

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**AVALIAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA
VISANDO O REUSO EM DESCARGAS SANITÁRIAS**

**EVALUATION OF WASTEWATER FROM FOOD INDUSTRY AIMING AT REUSE
IN TOILET FLUSH**

Roberta Karinne Mocva Kurek e Ronei Tiago Stein

RESUMO

Com a perspectiva futura de expansão do déficit hídrico, iniciativas que busquem a prática do reuso de água, em atividades que não necessitam padrões de potabilidade, possuem relevada importância atualmente, sobretudo no seguimento industrial. Baseado neste contexto, este artigo objetivou avaliar a qualidade da água residuária tratada em uma indústria alimentícia do Rio Grande do Sul/Brasil, para viabilizar o reuso em descargas sanitárias. Para tal, foi realizada, primeiramente, a caracterização da água residuária tratada pela ETE, e, após, foi proposta uma adequação do tratamento, com a inclusão da etapa de floculação a partir do uso de coagulantes, a fim de atender os padrões legais necessários para o reuso em questão. Foi testado os coagulantes sulfato de alumínio e cloreto de Ferro III, em diferentes quantidades. Conforme esperado, a água residuária tratada atualmente não atende os padrões necessários para o reuso em descargas sanitárias, por estes serem mais restritivos do que os padrões de lançamento. Sob a adequação do tratamento, foi verificado que o coagulante sulfato de alumínio apresentou maior eficácia na redução dos parâmetros necessários. Resumidamente, conclui-se que o reuso da água residuária tratada nas descargas sanitárias, na indústria de alimentos em questão, é qualitativamente viável, após as adequações propostas no tratamento.

Palavras-chave: Reuso, Água residuária, Indústria alimentícia, Floculação.

ABSTRACT

With the prospect of future expansion of water scarcity, initiatives seeking the practice of water reuse in activities that do not require potable standards, have high importance today, especially in the industrial segment. Based on this context, this article aimed to evaluate the quality of wastewater treated in a food industry of Rio Grande do Sul / Brazil, to enable reuse in toilet flushing. For such, it was held, first, the characterization of wastewater treated by ETP, and after, was proposed an adaptation of the treatment, with the addition of flocculation step from the use of coagulants in order to meet the required legal standards for reuse in question. It was tested the coagulants of aluminum sulfate and iron III chloride, in different quantities. As expected, the treated wastewater currently does not meet the standards required for reuse in toilet flushing, because these are more restrictive than the discharge standards. Under the suitability of treatment, it was observed that the coagulant of aluminum sulfate was more efficient in reducing the required parameters. Briefly, it is concluded that the reuse of treated wastewater discharges in health, in the food industry in question, is qualitatively viable after the proposed adjustments in treatment.

Keywords: Reuse, Wastewater, Food industry, Flocculation.

1. INTRODUÇÃO

A relação entre a demanda e disponibilidade de água doce, com boa qualidade, em nível mundial ainda encontra-se favorável, porém, alguns locais enfrentam situações de escassez, como, por exemplo, a região metropolitana de São Paulo e nordeste do Brasil. Este fato decorre das limitações locais das reservas hídricas (rios, lagos, lençol freático, etc.), poluição das mesmas e aumento excessivo da demanda; aspectos influenciados pelo crescimento populacional e desenvolvimento industrial (COSTA; BARROS JÚNIOS, 2005).

Com a perspectiva futura de expansão do quadro de déficit hídrico (SAUTCHUK *et al.*, 2004), tornar-se essencial iniciativas voltadas ao uso racional da água e minimização da degradação. Neste contexto, insere-se a prática do reúso de água, tanto em residências quanto em indústrias, a qual atualmente tem tomado relevante importância e aplicação.

As indústrias, sobretudo da área alimentícia, destacam-se como as maiores consumidoras de água, devido à multiplicidade de usos dentro do processamento industrial (RAMJEAWON, 2000); e, conseqüentemente, geram elevados volumes de águas residuárias. Estas, dentro do possível, devem ser consideradas fontes alternativas para usos em atividades com menor restrição de qualidade (ou inferior à potável), o que reflete em grandes economias para as indústrias e, sobretudo, na maximização do uso dos recursos hídricos.

Visando contribuir com soluções para o exposto, este artigo apresenta os resultados de um estudo cujo objetivo geral foi avaliar a qualidade da água residuária tratada em uma indústria alimentícia do Rio Grande do Sul/Brasil, para viabilizar o reúso em descargas sanitárias. Especificamente, objetivou (i) caracterizar a água residuária após o tratamento atual; (ii) verificar a compatibilidade com os critérios para o reúso em descargas sanitárias e (iii) propor adequações no tratamento para aplicação do reúso.

O último objetivo específico justifica-se pelo fato de a qualidade da água para reúso ser mais restritiva que o padrão necessário para destinação final da água residuária, que é expresso pela Resolução CONSEMA nº128/2006, desta forma é previsto que sejam realizadas adequações no tratamento do efluente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Contextualização do consumo da água

O processo de evolução humana, motivado, sobretudo, pela revolução industrial e transição demográfica, impactou no aumento de consumo de água potável per capita em nível mundial. Sobre este âmbito, Macêdo (2007) expõe que a diferença deste consumo entre os primórdios e a época atual é muito elevada; no período Romano o consumo per capita médio mundial era de 20 L/dia e no século XX passou para 800 L/dia.

Este contexto trouxe associado uma significativa preocupação com a disponibilidade hídrica, sabe-se que a porcentagem de água doce atual representa, apenas, 2,53% do total de água do planeta, porém, se encontra má distribuída geograficamente em relação à necessidade de consumo (TOMAZ, 2001). Estudos demonstraram que no ano de 2000, 29 países não possuíam disponibilidade hídrica para atender as necessidades da população e a perspectiva é de que em 2050 em torno de 50 países se encontrem nesta situação (MACÊDO, 2007).

Heller (2006) e Marengo (2008) ressaltam que os principais usos da água são: abastecimento doméstico; abastecimento industrial; irrigação; dessedentação do homem e animais; geração de energia elétrica e navegação. Seguindo o padrão mundial, no Brasil a agricultura se destaca como a atividade com maior consumo de água, dentre os três grandes grupos demandantes (indústria, agricultura e doméstico), sendo que a indústria ocupa o segundo lugar, conforme apontam os dados da FAO (2015).

Embora o País seja favorecido em relação à disponibilidade de água doce (12% da água mundial, TOMAZ, 2001), a rede de abastecimento ainda é ineficiente em algumas regiões (FIORI *et al.*, 2006). Desta forma, projetos relacionados ao aprimoramento do uso da água contribuem para uma melhor qualidade de vida à população e sustentabilidade ambiental. Neste contexto, o reuso de água é considerado uma das principais alternativas para um uso mais racional (MACÊDO, 2007).

A água é um elemento essencial nos processos industriais e o aumento da atividade econômica acarreta na maior demanda de água nas indústrias. Sendo parte da produção, assume-se a comercialização da água utilizada nos processos, do qual todos os países partilham involuntariamente. Portanto, os recursos hídricos envolvidos na produção das indústrias podem se tornar escassos até mesmo em regiões com relativa abundância (UNESCO, 2012).

A quantidade da água necessária para os processos industriais é influenciada por diversos fatores: ramo de atividade, capacidade de produção, condições climáticas da região, disponibilidade de água, método de produção, inovação tecnológica, etc. Por esta razão, indústrias do mesmo ramo e com mesma capacidade de produção, porém instaladas em diferentes regiões e com variações no processo produtivo (adoção práticas sustentável), apresentam consumo de água diferente (SAUTCHUK *et al.*, 2004).

A água na indústria pode ser aplicada de diversas maneiras: como matéria-prima, incorporada no produto; como fluido auxiliar nas etapas do processo (ex.: fluido de transporte/aquecimento/refrigeração, limpeza de equipamentos/matéria-prima); para o consumo humano (ex.: cozinhas, refeitórios, sanitários); geração de energia; entre outros (SAUTCHUK *et al.*, 2004; TELLES; COSTA, 2010).

Atualmente, as indústrias vêm aprimorando seus processos e desenvolvendo sistemas de gestão ambiental para atender especificações do mercado externo e interno, bem como aderir a uma produção mais sustentável. Outro fator contribuinte para tal avanço é o déficit hídrico que vem ocorrendo em regiões metropolitanas (ex.: São Paulo) onde se localizam grandes distritos industriais (HESPANHOL *et al.*, 2015).

2.2. Águas residuárias industriais

A água residuária consiste nos efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não (CNRH, 2005). Portanto, em uma indústria se refere às águas oriundas do processo industrial, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico, conforme NBR 9.800 (ABNT, 1987a).

As características físico-químicas e biológicas destas águas industriais são bastante diversificadas, pois dependem, principalmente, do ramo de atividade; cada indústria apresenta um efluente com características únicas. Por este motivo, não existe um procedimento único de tratamento que possa ser aplicado em todas as situações. Desta forma, a caracterização destas águas é fundamental para determinar o melhor tipo de tratamento, a fim de que atinjam os parâmetros exigidos por lei para a destinação escolhida (ex.: lançamento em corpos hídricos, irrigação, reuso) (CAVALCANTI, 2009).

2.2.1. Tratamento de águas residuárias

A remoção de contaminantes presentes nas águas residuárias industriais ocorre através de métodos físicos, químicos e biológicos envolvendo processos e operações unitárias de natureza física, química e biológica utilizadas isoladamente ou em uma multiplicidade de combinações. As operações unitárias consistem em métodos de tratamento que prevalecem as forças físicas, já quando prevalecem às reações químicas e biológicas configuram-se os processos unitários (CAVALCANTI, 2009).

Resumidamente, o tratamento de efluentes pode ser classificado da seguinte forma (METCALF; EDDY, 2003; VON SPERLING, 2005):

1. Tratamento físico: caracterizado, principalmente, pela remoção de substâncias fisicamente separáveis, por meio de processos como: gradeamento, peneiramento, decantação, filtração, sedimentação e flotação.
2. Tratamento químico: quando ocorre a utilização de produtos químicos para a remoção dos contaminantes, sendo os principais processos adotados: floculação, coagulação, precipitação, cloração e oxido/redução.
3. Tratamento biológico: depende da ação dos microrganismos presentes nas águas residuárias para sua remoção através da atividade biológica, onde os compostos complexos são transformados em compostos simples, como adoção por exemplo da oxidação biológica aeróbia, lodos ativados, filtros biológicos, lagoas de estabilização e digestão de lodo (aeróbia e anaeróbia).

2.3. Reuso da água

A prática do reuso de água é definida como o aproveitamento de águas residuárias, tratadas ou não, para suprir as necessidades de fins não potáveis, podendo este ser, inclusive, o original (LAVRADOR FILHO, 1987). O reuso pode ser aplicado de diversas formas, sendo assim tem-se uma classificação em função deste aspecto, conforme mencionado por Telles e Costa (2010).

O reuso pode ocorrer de forma: (i) indireta não planejada, quando a água residuária tratada é lançada em um corpo hídrico e à jusante esta é captada e reutilizada; (ii) indireta planejada, seguindo a mesma linha da forma anterior, porém com planejamento para a captação à jusante com intenção de reuso; e (iii) direta, ocorrendo de forma planejada, direcionando a água residuária ao ponto em que ocorrerá o reuso.

Sob esta última forma de reuso, Mierzwa e Hespanhol (2005) complementam que pode ser utilizada uma água residuária tratada ou não, podendo, então, ser direcionada diretamente a um processo/atividade, devido às características compatíveis (também chamado de reuso em cascata, SAUTCHUK *et al.*, 2004).

Telles e Costa (2010) ressaltam que o reuso de água residuária decorrente de atividades como higiene, preparação de comidas, indústrias, entre outras, deve ser realizado para fins menos nobres, onde não são exigidos os padrões de potabilidade, por motivos de segurança à saúde pública.

2.3.1. Reuso industrial

A Resolução CNRH nº54/2005 estabelece modalidades gerais que regulamenta e estimula a prática de reuso direto não potável no País, indicando a possibilidade de aplicar o mesmo na indústria em processos, atividades ou operações. Além deste incentivo legal e programas nacionais, existem diversos manuais das federações das indústrias estaduais que incentivam esta prática (SAUTCHUK *et al.*, 2004; SAUTCHUK *et al.*, 2005; HESPANHOL *et al.*, 2015).

A adesão da prática de conservação e reuso de água pelas indústrias vem se disseminando no País, consistindo, basicamente, na gestão da demanda, buscando a otimização do uso e a utilização de fontes alternativas (HESPANHOL *et al.*, 2015). Dentre os benefícios do reuso de água no setor industrial, pode-se citar a maximização do uso dos recursos hídricos, garantia da qualidade do tratamento, viabilização de um sistema “fechado” e diminuição do descarte de efluentes.

Avaliando os processos das atividades industriais, percebe-se que muitas toleram o uso de água com grau de qualidade inferior à potável ou daquela utilizada (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). As principais aplicações do reuso de águas residuárias na indústria ocorrem em torres de resfriamento, caldeiras, lavagem de tanques/peças, etapas do processo industrial (ex.: preparação do concreto) e fins ornamentais (TELLES; COSTA, 2010).

A qualidade da água para o reuso deve atender alguns padrões expostos em normativas associados à classe de uso, cujo objetivo é garantir a proteção à saúde pública e ao meio ambiente. Em nível nacional, a NBR 13.969 (ABNT, 1997) estabelece um padrão de qualidade, porém devido ser pouco restritiva, outras entidades e/ou órgãos federais elaboram normativas mais limitantes. Neste sentido destaca-se o manual de conservação e reuso de água em edificações da FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) (SAUTCHUK *et al.*, 2005). A Tabela 1 expõem os limites máximos permitidos pelas normativas citadas para o reuso de água em descargas sanitárias.

Tabela 1 - Padrões de qualidade estabelecidos para reuso de água em descarga sanitária

Parâmetro	Manual da FIESP ¹ (classe 1)	NBR 13.969 ² (classe 3)
pH	Entre 6,0 e 9,0	-
Cor	≤ 10 UH*	-
Turbidez	≤ 2 UT**	< 10 UT
Óleos e Graxas	≤ 1 mg/L	-
DBO	≤ 10 mg/L	-
Coliformes Termotolerantes	Não detectáveis	< 500 NMP/100ml
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes	-
Nitrato	< 10 mg/L	-
Nitrogênio amoniacal	≤ 20 mg/L	-
Nitrito	≤ 1 mg/L	-
Fósforo total	≤ 0,1 mg/L	-
SST	≤ 5 mg/L	-
SDT	≤ 500 mg/L	-
Odor e aparência	Não desagradáveis	-

*UH: unidade Hazen

**UT: unidade de Turbidez

Fonte: ¹SAUTCHUK *et al.*, 2005; ²ABNT, 1997.

3. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado em uma indústria do ramo alimentício, cujas atividades consistem em lavagem, beneficiamento e distribuição de frutas e verduras, tanto *in natura* quanto higienizadas. Estima-se que a indústria gera cerca de 40m³/dia de água residuária, a qual é direcionada a uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) composta por: gradeamento, caixa separadora de óleo e graxa, calha de aeração, tanque de aeração, decantador de finos, filtro de areia e carvão ativado e vala de infiltração, para disposição final.

Para atingir os objetos deste estudo, primeiramente realizou-se a caracterização da água residuária oriunda da ETE, através dos parâmetros com limites restritivos para a aplicação do reuso proposto. Após, verificou-se o atendimento/não atendimento da qualidade necessária para viabilizar o reuso, e, por fim, propôs-se adequabilidade do tratamento visando esta aplicação. Os itens subjacentes apresentam detalhadamente os procedimentos realizados.

3.1. Caracterização da água residuária

Para caracterização coletaram-se 5,5 L da água residuária tratada no ponto de direcionamento à vala de infiltração, em cinco frascos de polietileno de 1 L, para análises físico-químicas, e um frasco de 500 mL, para análise microbiológica (Figura 1). Este procedimento foi realizado no mês de agosto de 2014.

Figura 1 - Amostras coletadas no último ponto da ETE



Fonte: dos autores.

As amostras foram encaminhadas ao laboratório UNIANÁLISES, do Centro Universitário Univates, o qual realiza as análises atendendo as metodologias do *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) e é credenciado junto ao órgão ambiental estadual (FEPAM) e MAPA. O transporte das amostras atendeu a NBR 9.898 (ABNT, 1987b), não necessitando de refrigeração, pois as mesmas foram encaminhadas em menos 30 min ao laboratório.

A escolha dos parâmetros analisados teve como referência as normativas para o reuso da água na atividade prevista: descarga sanitária. Desta forma, foi analisado: coliformes termotolerantes, DBO (demanda bioquímica de oxigênio), fósforo total, nitrogênio total (N.T.), pH, SST (sólidos suspensos totais), SDT (sólidos dissolvidos totais) e turbidez.

3.2. Padrões de qualidade da água para reuso

O padrão de qualidade da água residuária tratada para adoção do reuso nas descargas sanitárias da indústria, teve como embasamento os limites apresentados na NBR 13.969 (ABNT, 1997) e no manual da FIESP (SAUTCHUK *et al.*, 2005), descritos anteriormente. A avaliação dos resultados obtidos contou com uma discussão a cerca dos limites descritos por estas referências.

3.3. Proposta de adequação do tratamento atual

Para a adequação do tratamento realizado atualmente pela indústria, optou-se pela melhora do tratamento físico-químico com a inclusão da etapa de floculação, antes do decantador de finos existente, realizada através do uso de agentes coagulantes. Para tal, realizaram-se testes utilizando o equipamento *Jar test* (modelo JT 101, 12rpm x 10) e os coagulantes: sulfato de alumínio [Al₂(SO₄)₃] e cloreto de ferro III [FeCl₃], com amostras de 800 mL da água residuária tratada atualmente.

As dosagens adotadas foram, respectivamente, de 0,32g à 0,48g, com variação de 0,04g, e de 0,08g à 0,24g, também com variação de 0,04g. O tempo e a velocidade de mistura no *Jar test* foi de 5 min. à 60 rpm, após transcorrido este período, permaneceu por 20 min. à 30 rpm,

e, por fim, para promover a total decantação de sólidos, as amostras permaneceram em repouso por 20 min. Com relação à correção do pH, foi utilizado cal hidratado $[Ca(OH)_2]$, na diluição de 20g para 200 mL.

Tendo como base os padrões de qualidade para o reuso (especificados no item 3.2.), verificou-se a eficiência do tratamento proposto através da análise dos seguintes parâmetros: pH, turbidez, N.T., SST e SDT, após o tempo de repouso das amostras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da caracterização da água residuária em questão são expressos na Tabela 2. Comparando os valores dos parâmetros analisados com os limites máximos permitidos para aplicação do reuso, conforme a NBR 13.969 (ABNT, 1997) e o manual da FIESP (SAUTCHUK *et al.*, 2005), constatou-se que o efluente não atende os padrões necessários. Justificam-se os achados devido o padrão de qualidade de água para reuso ser mais restritivo se comparado com o padrão de lançamento em recursos hídricos ou solo (Resolução CONSEMA nº128/2006).

Tabela 2 – Caracterização da água residuária tratada.

Parâmetro	Água residuária tratada	Manual da FIESP (classe 1)	NBR 13.969/97 (classe 3)
pH	4,44	6,0 < > 9,0	-
Cor (UH)	-	≤ 10	-
Turbidez (UT)	263,75	≤ 2	< 10
Óleos e Graxas (mg/L)	-	≤ 1	-
DBO (mg/L)	575	≤ 10	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	35.000	Não detectáveis	< 500
Compostos orgânicos voláteis	-	Ausentes	-
N.T. (mg/L)	43,7	-	-
Nitrato (mg/L)	-	< 10	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	-	≤ 20	-
Nitrito (mg/L)	-	≤ 1	-
Fósforo total (mg/L)	7,445	≤ 0,1	-
SST (mg/L)	114	≤ 5	-
SDT (mg/L)	206	≤ 500	-
Odor e aparência	desagradável	Não desagradáveis	-

Fonte: elaborado pelos autores.

Dentre os parâmetros analisados, há maior preocupação com os valores elevados de coliformes termotolerantes, seguido da turbidez, que se encontra percentualmente muito acima do limite máximo permitido. Sob os coliformes termotolerantes, esperava-se encontrar um nível elevado, em virtude da matéria-prima da indústria ser exclusivamente orgânica e não haver uma etapa de desinfecção ao longo da ETE.

Destaca-se que o parâmetro cor não foi analisado por estar diretamente relacionado à turbidez, assim como óleos e graxas e compostos orgânicos voláteis, uma vez que não é realizado lavagem de veículos e maquinários e não são utilizados como matéria-prima materiais sintéticos ou químicos.

Diante da qualidade da água residuária tratada atualmente, verificou-se a necessidade de um tratamento adicional, propondo-se a inclusão de um tanque de floculação, a partir do uso de agentes coagulantes, pois possuiu fácil aplicação e elevada eficiência (VON SPERLING,

2005). A Tabela 3 expõem os resultados dos testes realizados com os agentes coagulantes: sulfato de alumínio e cloreto de ferro III, em diferentes quantidades, utilizando amostras de 800 mL.

Tabela 3 – Resultados dos testes do ajuste da dosagem dos coagulantes.

Béquer	Quantidade (g)	pH	Turbidez (UT)	SST (mg/L)	SDT (mg/L)	N.T (mg/L)
Sulfato de Alumínio						
1	0,32	6,19	11,70	49,812	0,482	16,55
2	0,36	5,36	13,63	53,231	33,194	17,78
3	0,40	5,41	12,27	55,964	45,771	17,64
4	0,44	5,49	10,98	43,576	9,940	19,99
5	0,48	5,44	4,40	20,590	79,135	23,28
Cloreto de Ferro III						
1	0,08	6,24	23,50	36,123	27,756	24,81
2	0,12	6,13	11,29	44,858	10,392	21,02
3	0,16	5,88	4,95	46,393	7,327	20,64
4	0,20	5,92	3,64	46,680	6,759	21,24
5	0,24	5,71	5,50	45,750	8,619	20,01

Fonte: elaborado pelos autores.

A quantidade de sulfato de alumínio que apresentou os melhores valores para o efluente tratado foi de 0,48 g para 800 mL (correspondendo ao teste do béquer nº5). Sendo que o mesmo obteve uma redução de 98,43% da turbidez, 81,90% dos SST, 61,58% dos SDT e 46,73% do N.T. Quanto ao cloreto de ferro III, a quantidade de 0,20 g para 800 mL resultou em uma melhor eficiência de tratamento, proporcionando uma redução 98,61% da turbidez, 59,05% dos SST, 96,71% dos SDT e 51,39% do N.T. O valor do pH em ambos os testes com os coagulantes não apresentou diferença significativa, sendo 5,44 e 5,92, respectivamente.

Levando em consideração as restrições da qualidade da água para o reuso do manual da FIESP (SAUTCHUK *et al.*, 2005), verificou-se que dos parâmetros analisados após os testes com os coagulantes, somente os SST, a turbidez e o pH estão em desconformidade. Em contrapartida, com referência a NBR 13.969 (ABNT, 1997), a água residuária está em conformidade, sob a análise destes parâmetros (Tabela 4).

Tabela 4 – Comparativo dos valores dos parâmetros obtidos nas melhores quantidades dos coagulantes com a restrição da legislação.

Parâmetro	Sulfato de Alumínio	Cloreto de Ferro III	Manual da FIESP	NBR 13.969/97
pH	5,44	5,92	6,0 < > 9,0	-
Turbidez (UT)	4,14	3,64	≤ 2	<10
SST (mg/L)	20,590	46,680	≤ 5	-
SDT (mg/L)	79,135	6,759	≤ 500	-
N.T (mg/L)	23,28	21,24	mín < 31*	-

*valor deduzido, em função dos valores permitidos para nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato.
Fonte: elaborado pelos autores.

Partindo do exposto, notou-se uma maior redução dos valores dos parâmetros com o uso do sulfato de alumínio, embora o pH e os SST continuem fora do padrão estabelecido pelo manual da FIESP (SAUTCHUK *et al.*, 2005). Após a aplicação dos coagulantes, há a necessidade de uma desinfecção, em virtude dos elevados valores de coliformes termotolerantes encontrados na caracterização da água residuária, a qual se propõe com o uso de cloro.

Avaliando os resultados encontrados sob a ótica da NBR 13.969 (ABNT, 1997), o tratamento físico-químico proposto confere o atendimento a normativa, exceto para o pH e os coliformes termotolerantes, que necessitam de uma leve correção e desinfecção, respectivamente.

No entanto, ao se considerar o padrão exigido pelo manual da FIESP (SAUTCHUK *et al.*, 2005), para atendimento da qualidade requerida há a necessidade de melhora do tratamento para redução dos SST. Esta pode ocorrer através da implantação de um segundo sistema de gradeamento, com uma malha mais fina, instalada no início da ETE, para reter sólidos de menor granulometria. Além disso, também deverá ser aplicado a correção do pH e desinfecção.

5. CONCLUSÃO

- (A) Verificou-se uma escassez de normativas legais no País sobre a qualidade das águas residuárias para reuso em atividades com fins menos nobres e não potáveis, embora existam iniciativas isoladas, em instituições privadas e públicas (ex.: manual da FIESP).
- (B) A NBR 13.969, normativa legal de cunho federal nesta temática, não apresenta limites máximos para muitos parâmetros, sendo que para os quais apresenta é pouco restritiva.
- (C) Levando em consideração a NBR 13.969 seriam necessárias poucas adequações no tratamento da água residuária em questão, para atender o padrão de qualidade para o reuso nas descargas sanitárias; mas caso a indústria queira adotar a normativa mais restritiva (manual da FIESP), deverá realizar maiores adequações no tratamento.
- (D) O reuso da água residuária tratada nas descargas sanitárias, na indústria de alimentos em questão, é qualitativamente viável, após as adequações propostas no tratamento.
- (E) Em relação aos testes com os agentes coagulantes para uso no tanque de floculação, o que apresentou maior eficácia foi o sulfato de alumínio na quantidade 0,48g para 800 mL.
- (F) Como sequência ao estudo, sugere-se uma avaliação quantitativa da viabilidade do reuso em questão, considerando à relação demanda versus disponibilidade de água residuária tratada.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9.800**, Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987a.

_____. **NBR 9.898**, Preservação e técnicas de amostragem de afluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento. Rio de Janeiro, 1987b.

_____. **NBR 13.969**, Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, Construção e Operação. Rio de Janeiro, 1997.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21st Edition. Washington: American Public Health Association, 2005.

CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamentos de efluentes industriais**. São Paulo: Ed. Engenho Editora Técnica, 2009.

CNRH – Conselho Nacional dos Recursos Hídricos. **Resolução nº 54**, de 28 de novembro de 2005. Publicada no D.O.U. de 09/03/2006.

CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução nº 128**, 24 de novembro de 2006. Secretaria do Meio Ambiente, Estado do Rio Grande do Sul. Publicada no D.O.E. 07/12/2006.

COSTA, D. M. A.; BARROS JÚNIOR, A. C. Avaliação da necessidade do reúso de águas residuais. **Revista Holos**. Ano 21, p. 81-101, setembro/2005.

FAO – (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). **Database**. Disponível em: <http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp>. Acesso em: maio/2015.

FIORI, S. FERNANDES, V. M. C. PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinza em edificações. **Revista on-line Ambiente Construído**. v. 6, n. 1, p. 19-30, Porto Alegre, jan/mar. 2006.

HELLER, L. **Abastecimento de água, sociedade e ambiente** (capítulo 1). In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C.; RODRIGUES, L. D. B.; SILVA, M. C. C. **Manual de conservação e reúso de água na indústria**. Rio de Janeiro: Sistema FIRJAN, 2015.

LAVRADOR FILHO, J. Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia), Universidade de São Paulo, 1987.

MACÊDO, J. A. B. **Águas e Águas**. 3ª ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007.

MARENGO, J. A. **Água e mudanças climáticas**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2008.

METCALF; EDDY. **Wastewater Engineering: treatment and reuse**. Fourth edition. New York: Ed. McGraw-Hill, 2003.

RAMJEAWON, T. *Cleaner production in Mauritian cane-sugar factories*. **Journal of Cleaner Production**. v.8, p. 503-510, 2000.

SAUTCHUK, C. A.; FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H.; COSTI, L. O.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; MAY, S.; BONI, S. N.; SCHMIDT, W. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: FIESP, 2005.

SAUTCHUK, C. A.; LANDI, F. D. N.; MIERZWA, J. C.; VICACQUA, M. C. R.; SILVA, M. C. C.; LANDI, P. D. N.; SCHMIDT, W. **Conservação e Reúso de água** – Manual de orientações para o setor industrial. Volume 1. São Paulo: FIESP, 2004.

TOMAZ, P. **Economia de Água**: para empresas e residenciais. São Paulo: Navegar, 2001.

UNESCO. **Os recursos hídricos do planeta estão sob pressão do crescimento rápido das demandas por água e das mudanças climáticas, diz novo Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (WWDR4)**. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/WWDR4%20Background%20Briefing%20Note_pt_2012.pdf>. Acesso em: jun/2015.

VON SPERLING, M. V. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Ed. Volume 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

TELLES, D. A, COSTA, R. H. P. G. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2ª edição. São Paulo: Blücher, 2010.

MIERZWA, J. C., HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.