;
- Lavagem dos pisos da área de estocagem de matéria prima;
- Lavagem dos pisos do setor de preparação do xarope simples e composto;
- Lavagem das garrafas retornáveis;
- Lavagem das máquinas, tanques, equipamentos e tubulações do setor de envasamento.

Figura 1: Fluxograma do processo produtivo do refrigerante.



3.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

O sistema de abastecimento de água existente na fábrica de refrigerantes atende as seguintes unidades: administrativa da empresa, refeitório e o setor de produção. O fornecimento de água para essas instalações é realizado inicialmente pelo bombeamento de dois poços de águas subterrâneas, o qual segue para a Estação de Tratamento de Água (ETA), seguindo para a distribuição nos setores da fábrica citados anteriormente.

Na ETA, a água bruta é submetida, inicialmente, ao processo de oxidação do ferro (Fe²⁺) através da injeção de Hipoclorito de sódio (NaClO) na linha de recalque que vai do poço de captação para o reservatório de água pré-tratada, finalizada essa etapa, a água oxidada seguirá para a etapa de filtração em dois filtros em série, sendo um composto por areia e carvão ativado, além de outro com cartuchos de membrana de celulose, ao término desta etapa a água seguirá por tubulação de inox DN 50 mm para ser encaminhada para as linhas de produção da fábrica (xaroparia e envase).

As linhas de abastecimento comum e de lavagem de garrafas de vidro não passam pela etapa de filtração, pois a água pré-tratada já apresenta qualidade para atender tais finalidades. A seguir, são descritas considerações técnicas da finalidade das unidades de tratamento no fluxograma atual da ETA em estudo:

1) Captação de água bruta: essa etapa destina-se a realizar o fornecimento de água bruta a ser tratada na ETA. A captação de água bruta é realizada em manancial subterrâneo, mediante o uso de dois (02) conjunto moto-bombas submersos, instalados em dois poços distintos cuja tubulação de recalque tem DN 2”(50 mm).

2) Etapa de Oxidação e Desinfecção: essa unidade consiste na injeção de hipoclorito de sódio, com 12% de concentração, na linha de recalque que vai para o reservatório de água pré-clorada. Nesta etapa ocorrerá a oxidação do ferro, além da desinfecção da água.

3) Filtração: essa etapa é realizada em dois (02) filtros sendo um de areia e carvão ativado (antracito) e outro de membrana (cartucho de celulose), com diâmetros de 2,0m e 0,60m, correspondendo a uma área individual de 3,14 m² e 0,28 m², respectivamente. Nessa etapa atuam a ação dos mecanismos de transporte, aderência e desprendimento das partículas suspensas durante a passagem da água pelo meio poroso (leito filtrante) em sentido descendente destinado a realizar a separação das partículas da fase líquida.

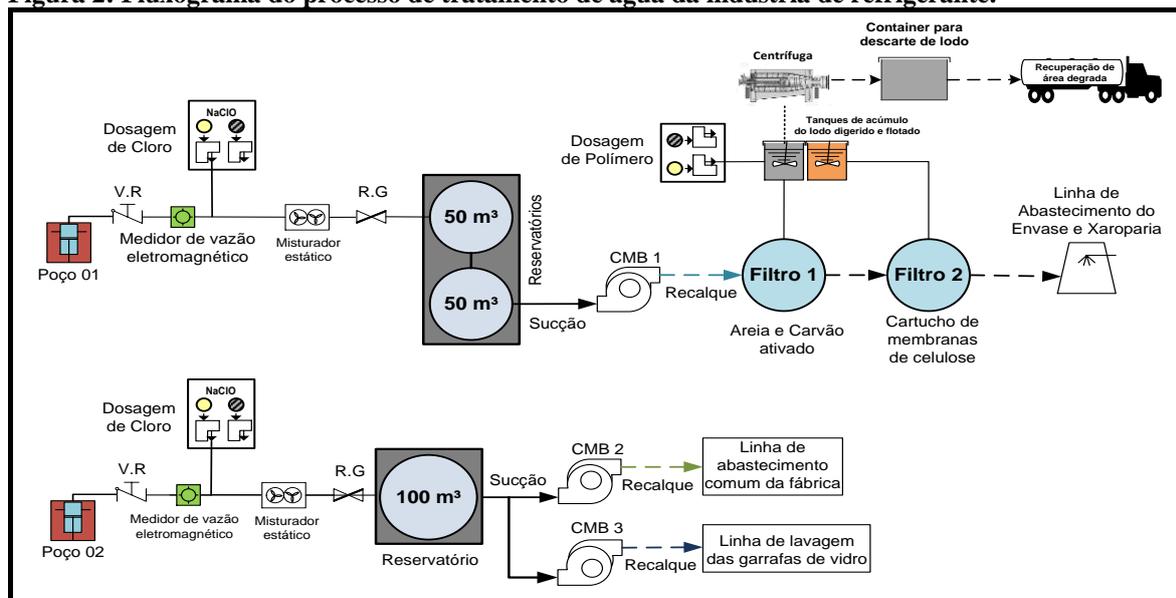
4) Desinfecção e correção do pH: nessa etapa tem-se a adição “in line” das soluções de NaClO e de NaOH na tubulação de PVC de DN 250 mm de água filtrada por sistema de dosagem (tanque Polietileno V= 310L e bomba dosadora tipo diafragma) que irão garantir a qualidade microbiológica da água e o pH adequado para consumo.

5) Reservatório Inferior e Reservatório Elevado: todas as três unidades de reservação da ETA são de aço inoxidável, essas unidades o com capacidade aproximada de armazenar 200 m³ de água, sendo dois reservatórios com capacidade de 50 m³ cada e outro com 100 m³. Estes reservatórios destinam-se a armazenar água bruta e tratada para a distribuição, respectivamente, e buscam atender as demandas das linhas de abastecimento comum, linha de abastecimento de produção do refrigerante e linha da lavadora de garrafas de vidro.

6) Elevatória de Água Tratada: nessas unidades ocorrem bombeamento da água tratada do reservatório de 100 m³ para as linhas de recalque que irão atender as necessidades de toda a fábrica. Tal ação é realizada por conjuntos moto-bombas (CMB), sendo cada CMB para cada uma das três linhas de distribuição existem no local.

Na Figura 2 pode-se visualizar o fluxograma dos processos de tratamento de estação de tratamento de água da indústria de refrigerante em estudo.

Figura 2: Fluxograma do processo de tratamento de água da indústria de refrigerante.



3.3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO EFLUENTE

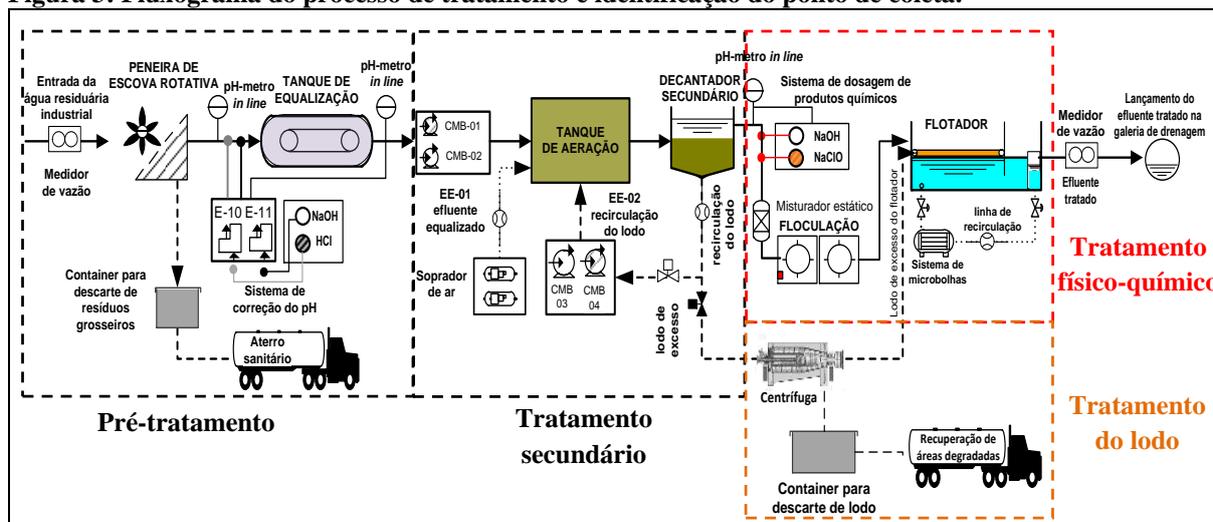
O sistema de tratamento de efluentes usado pela referida indústria é aeróbio, sendo caracterizado como um processo de lodos ativados por aeração estendida, composto por uma peneira rotativa, tanque de equalização, tanque de aeração por ar difuso, decantador secundário, tanque de mistura e um flotador.

O processo de tratamento inicia-se com a chegada do afluente, por gravidade na ETE. O pré-tratamento ocorre em uma peneira estática para a remoção de sólidos grosseiros (canudinhos, embalagens plásticas, tampinhas e papel), em seguida, o líquido chega ao tanque de equalização para homogeneização e correção do pH, quando necessário. O tanque de equalização possui agitação por ar induzido, opera em nível variado, além de controlar as vazões de pico da indústria e evita as sobrecargas no reator biológico.

Após o tanque de equalização, o efluente é recalado para o tanque biológico que possui um sistema de injeção de ar por difusores, nesta etapa irá ocorrer à degradação da matéria orgânica biodegradável. Em seguida, o efluente é conduzido para o decantador secundário para a sedimentação de sólidos.

O sobrenadante do decantador é conduzido, por gravidade, para um tanque de mistura com duas câmaras, onde na primeira câmara, ocorre a dosagem de NaOH e tanino para correção do pH e coagulação do efluente, respectivamente, já na segunda câmara, ocorre a dosagem de polímero catiônico e formação de flocos. Em seguida, o efluente vai para o flotador de ar dissolvido (FAD), onde os flocos formados na etapa anterior são suspensos formando uma espuma que é retirada por raspadores mecânicos e depositada em um container que seguirá para uma unidade de tratamento de lodo. Ao final do tratamento o efluente, ocorre a dosagem de hipoclorito de sódio (NaClO) para oxidação da matéria orgânica e redução de cor. Em seguida, o líquido é despejado em uma galeria de águas pluviais. Na Figura 3 pode ser visualizado o fluxograma da ETE com todas as etapas de tratamento descritas acima.

Figura 3: Fluxograma do processo de tratamento e identificação do ponto de coleta.



3.4. CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO

O consumo de água foi obtido através de campanhas de medição em cada setor da fábrica de refrigerantes foram efetuadas 3 campanhas de medição de vazão. As campanhas foram iniciadas montando-se um medidor de vazão ultrassônico (Modelo: REGAL RH20) na linha de recalque dos conjuntos moto-bomba de cada linha de abastecimento, sendo elas: linha de abastecimento comum (refeitório e setor de administração), linha de lavagem de garrafas de vidro e linha de abastecimento do setor de produção (envase e xaroparia). O procedimento de medição ocorreu durante todo o período de funcionamento da fábrica (8 às 16 horas), com intervalos de 10 min, durante cerca de 8 horas, totalizando 48 medições para cada linha de abastecimento.

Além da medição de vazão no sistema de abastecimento de água foram efetuadas campanhas de medição na estação de tratamento de esgotos (ETE) da fábrica, tendo como objetivo conhecer a vazão de esgotos que chega para ser tratada na ETE. Finalizada esta etapa, foi realizado um estudo econômico na ETE, para serem obtidos os gastos com produtos químicos (tanino, polímero catiônico e hipoclorito de sódio) utilizados no tratamento do efluente industrial. É importante destacar que os gastos com os produtos químicos estão diretamente ligados com a vazão dos efluentes.

3.5. REÚSO DA ÁGUA

Após a realização das campanhas de medição de vazão (balanço hídrico) e levantamento operacional das máquinas responsáveis pela produção do refrigerante, foi avaliada a possibilidade de reúso da água utilizada em algumas etapas do setor de produção. Para isso, foram avaliadas as etapas que compõe a produção do refrigerante e que possuem a capacidade para atender a demanda de água de reúso.

3.6. AVALIAÇÃO DE CUSTOS

A avaliação dos gastos com os produtos químicos utilizados na estação de tratamento de esgotos da fábrica foi realizada com base no consumo e nas dosagens de coagulante (tanino), floculante (polímero catiônico) e do agente oxidante (NaClO). Foi efetuado um acompanhamento operacional da ETE, a fim de realizar um levantamento da quantidade de produto químico utilizado diariamente e mensalmente na ETE, bem como o seu custo total (custo por Kg + frete).

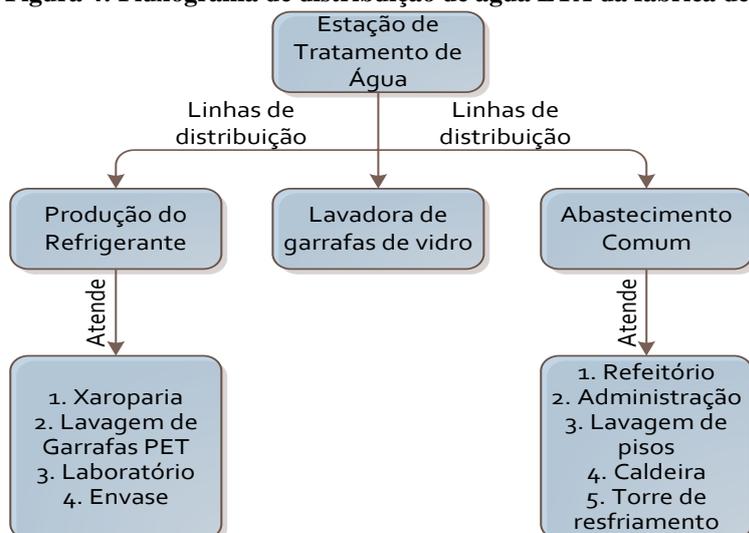
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levando-se em consideração os objetivos propostos, neste item serão abordados os resultados obtidos referentes à medição de vazão nas linhas de abastecimento da fábrica, bem como os custos com a utilização dos produtos químicos utilizados na ETE da fábrica.

4.1. CONSUMO DE ÁGUA

Após a realização de levantamento de campo e campanhas de medição de vazão, foram conhecidos os diversos de pontos de consumo de água existente na fábrica. Sendo assim, fora realizado um balanço hídrico, visando estimar o consumo diário de água na fábrica. Para o entendimento da distribuição de água no local, segue, na Figura 4 um fluxograma com todas as etapas de distribuição da água que ocorre a partir da ETA da fábrica.

Figura 4: Fluxograma de distribuição de água ETA da fábrica de refrigerantes.

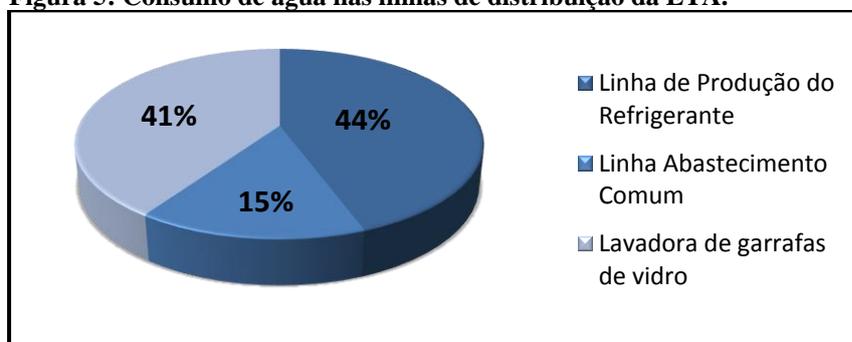


Através das campanhas de medição de vazão realizadas com um medidor de vazão ultrassônico (Modelo: REGAL RH20) foram obtidos os de consumos de água de cada linha de distribuição da ETA, os resultados deste levantamento seguem na Tabela 1. Na Figura 5 segue a representação gráfica destes consumos.

Tabela 1: Consumo de água nas linhas de abastecimento da ETA.

Linhas de abastecimento	Valores	Unidades
Linha de produção do refrigerante	79,10	m ³ /dia
Linha abastecimento comum	27,10	m ³ /dia
Lavadora de garrafas de vidro	72	m ³ /dia
Nº dias de produção	20	dias/mês
Total	178	m ³ /dia
	3.564	m ³ /mês

Figura 5: Consumo de água nas linhas de distribuição da ETA.



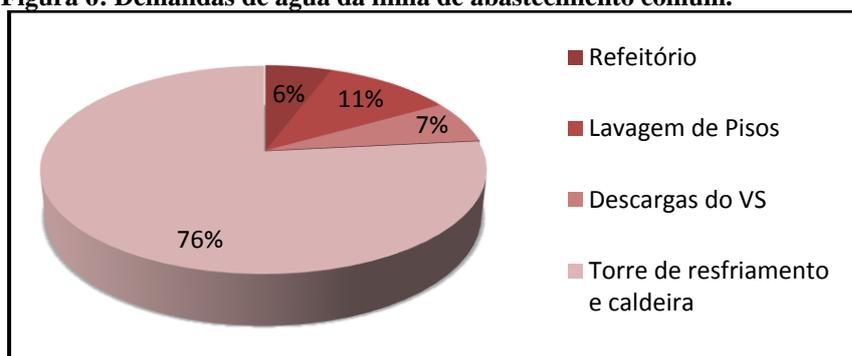
Conforme o gráfico da Figura 4 pode ser observado que a linha de abastecimento que atende a produção de refrigerantes é o principal consumidor de água do sistema de abastecimento da ETA, demandando cerca de 44% do fornecimento, em seguida, vem a linha que abastece a lavadora de garrafas de vidro com 41% e por fim a linha de abastecimento comum com 15%.

Responsável por 15% do consumo total da água produzida na ETA, a linha de abastecimento comum atende as demandas do refeitório, banheiros, lavagens de pisos, torre de resfriamento e caldeira. A fim de conhecer os consumos atendidos por esta linha de abastecimento foi gerada a Tabela 2 com os valores de água consumidos pelas demandas atendidas pela linha de abastecimento comum. Em seguida, segue, na Figura 6, a representação gráfica destes resultados, onde é possível conhecer os percentuais de consumo requeridos por tais demandas.

Tabela 2: Demandas e consumo de água da linha de abastecimento comum.

Demandas	Consumo	Unid
Refeitório	1,55	m ³ /dia
Lavagem de Pisos	3,00	m ³ /dia
Descargas do Vaso Sanitário (VS)	1,8	m ³ /dia
Torre de resfriamento e caldeira	21,4	m ³ /dia

Figura 6: Demandas de água da linha de abastecimento comum.



Os dados contidos na Tabela 2 foram obtidos através de campanhas de medição de vazão *in loco* e através de estivas efetuadas com base na literatura especializada na área. Nas Tabelas 3, 4 e 5 pode ser visualizado o método de cálculo para a obtenção do consumo requerido pelo refeitório, vasos sanitários e lavagens de pisos.

Tabela 3: Estimativa de consumo para o refeitório.

Local	Valor	Unid
Nº de refeições	62	Refeições
Consumo Per capita por refeições	25	L/refeição
Nº dias de produção	20	dias/mês
Volume total de água consumida	1,55	m³/dia
	31	m³/mês

Tabela 4: Estimativa de consumo na lavagem de pisos.

Local	Valor	Unid
Área piso – estocagem de açúcar	144	m²
Área piso – xarope simples	71,2	m²
Área piso – xarope composto	70,5	m²
Consumo Per capita	3	L/m²
Nº de lavagens – área de estocagem de açúcar	3	Lavagens/dia
Nº de lavagens – xarope simples	5	Lavagens/dia
Nº de lavagens – xarope composto	3	Lavagens/dia
Nº de dias de produção	20	Dias
Consumo – área de estocagem de açúcar	1296	Litros
Consumo – área de xarope simples	1068	Litros
Consumo – área de xarope composto	635	Litros
Consumo total diário	3,00	m³/dia
	60	m³/mês

Tabela 5: Estimativa de consumo em descargas do vaso sanitário.

Local	Valor	Unid
Nº de funcionários	75	Funcionários
Nº de usos do vaso sanitário	3	Vezes/dia
Volume de uma descarga	8	Litros
Nº dias de produção	20	dias/mês
Volume de água consumido	1,8	m³/dia

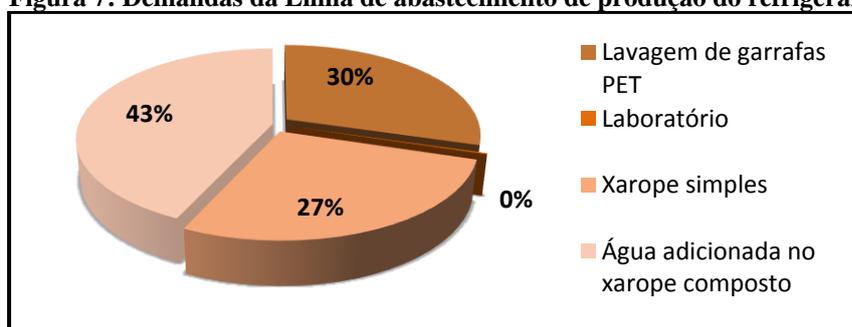
Com 44% da demanda de água produzida na ETA, a linha de abastecimento do setor de produção de refrigerantes passa pelo tratamento completo da ETA (oxidação/desinfecção e filtrações) e atende as demandas advindas do laboratório de controle de qualidade, xaroparias e da lavagem de garrafas PET. Na Tabela 6 seguem os valores de consumo de água obtidos através de campanhas de medição de vazão. Na

Figura 7 pode-se visualizar a representação gráfica com os percentuais das demandas atendidas pela linha de abastecimento do setor de produção.

Tabela 6: Consumo de água da linha de abastecimento do setor de produção.

Demandas	Consumo	Unid
Linha de produção do refrigerante	79,08	m ³ /dia
Lavagem de garrafas PET	23,4	m ³ /dia
Laboratório	0,15	m ³ /dia
Xarope simples	21,44	m ³ /dia
Água adicionada no xarope composto	34,09	m ³ /dia

Figura 7: Demandas da Linha de abastecimento de produção do refrigerante.



Vale ressaltar que os dados apresentados na Tabela 6 foram obtidos através de medições diárias, com base nisso, pode-se afirmar que os resultados obtidos nestas medições de vazão não representam de maneira significativa o consumo de água no setor de produção durante um mês inteiro. Sendo assim, é importante destacar que o consumo de água no setor de produção varia de acordo com a produção de refrigerante o que implica em uma grande variação no consumo de água durante um mês.

Conforme o gráfico da Figura 7, a demanda de água requerida pelas linhas das xaroparias são maiores, quando comparadas as outras linhas de abastecimento, reafirmando que esse consumo de água, neste setor, pode variar diariamente conforme a produção do refrigerante.

4.2 REÚSO DA ÁGUA

Finalizado o balanço hídrico e a verificação operacional de equipamentos, foi constatado que na etapa de envase do refrigerante a água utilizada para a lavagem de garrafas PET possui capacidade (vazão) e qualidade para atender as demandas de águas de lavagens dos pisos, descargas de vasos sanitários, retrolavagem de filtro, reservatório de combate a incêndio, caldeiras e torres de resfriamento. Atualmente, existem duas máquinas de lavagem de garrafas PET no local, a água servida na lavagem das garrafas não apresenta mudanças físicas (cor e turbidez) após o seu uso, o que permitiria o seu reúso nas demandas citadas anteriormente.

Atualmente a água servida nesta etapa de lavagem das garrafas PET é despejada diretamente em uma canaleta responsável por coletar toda água de lavagem de pisos, bem como lavagens de máquinas e equipamentos. Esta canaleta abrange as áreas das xaroparias, laboratório e setor de envase. Conforme a Figura 8 pode-se visualizar o processo de lavagem de garrafas PET. Na Figura 9 segue o registro fotográfico da área da xaroparia, onde pode ser visualizada a localização da canaleta neste setor.

Figura 8: Lavagem de garrafas PET.

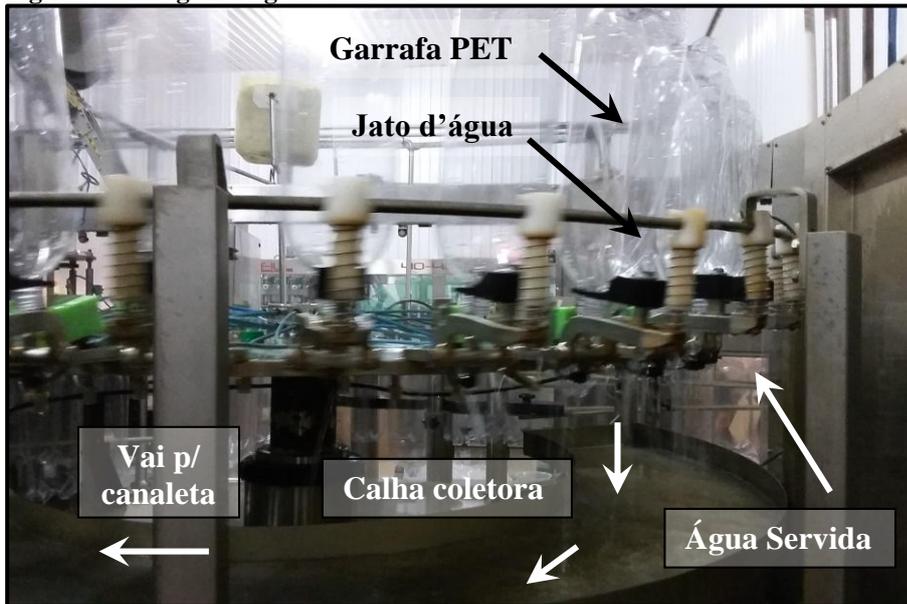


Figura 9: Área de produção de xarope simples.



4.3. CAMPANHA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO NA LAVADORA DE GARRAFAS PET

Para obter conhecimento sobre a capacidade de reúso da água na linha da lavadora de garrafas PET foram realizadas duas campanhas de medição de vazão, sendo uma para cada lavadora. Buscando encontrar a vazão média de cada máquina, foram realizadas 20 medições em intervalos de 1 min. Os resultados destas campanhas de medição de vazão em cada uma das máquinas de lavagem de garrafas PET podem ser visualizados nos hidrogramas de vazão ilustrados nas Figuras 10 e 11.

Figura 10: Hidrograma de vazão de máquina de lavagem de garrafas PET – máquina 01.

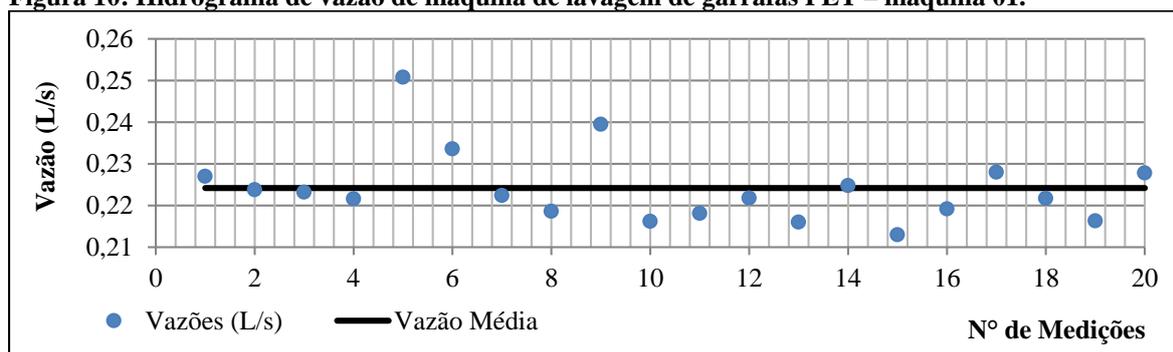
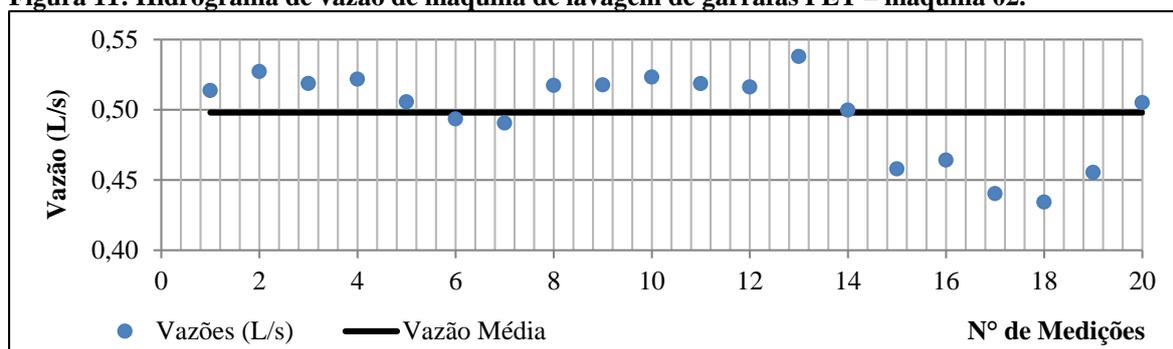


Figura 11: Hidrograma de vazão de máquina de lavagem de garrafas PET – máquina 02.



Conhecidas as vazões médias de cada equipamento de lavagem, foram estimados os volumes de água consumida por tais equipamentos durante um dia de produção. Além disso, foi calculado o volume de água utilizado para lavar uma única garrafa PET. Os resultados destes cálculos seguem na Tabela 7.

Tabela7: Volumes de água consumida na lavagem de garrafas PET.

Dados	Valores	Und
Tempo de produção	9	horas
Consumo de Água 1	7.263	Litros/dia
Consumo de Água 2	16.134	Litros/dia
Consumo Total diário	23.397	Litros
Nº de garrafas lavadas	71.856	Und
Relação Litros água/ garrafa lavada	0,33	Litros
Vazão média total	0,72	L/s

Com base nos resultados obtidos na Tabela 7, pode-se verificar que o volume de água consumida para a lavagem de uma única garrafa PET é de 0,330 L. Levando em consideração a lavagem 71.856 garrafas PET, consta-se que o volume de água consumida foi de 23.397 Litros. Considerando 10% de perdas físicas (vazamentos ou perda na coleta), o volume de água que poderá ser reutilizada é de aproximadamente 21 m³ de água por dia.

A reutilização da água proveniente da lavagem de garrafas PET poderá gerar uma economia de aproximadamente 12% no consumo mensal de água da fábrica. A importância do reúso desta água é fundamental não apenas para a redução do consumo de água na fábrica, mas também para a redução na descarga de efluentes na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da fábrica. A reutilização da água servida nas lavadoras de garrafas PET implica em vantagens, como: redução no custo de água (taxa hídrica); redução de custos no uso de produtos químicos na ETA; redução na vazão de efluentes; redução de gastos com produtos químicos na ETE; redução na vazão de captação de águas subterrâneas e diminuição dos gastos de energia elétrica.

4.3.1. REDUÇÃO DE CUSTO MENSAL COM PRODUTOS QUÍMICOS

Levando em consideração a vazão das máquinas de lavagem de garrafas PET de 0,72 L/s que deixará de ser despejada e lançada na ETE da indústria de refrigerantes, ocorrerá uma economia entre 14 e 18% no custo de aquisição de tanino e hipoclorito de sódio, respectivamente. A Tabela 8 apresenta o custo para aquisição de produtos químicos (tanino, hipoclorito de sódio e polímero) sem a reutilização da água, bem como a Tabela 9 segue os valores adotando o reúso da água de lavagem de garrafas PET.

Tabela 8: Custo para aquisição de produtos químicos sem a reutilização da água.

Vazões de esgotos	Quant. Tanino		Custo Reagente	Frete	Peso Saca	Quantidade	Custo da saca + frete	Custo diário	Custo Mensal	
	L/s	kg/dia								kg/mês
Tanino										
Q méd	5,08	14,8	444	5,11	1,00	25	17,8	152,75	90,5	2.715,27
Q mín	3,93	11,5	344	5,11	1,00	25	13,8	152,75	70,0	2.100,60
Q máx	5,79	16,9	507	5,11	1,00	25	20,3	152,75	103,2	3.094,77
Hipoclorito de Sódio (NaClO)										
Q méd	5,08	39,5	1185	2,80	0,00	60	19,8	168	110,6	3.318,17
Q mín	3,93	30,6	917	2,80	0,00	60	15,3	168	85,6	2.567,01
Q máx	5,79	45,0	1351	2,80	0,00	60	22,5	168	126,1	3.781,94
Polímero										
Q méd	5,08	0,8	20	7,44	1,50	25	0,8	223,5	7,4	176,66
Q mín	3,93	0,6	15	7,44	1,50	25	0,6	223,5	5,7	136,67
Q máx	5,79	0,9	23	7,44	1,50	25	0,9	223,5	8,4	201,35

Conforme os valores obtidos através da Tabela 8 os gastos com produtos químicos foram, aproximadamente, de R\$ 6.210,00 para vazão média, R\$ 4.804,00 para vazão mínima e R\$ 7.078,00 para vazão máxima.

Tabela 9: Custo para aquisição de produtos químicos com a reutilização da água.

Vazões de esgotos	Quant. Tanino		Custo Reagente	Frete	Peso saca	Quant	Custo saca + frete	Custo diário	Custo Mensal	Economia Mensal	
	L/s	kg/dia									kg/mês
Tanino											
Q méd	4,36	12,7	381	5,11	1,00	25	15,3	152,75	77,7	2.330,43	384,84
Q mín	3,21	9,4	281	5,11	1,00	25	11,2	152,75	57,2	1.715,75	
Q máx	5,07	14,8	444	5,11	1,00	25	17,7	152,75	90,3	2.709,93	
Hipoclorito de Sódio (NaClO)											
Q méd	4,36	33,9	1017	2,80	0,00	60	17,0	168	94,9	2.847,88	470,29
Q mín	3,21	25,0	749	2,80	0,00	60	12,5	168	69,9	2.096,72	
Q máx	5,07	39,4	1183	2,80	0,00	60	19,7	168	110,4	3.311,64	
Polímero											
Q méd	4,36	0,7	17	7,44	1,50	25	0,7	223,5	6,3	151,62	25,04
Q mín	3,21	0,5	12	7,44	1,50	25	0,5	223,5	4,7	111,63	
Q máx	5,07	0,8	20	7,44	1,50	25	0,8	223,5	7,3	176,32	

Finalizado os cálculos da Tabela 9, foi constatado que adotando a prática do reúso da água de lavagem de garrafas PET, é possível obter até 14% de redução de custo na aquisição de produtos químicos utilizados na ETE da fábrica de refrigerante. Os valores reduziram, aproximadamente, para R\$ 5.329,00 na vazão média, R\$ 3.924,00 na vazão mínima e R\$ 6.198,00 para vazão máxima.

Analisando as Tabelas 8 e 9 pode-se concluir que a economia gerada pela reutilização da água de lavagem de garrafas PET poderá gerar uma economia de R\$ 875,14 por mês e R\$ 10.501,68 por ano. Estes valores são referentes apenas aos gastos de tanino, hipoclorito de sódio e polímero utilizados no tratamento físico-químico da ETE da fábrica de refrigerante.

4.3.2. REDUÇÃO DE CUSTO MENSAL TAXA HÍDRICA (TFRH)

A taxa hídrica institui a Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Exploração e Aproveitamento de Recursos Hídricos (LEI Nº 8.091, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2014). Conforme o levantamento de dados realizado no período de outubro de 2015, a fábrica refrigerantes consome em média 178 m³ de água por dia, dentre essa demanda pode ser reutilizado cerca de 21 m³ de água por dia, o que corresponde á 12% do consumo de água diário. Na Tabela 10 podem-se conhecer os valores de consumos médios da fábrica, bem como o valor que pode ser economizado adotando o reúso da água.

Tabela10: Redução de custo com taxa hídrica.

Dados	Valor	Unid
Lavadora de garrafas PET	21	m ³ /dia
	420,0	m ³ /mês
Representa do consumo total	12	%
Custo do m ³ de água	0,55	reais
Pode-se economizar até	231,00	reais/mês
	2.772,00	reais/ano

Segundo a Tabela 10 adotando a pratica de reúso da água pode-se economizar na TFRH cerca de R\$ 231,00 por mês o que gera cerca de R\$ 2.772,00 durante um ano. É importante destacar que estes valores podem variar de acordo com a produção de refrigerante em um determinado mês, visto que, o consumo de água está diretamente relacionado com a produção de refrigerantes.

5. CONCLUSÃO

- O consumo médio de água na fábrica é de 178m³ por dia. O hidrograma de vazão das duas máquinas de lavagem de garrafa PET apresentou uma vazão média total de 0,72 L/s, demandando cerca de 23,4 m³ de água diariamente.
- A vazão afluyente da ETE da fábrica possui vazão média de 5,08 L/s, mínima de 3,93 L/s e máxima 5,79 L/s, adotando o reúso da água utilizada na lavagem de garrafas PET as vazões caíram para 4,36 L/s, 3,21 L/s e 5,07 L/s, respectivamente. Essa redução no lançamento de efluentes poderá gerar uma economia entre 14 e 18% na aquisição de produtos químicos utilizados na ETE.
- Adotando o reúso da água utilizada na lavagem de garrafas PET pode-se economizar aproximadamente R\$ 10.501,68 com o uso de produtos químicos na ETE da fábrica e R\$ 2.772,00 na taxa hídrica, totalizando R\$ 13.273,68 por ano. Além disso, ocorrerá uma economia de aproximadamente 12% no consumo diário de água na fábrica de refrigerante.

6. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que a localização do reservatório de água de reúso seja próximo dos pontos de uso e que se possível não seja em grades elevações, visto que essas medidas implicam diretamente no custo de implantação do sistema de reúso (construção de reservatório elevado e aquisição de equipamento de bombeamento). Além disso, deverá ser previsto os gastos com a energia elétrica consumida pelo sistema da elevatória de água. Efetuado tais medidas, será possível obter os valores aproximados da compensação financeira, bem como o tempo de retorno da implantação do sistema de reúso da água.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALKAYAA, E; DEMIRERB, G.N. Water recycling and reuse in soft drink/beverage industry: A case study for sustainable industrial water management in Turkey. *International Journal of Sustainable Resource Management and Environment Efficiency: Resources, Conservation and Recycling*. V. 104, p.172-180, jan-set. 2015.
2. AMIRTHARAJAH, A.; MILLS, K.M (1982) *Rapid-mix design for mechanisms of alum coagulation*. *Journ. AWWA*, vol. 74, n° 4, p 210-216, Apr.
3. APHA/AWWA/WEF. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 20ª ed. Washington, DC. EUA. WEF. 1998.
4. CETESB. Nota Técnica sobre Tecnologia de Controle - Fabricação de Cervejas e Refrigerante. NT-24, 2005.
5. CONNOR, R. & KONCAGÜL E. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. UNESCO. Itália. 2012.
6. DI BERNARDO, L. (1993). *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. Vols. I e II. Rio de Janeiro, ABES.
7. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. 2ª ed. v. 1. São Carlos: RiMa. 2005.
8. FIESP/CIESP. *Manual de Orientações para o setor industrial: conservação e reúso de água*. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-da-agua-2004/>>. Acesso em 24 de março de 2016.
9. HAROON, H; WASEEM, A; MAHMOOD, Q. Treatment and Reuse of Wastewater from Beverage Industry. *J. Chem. Soc. Pak*. Vol. 35, No.1, 2013.
10. KASMI, M. et al. Eco-friendly process for soft drink industries wastewater reuse as growth medium for *Saccharomyces cerevisiae* production. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Out.-Fev. 2016.
11. RITCHER, C. A. *Água: Métodos e Tecnologias de Tratamento*, São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2009.
12. SOUZA, M.C et al. Análise das práticas de reúso de água residual: estudo de casos em lavanderias industriais. *Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental*. Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 497-496, jan.-abr. 2016.
13. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos – Vol. 1: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 1995, 240 p.