

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA PROVENIENTE DE USINA SUCROALCOLEIRA ANTES E APÓS TRATAMENTO

CHARACTERIZATION OF WASTEWATER FROM A SUGAR AND ALCOHOLIC INDUSTRY BEFORE AND AFTER TREATMENT

HIPPÓLITO, D. D. C.¹, DELGADO, R. M.¹,
FERRAZ, A. L. G.¹, SANTOS, T. L.¹, VELHO, C. E.¹.

¹ Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia– IMT - SP
dahercarnietto@gmail.com

Resumo

A água está presente em diversos processos químicos e biológicos do dia a dia, sendo componente fundamental do organismo humano e preponderante na superfície terrestre. Por estes motivos, seu uso é aplicado a diversos processos, como o caso dos industriais, provocando preocupações com relação a sua reinsertão no meio ambiente. Buscando analisar se o resíduo gerado em uma usina sucroalcooleira estava apto a ser lançado diretamente no meio ambiente, antes e depois de processo de tratamento, foram coletados dados no período de 2017 a 2018 da água residuária da referida usina em ambas as condições. Com base na Resolução CONAMA 430 de 2011, foi verificado que o pH da água residuária previamente ao tratamento encontrava-se acima do valor permitido em ambos os anos coletados, tornando necessário a realização deste. A demanda química de oxigênio superou os parâmetros legais em 2017 e em 99,5% dos casos em 2018. Por último, a demanda biológica de oxigênio analisada estava acima dos valores legais permitidos, entretanto, em termos de eficiência energética atendia aos parâmetros requeridos. A comparação do resíduo antes e após o tratamento demonstrou que esse é essencial, e, quando realizado, há o cumprimento do Decreto Estadual n.º 8468 de 8 de setembro de 1976 e da Resolução CONAMA 430 de 2011, sendo possível a manutenção da vida aquática do corpo d'água que recebe tal efluente.

Palavras-Chave: água residuária; tratamento de efluentes; usina sucroalcooleira.

Abstract

Water is present in multiple chemical and biological daily transformations, being the main component of human body and predominant on the surface of the Earth. For these reasons, it is used in different processes, such as industrial ones, causing concerns regarding its discharge into the environment. Aiming to analyze whether the waste of a sugar and alcohol industry was adequate for direct environmental disposal, before and after treatment, data concerning its wastewater was gathered within the years of 2017 and 2018. Based on CONAMA Resolution 430 of 2011, it was verified that the pH of the referred wastewater prior to treatment was above legal parameters in both years, making its treatment necessary before discharge. The chemical oxygen demand exceeded legal limits in 2017, as well as in 99,5% of the cases in 2018. Also, the biological oxygen demand also had higher values than allowed, even if in terms of energy efficiency, it met the required parameters. The comparison between wastewater parameters before and after treatment demonstrated that when the residue is treated it attends the State Decree n° 8468 and CONAMA Resolution 430 of 2011, allowing its safe disposition and the maintenance of aquatic life.

Keywords: residual water; wastewater treatments; alcohol industry.

Introdução

A água é fundamental para a manutenção da vida no planeta e, com o passar dos anos, sua disponibilidade na natureza não vem sendo suficiente para atender a demanda exigida pela população humana (HELLER & PADUA, 2006). Ao contrário do que se imagina, no ambiente a água é um solvente muito complexo, que mesmo sem as impurezas agregadas pelo homem, é uma substância normalmente encontrada como uma mistura contendo 33 outras substâncias distintas (RITCHER & NETTO, 2018). Estima-se que no meio ambiente existam cerca de 45×10^{45} moléculas de água que por sua vez estão distribuídas em 95% como água salgada dispostas nos oceanos e mares e 5% de água doce localizadas em lagos, rios, geleiras, sendo 0,3% destas encontradas de tal forma que é possível utilizá-las para consumo, com predominância subterrânea (RITCHER & NETTO, op. cit.).

Sua função no meio ambiente ainda é um objeto de estudo para pesquisadores, pois funciona como um elemento de ligação entre vários outros na natureza, do microcosmo ao macrocosmo. Por outro lado, o interesse se baseia também nas suas formas de uso, agregando-se valor econômico, político, social e ecológico (BLACKMORE, 2008). Na atualidade podem

ser identificados diversos usos para água, dentre eles o consumo humano, uso industrial, irrigação, geração de energia, transporte, aquicultura, preservação da fauna e da flora, paisagismo, assimilação e transporte de efluentes. De acordo com cada uma dessas finalidades, as características físicas, químicas e biológicas devem ser observadas visando garantir a segurança do usuário (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

Para as indústrias, a água possui grande valor, fazendo parte de inúmeros processos produtivos, desde a lavagem até a composição do produto final (MIERZWA & HESPANHOL, 2005). Conforme a intenção de uso, as características de qualidade da água podem variar, sendo, para isto, fixado um padrão mínimo relativo à sua aplicação (TELLES *et al.*, 2010). Assim, para avaliar a qualidade da água para uso, são utilizados diversos parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos e indicativos de contaminação orgânica e biológica. Se essas características estiverem dentro de certos padrões, viabilizam determinados usos (RICHTER, 2009). Em geral, os parâmetros físicos englobam cor, turbidez, quantidade e tamanhos dos sólidos, temperatura, sabor, odor e condutividade. As características químicas envolvem, princi-

palmente, pH, dureza, concentração de compostos como cloretos, sulfatos, fosfatos, carbono orgânico total, nitrato, nitrito, amônia, oxigênio dissolvido, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), metais e produtos farmacêuticos. Entre as características hidrobiológicas estão a quantidade e espécies das bactérias, algas e protozoários (DI BERNARDO *et al.*, 2008).

A água utilizada nos processos de produção de açúcar e álcool, também chamada de água residuária, se despejada sem o devido tratamento causa não somente impactos para os seres vivos que habitam aquele local, como também para todo o ecossistema de sua inserção, além de ser um potencial transmissor de agentes infecciosos (CUTOLO, 2009). Por isso, após seu uso, esta deve ser tratada novamente para assim ser devolvida para o corpo receptor (CONAMA, 2005), motivo pelo qual foram criadas leis para controlar os parâmetros e estabelecer as diretrizes necessárias para tal devolução, de acordo com o meio de reinserção. Tais ordenanças estão dispostas nas resoluções do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente (VON SPERLING, 1995).

Por este motivo as empresas necessitam de estações de tratamento de efluentes próprias (VON SPERLING, 1995). Estas, inicialmente possuíam o objetivo de

evitar a transmissão de doenças e remover sólidos em suspensão, mas, com o tempo, o foco principal se tornou a prevenção de efeitos negativos a longo prazo associados a essa água sobre a saúde e o meio ambiente, focando assim na busca por maior eficiência no uso dos recursos finitos que a terra dispõe (METCALF, 2016).

Neste contexto há a necessidade de uma abordagem sistêmica, integrada e preditiva na gestão das águas com uma descentralização para a bacia hidrográfica (GLEICK, 2000). É de suma importância o papel da Ciência e da Pesquisa na busca e validação de soluções para os desafios sociais, cabendo aos cientistas analisarem estrategicamente a situação dos recursos hídricos em todo o mundo, a fim de que as comunidades e as nações como um todo fundamentem seus planos de desenvolvimento socioeconômico com segurança e em uma visão sustentável (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Objetivos

Este trabalho teve por objetivo caracterizar a água residuária em uma usina sucroalcooleira, prévia e posteriormente ao tratamento utilizado. Sendo assim, amostras foram avaliadas quanto a DBO, DQO e pH, assim como o atendimento destes parâmetros frente ao estabelecido

pelos órgãos responsáveis em ambos os cenários.

Material e Métodos

Foram utilizados os dados obtidos por meio de análise de amostras coletadas em 2017 e 2018, fornecidos pelo setor industrial da empresa em questão, que autorizou a divulgação destas informações, mas não a de seu nome.

Água Residuária

A água residuária amostrada foi proveniente do processo industrial de produção de etanol de uma usina sucroalcooleira, localizada no interior do estado de São Paulo. Tal efluente é gerado no processo de purificação do etanol por destilação a partir do meio fermentado em etapa anterior. A água residuária é utilizada sem diluição, para alimentação da ETE, porém suplementada com ureia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ – 5,8mg/L por 1000mgDQO/L), hidróxido de amônia (NH_4OH – sol. aq. 50%), bicarbonato de sódio (NaHCO_3 – 500mg/L para cada 1000mgDQO/L, isto é, uma relação de 0,5) e hidróxido de sódio (NaOH – sol. aq. 5%)

Análises físico-químicas e exames microbiológicos

O monitoramento do reator se deu pela medida, em amostras do afluente e do efluente, das demandas químicas de oxigênio e carboidratos, pelo método de DQO e método de Dubois (1995), respectivamente. Também foram avaliados os valores para sólidos totais (ST) e pH. Tais análises foram realizadas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1995), considerando também o método proposto por Dilallo e Albertson (1961).

A frequência das amostragens e dos ensaios variaram entre as análises devido à facilidade de sua realização e a ocorrência de intempéries. Na ausência de qualquer empecilho, pH, DQO e os sólidos sedimentáveis foram coletados/medidos a cada 2 horas, enquanto DBO e sólidos voláteis foram coletados e analisados uma vez por semana.

Sistema de Tratamento de Água Residuária

O Sistema de Tratamento de Água Residuária (STAR) consistiu em um desarenador, um separador de óleo, um tanque de equalização, quatro reatores em paralelo de 900 m³ cada, um tanque de armazenagem (Amoniacal), um reservatório para água tratada (Sharp) e um Flare. Já o afluente do STAR, que entra para ser tratado, é composto pela água residuária da

destilaria, água de lavagem de cana, água residuária da usina e do tanque amoniacal. Porém, o volume da água residuária proveniente da destilação é tamanha em relação às outras fontes, que sua caracterização é uma aproximação fidedigna do afluyente do STAR.

Primeiramente, o afluyente do STAR passa pelo desarenador, para retirada de areia e terra, proveniente da lavagem da cana e do bagaço, que não foram retidos previamente. Depois, há o separador de óleo, para retirada do óleo fúsel, que é um outro subproduto da destilação da cana de açúcar. Após essa etapa, há um tanque de equalização, onde realiza-se a dosagem e agitação dos suplementos para a realização do tratamento, adição das fontes de nitrogênio, ureia ou hidróxido de amônia, e das fontes de hidroxila para controle do pH, hidróxido de amônia ou hidróxido de sódio. Subsequentemente, há a alimentação dos reatores, dispostos em paralelo e associados a um distribuidor que os alimenta ao mesmo tempo e com mesma vazão. Se o efluente da STAR, após o tratamento, não estiver dentro dos parâmetros, este é destinado ao tanque Amoniactal. Quando dentro dos parâmetros, este é despejado no tanque Sharp, onde se encontra com o vapor condensado, que foi produzido nas caldeiras e utilizado como força motriz para os eixos das máquinas

utilizadas no processo, como as moendas e os agitadores. O vapor, ao realizar trabalho perde energia e condensa, porém, ainda apresenta uma temperatura elevada; este procedimento ajuda a diminuir a temperatura da água condensada, para assim, seguir até um lago, onde é captada a água que entra na Estação de Tratamento de Afluyente (ETA).

O processo todo pode ser observado por meio da Figura 1, tendo uma linha de tubulação que faz a água tratada voltar ao lago do qual foi coletada para ser utilizada posteriormente com o intuito de suprir sua perda no sistema de água da usina, como na caldeiraria, para geração de vapor (força motriz) e para aquecimento em determinadas partes do processo de fabricação de álcool e açúcar. Por sua vez, o gás gerado nos reatores, advindo do tratamento, é queimado em um Flare.

O STAR tem capacidade nominal máxima de tratamento de 150 m³/h. Caso a vazão total ultrapasse esse valor a quantidade sobressalente é enviada para o Tanque Amoniactal. O mesmo ocorre caso o afluyente esteja descaracterizado, por algum motivo já conhecido, como por exemplo, temperatura acima do indicado ou pH muito baixos (decorrente de lavagem de equipamento), sendo assim diluído. Este Tanque tem um volume em torno de 20 vezes maior que o do reator e a STAR é ali-

ção de tratamento de água (corrosividade, incrustabilidade e coagulação) e de esgoto (digestão anaeróbia), assim como para a caracterização de corpos d'água (VON SPERLING, 2005).

A faixa de pH se estende de 0 a 14, sendo que valores de 0 a 6,99 são considerados ácidos, com 7 sendo neutro e de 7,01 a 14 básicos. Este parâmetro pode sofrer variações devido a fatores naturais, por dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, fotossíntese, oxidação da matéria orgânica, dissolução de CO₂ ou de gás sulfídrico e antropogênicos, despejos domésticos e industriais (lavagem ácida de tanques) e passagem de água por minas abandonadas, vazadouros de mineração e das borras de minério (DI BERNARDO, 1993).

Conforme o artigo 16 da Resolução CONAMA 430 (2011), a faixa de pH recomendada para o descarte no meio ambiente de efluentes, como o abordado neste estudo, tem como limites os valores 5 e 9. Como neste caso há uma faixa na qual se deve realizar o enquadramento e não somente um valor máximo, o valor médio pode mascarar a real situação. Num caso hipotético, se houvesse em um descarte metade dos casos com um pH igual a quatro e na outra metade o pH fosse 10, seria obtida uma média de pH igual a sete, que estaria dentro da faixa exigida. Apesar disso,

em nenhum dos dias as amostras descartadas estariam dentro da faixa aceitável segundo a Resolução. Assim, além dos valores médios para os anos analisados, foram observadas também as médias diárias, ao logo do tempo, tendo em vista que o tempo de retenção do reator é de 24 horas.

Matéria Orgânica

A matéria orgânica presente nos corpos d'água e nos esgotos domésticos é uma das características de maior importância, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas (VON SPERLING, 1995). Em grande quantidade a matéria orgânica pode causar o aumento do número de microrganismos e, consequentemente, o consumo excessivo do oxigênio dissolvido (OD) nos processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Sendo assim, o oxigênio passa a ser um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos e um dos principais indicadores da qualidade da água, indispensável para a manutenção dos organismos aeróbios e para o equilíbrio ambiental como um todo (MOTA, 2003).

Os principais componentes orgânicos são carboidratos, proteínas, gordura e óleos, além de surfactantes,

fenóis, pesticidas, ureia e outros com menor representatividade (METCALF & EDDY, 2003). Independente desta classificação, subdivide-se a matéria carbonácea em não biodegradável e biodegradável, ambos em suspensão e dissolvida (VAN HAANDEL & VAN DER LUBBE, 2012). Porém, devido à dificuldade na determinação laboratorial dos componentes da matéria orgânica, utilizou-se métodos indiretos para sua quantificação ou do seu grau poluidor. Existem duas principais características: Medição do carbono total e Medição do consumo de oxigênio (DBO e DQO) (VON SPERLING, 1996), sendo o último utilizado neste trabalho.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é um parâmetro que mede a quantidade de matéria orgânica através do oxigênio dissolvido, suscetível de ser oxidada por meios químicos que existam em uma amostra líquida (PHILIPPI JUNIOR *et al.*, 2004). Esta se baseia no fato de que alguns compostos orgânicos são oxidados por agentes químicos oxidantes fortes em meio ácido, resultando em Dióxido de Carbono e água. Assim, ela corresponde à quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente

químico. Esta análise reflete a quantidade total de componentes oxidáveis, seja carbono ou hidrogênio de hidrocarbonetos, nitrogênio (de proteínas, por exemplo), ou enxofre e fósforo de detergentes (RODRIGUES, 2005).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

Demanda Bioquímica de Oxigênio ou Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável presente na água, correspondendo a quantidade de oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica por processos biológicos (RODRIGUES, 2005). O teste padrão para sua determinação é realizado da seguinte forma: a amostra é coletada e no mesmo dia determina-se a concentração de oxigênio dissolvido (OD), que em seguida é mantida em um frasco fechado e incubada a 20°C durante cinco dias. Após este período a concentração de OD da amostra é medida novamente. Assim, a diferença entre a concentração de OD no dia zero e no quinto dia é a DBO, que representa a quantidade de OD consumida para oxidar a matéria orgânica presente na amostra, por isso, a nomenclatura: DBO_{5, 20} (VON SPERLING, 1995).

O poder de oxidação do método de

análise de DBO é menor do que o da DQO, já que é somente mediante a ação de microrganismos, conseqüentemente o valor de DQO é maior, já que oxida substâncias não biodegradáveis (PIVELI e KATO, 2005).

Sólidos totais, voláteis, sedimentáveis

Os sólidos encontrados na água podem ser classificados por tamanho e estado. A classificação por tamanho é dada principalmente pela suspensão ou dissolução. Pode ainda ser observada a capacidade de decantação dos sólidos, sendo nomeados de sólidos sedimentares, os quais normalmente atingem esse estágio após uma hora misturados na água. Outra classificação leva em conta as características químicas, como sólidos voláteis (matéria orgânica) e sólidos fixos (matéria inorgânica) (VON SPERLING, 1995).

Os sólidos presentes na saída do STAR são referentes, em sua grande maioria, ao lodo dos reatores, já que é feita a retirada dos sólidos que saem da usina e entram para a ETE por telas e desarenadores. Assim, a entrada de sólidos é diminuta, com os que saem tendo sido gerados pelo reator. Estes são importantes, uma vez que atrapalham a eficiência do tratamento por não serem reconhecidos como substrato pelos microrganismos que digerem a matéria orgânica, além de poderem acarretar

problemas de fluxo, como o entupimento de tubulações ou vazamentos devido ao poder abrasivo de alguns sólidos (BRANDI *et al*, 2000).

No sistema estudado, o tipo de reator empregado é o UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ou RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente). Este é alimentado pelo fundo com o auxílio de dispersores, resultando no contato do efluente com o lodo ativado contendo os microrganismos, os levando a suspensão, formando uma diferença de concentração de lodo dentro do reator, com a maior sendo encontrada no fundo (COSTA, 2014). Para este, caso o fluxo ascendente esteja muito elevado, a força de arrasto irá se sobrepor ao peso das partículas, arrastando-as para fora do reator. Isso ocorre normalmente com as partículas mais leves, que na maioria dos casos correspondem a colônias pequenas ou microrganismos que não estão exercendo sua função plenamente, com a multiplicação dos demais organismos suprimindo essa perda. Porém, se isso ocorrer em demasia, a quantidade perdida será superior à de proliferação, diminuindo o montante de microrganismos presentes no reator e, conseqüentemente, a eficiência do processo. Assim, o monitoramento dos sólidos permite o monitoramento do desempenho do reator, a avaliação do fluxo ascendente e se está ocorrendo esse tipo de

“lavagem” (RODRIGUES, 2005).

Caracterização específica

Resultados e Discussão

Potencial Hidrogeniônico

Caracterização Geral da Água Residuária

A Tabela 1 resume as características da água residuária quanto aos parâmetros monitorados nos anos de 2017 e 2018. Nesta, é possível observar que todos os parâmetros estão fora do recomendado, sendo assim necessário realizar o tratamento previamente ao descarte.

Quanto ao pH, tanto os valores médios anuais, como as médias diárias, demonstraram que, caso a água residuária fosse despejada diretamente em um corpo d'água a partir da saída da indústria, ou a entrada do STAR, estes estariam acima do limite máximo permitido em 44,4% dos dias no ano de 2017, conforme demonstrado pela Figura 2A.

Tabela 1 – Caracterização da água residuária nos anos de 2017 e 2018 quanto aos parâmetros avaliados - valores médios e desvio padrão.

Parâmetro	2017		2018	
	Valor (Médio)	Desvio	Valor (Médio)	Desvio
pH (Entrada STAR)	8,8	1,20	9,2	1,28
DQO (Entrada STAR)	2.201	3.152	3.233	4.365
DQO (Tanque Amoniacal)	8.083	6.145	5.085	4.802
DBO (Tanque de equalização)	2.281	2.100	1.579	1.587
Sólidos Totais	2.062	2.279	1.940	1.510
Sólidos Sedimentados	7,6	8	11,6	10

Já no ano de 2018 os resultados relativos ao pH indicaram uma leve piora na frequência de dias em que o parâmetro se encontrou fora da faixa exigida (Fig. 2B), com 55,2% dos dias apresentando valores acima do indicado. Isso ocorreu devido ao processo microbiológico de digestão anaeróbica liberar maior quantidade de H⁺, como Bagley e Brodkorb (1999) propuseram

em seu modelo cinético simplificado da atividade anaeróbica. Ao se dar a adição de bases (OH⁻) no tanque de equalização, ocorre o aumento do pH do mesmo, significativamente. Porém, este se dá somente para a adequação do processo, visto que há uma faixa de pH ótimo em relação a eficiência do reator (ALBUQUERQUE, 2017). Desta forma, o

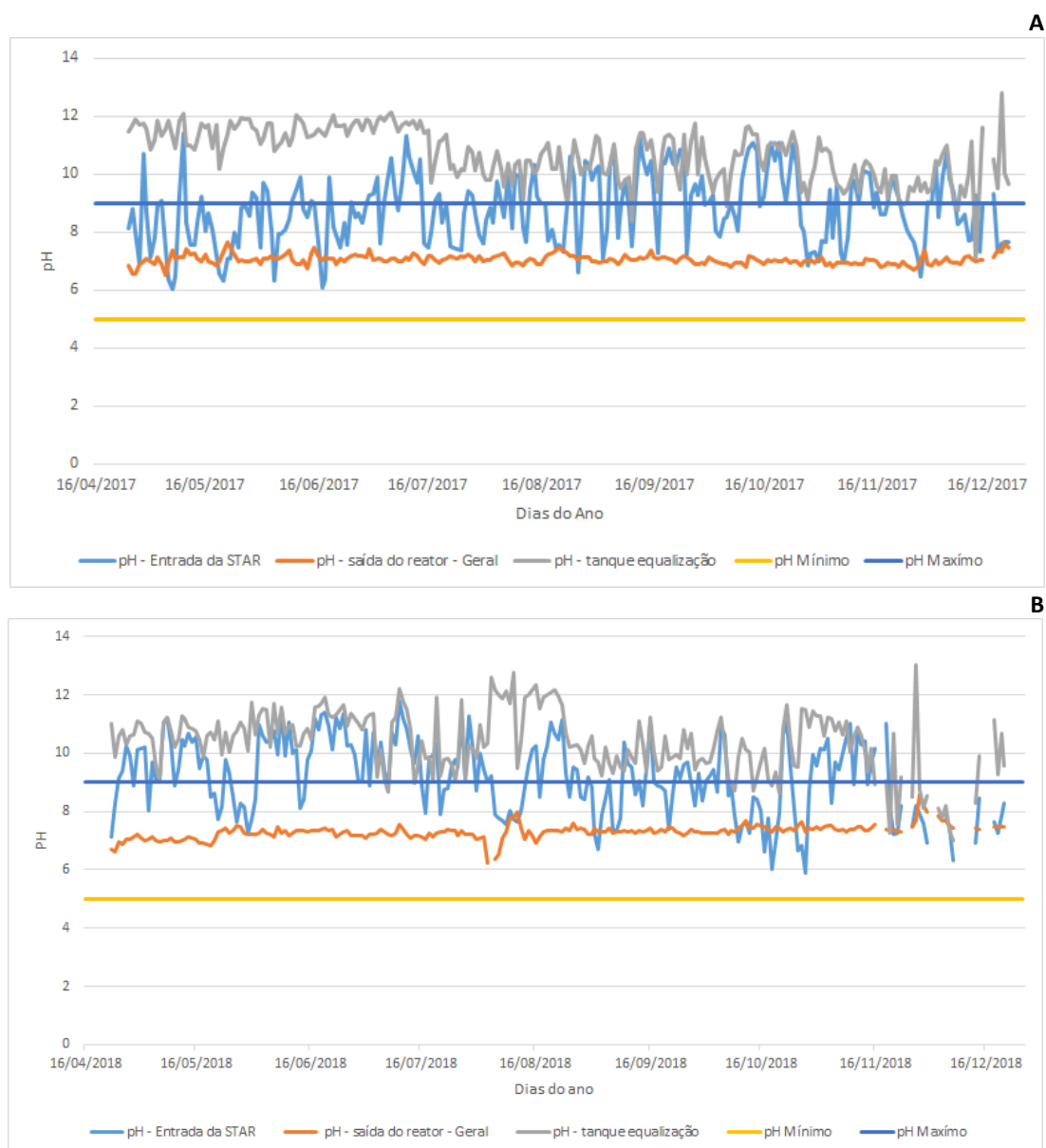


Figura 2 – Variação do Potencial Hidrogeniônico observada para as amostras relativas aos anos de A - 2017 e B - 2018.

monitoramento deste tanque tem como objetivo a otimização das reações.

Por outro lado, com a finalidade de caracterizar as condições de pH da água residuária após passagem pelo STAR, ou seja, condições do efluente descartado no meio ambiente, foram analisados também

os valores de pH do efluente liberado na saída do reator. Para este, não foram obtidas medidas fora da faixa permitida, apresentando valores máximos de 7,7 e 8,6, mínimos de 6,5 e 6,2 e médios de 7,1 e 7,3, respectivamente para os anos de 2017 e 2018.

Matéria Orgânica - DQO

Apesar do efluente encontrado no Tanque Amoniacal não representar as características da água residuária, o valor da DQO relativo a ele foi apresentado para demonstrar o que ocorre com as variáveis analisadas caso não seja aplicado o tratamento. Sendo assim, como o valor para este tipo de amostra é maior, o mesmo indica que, para digerir a matéria orgânica presente no tanque amoniacal, o consumo de oxigênio é maior do que se este fosse realizado imediatamente, após a saída da indústria (VON SPERLING, 1995).

A eficiência de remoção média de DQO foi de 91,5% (2017) e 91,1% (2018) com valores médios de descarte de 117 (2017) e 120,5 (2018). Neste caso, não foi apresentado o valor máximo, pois na presença de uma baixa súbita de eficiência (eficiência menor que 80%) não se dá o descarte no corpo d'água, com o retorno do efluente para o Tanque Amoniacal. Conforme ilustrado na Figura 3A que representa as amostras coletadas no ano de 2017, os valores coletados expressam uma melhora significativa nos valores de DQO após o tratamento dos efluentes expressos na cor marrom. Da mesma forma, a figura 3B expressa os valores referentes ao ano de 2018, indicando valores muito parecidos

com o ano anterior, representados na figura pela cor verde.

Matéria Orgânica - DBO

Conforme os parâmetros estabelecidos nos artigo 18 da legislação do Estado de São Paulo, Decreto Estadual n.º 8468 de 8 de setembro de 1976, a demanda biológica de oxigênio despejada em um corpo d'água deve ser de até 60mg/L ou possuir uma eficiência global mínima do processo de tratamento igual a 80%. Durante o processo de tratamento de efluente da usina a DBO em ambos os anos analisados essa apresentou valores acima do mínimo estipulado pela CETESB obtendo-se uma média anual de 115 e 156mg/L, para 2017 e 2018 respectivamente, porém com eficiências de 95,0% e 90,1%.

A Figura 4A apresenta os valores para o parâmetro para as amostras coletadas na saída do tanque de equalização, que apresentaram valor máximo de 9.350mg/L e o mínimo de 230mg/L, demonstrando que sem o devido tratamento o efluente estaria acima dos padrões indicados pela CETESB. Da mesma forma, a Figura 4B expressa os valores referentes ao ano de 2018, apresentando o valor máximo de 5.470mg/L e o mínimo de 57 mg/L, também demonstrando a



Figura 3. Demanda Química de Oxigênio relativa aos anos A - 2017 e B - 2018.

importância do tratamento do efluente devido à grande variação observada de acordo com a época do ano e a demanda no processo produtivo da usina.

A demanda biológica de oxigênio é claramente um parâmetro de suma importância para a caracterização da adequação da água quanto a poluição, portanto, quanto maior a DBO mais poluída está a água, permitindo deduzir que um

maior número de microrganismos então presentes no meio, sejam estes utilizadores de oxigênio dissolvido para transformá-lo em CO_2 ou em nitratos e nitritos (VON SPERLING,1996).

Sólidos

Todos os contaminantes presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos,

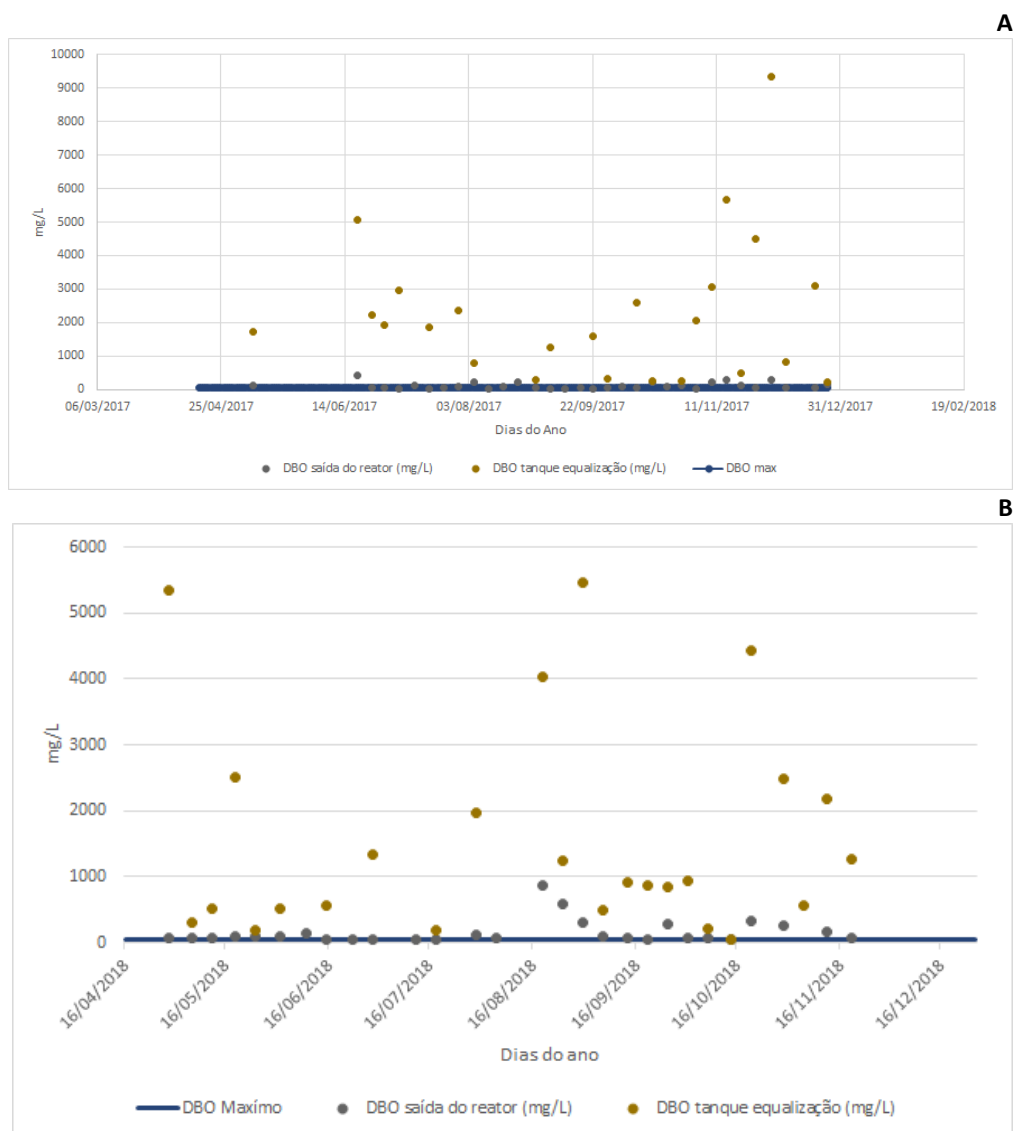


Figura 4. Demanda Bioquímica de Oxigênio relativa aos anos A - 2017 e B - 2018.

contribuem para a carga de sólidos (VON SPERLING, 1996). Apesar da notória importância do monitoramento dos sólidos, estes não têm seus valores determinados legalmente pela CETESB, nem sua implicação negativa ao meio ambiente, já que as reações bioquímicas ocorrem, praticamente, apenas no reator (VON SPERLING, 1996). Os sólidos que saem da

STAR são microrganismos que consomem a matéria orgânica poluente e, em sua maioria, já estão no final do tempo de residência celular.

Comparação do Efluente *In Natura* x Tratado

A Tabela 2 expressa os valores da água residuária tratada e não tratada nos

anos de 2017 e 2018. Como foi possível observar, o despejo da água residuária sem o devido tratamentos causaria a deterioração dos meios naturais e a morte da fauna do corpo receptor. Por exemplo, o pH elevado pode causar corrosão do epitélio branquial e das nadadeiras, levando os peixes à morte (CETESB, 1980).

Por outro lado, o oxigênio diluído é fator preponderante para a vida aquática, assim, quanto maior a demanda química e

biológica, maior a presença de matéria orgânica biodegradável que, por sua vez resulta em maior número de microrganismos respirando no meio, assim aumentando o consumo de oxigênio diluído (VON SPERLING, 1995). Isso resulta na queda da concentração deste gás, podendo causar asfixia em alguns animais, podendo levar a morte de acordo com as espécies e suas características mínimas para sobrevivência (CETESB, 2019).

Tabela 2 - Comparação dos valores médios dos parâmetros obtidos para o efluente *In Natura* e Tratado para 2017 e 2018.

Parâmetro	2017		2018	
	Não tratado	Tratado	Não tratado	Tratado
pH	8,8	7,1	9,2	7,3
DQO	2201	117	3233	120,5
DBO	2281	115	1579	156

A comparação também permite compreender que o tratamento resultou em queda abrupta dos valores relativos aos parâmetros analisados, proporcionando uma equiparação quanto as características da água ao entrar na usina e a analisada na saída, devidamente tratada.

Conclusões

Os dados obtidos demonstraram que caso não houvesse o tratamento do efluente previamente ao descarte, o meio ambiente seria afetado negativamente, em

decorrência da elevada carga orgânica biodegradável e pH fora da escala aceitável. Assim, é possível perceber que o Sistema de Tratamento de Água Residuárias empregado foi capaz de adequar o lançamento para todos os parâmetros legais vigentes, uma vez que, após o tratamento não ocorreram casos em que a média diária de pH estivesse fora da faixa recomendada. Já quanto aos teores de Matéria Orgânica, influenciadoras indiretas dos teores de oxigênio dissolvido, nem todos os casos se adequaram ao permitido numa primeira passagem pelo STAR. Mas, nestes casos, a recomendação

de armazenar e, posteriormente, recircular os efluentes garantiram que estes fossem adequados previamente ao descarte no meio, garantindo sua segurança.

Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, J. N. **Produção de metano em AnSBBR tratando vinhaça em condição termofílica**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. p. 27-28. 2017.
- BAGLEY, D, M.; BRODKORB, T. S. Modeling Microbial Kinetics in an Anaerobic Sequencing Batch Reactor-Model Development and Experimental Validation. **Water Environment Research**, v. 71, n. 7, p. 1320-1332, 1999.
- BLACKMORE, H. J. **Ângulos da Água: desafios da integração**. Belo Horizonte: UFMG, 2008. p. 366.
- BRANDI, G; SISTI, M; AMAGLIANI, G. **Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems**. Journal Applied Microbiology. v. 88, p. 854-852. 200
- CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1980. p. 9-13.
- CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2019**. São Paulo, 2019. p. 27.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução 357/2005**. Disponível em: <<http://www.siam.gov.br:0/sla/download.pdf?idNormas=2747>>.
- COSTA, E. S.; BARBOSA FILHO, O.; GIORDANO, G. **Reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB): uma abordagem concisa**. Rio de Janeiro: COAMB/FEN/UERJ, v. 5, p.44. 2014.
- CUTOLO, S. A. **Reuso de águas residuárias e saúde pública**. São Paulo: Fapesp, p. 96. 2009.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 107, jun. 2006.
- DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. vol 1. São Carlos, SP: Editora LDIBE LTDA, 2008. p. 119-120.
- DILALLO, R., ALBERTSON, O. E. Volatile acids by direct titration. **Journal of Water Pollution Control Federation**, v. 3, p. 356-365, 1961.
- DUBOIS, S. M., GILLES, K. A., HAMILTON J. K., REBERS P. A., SMITH, F. Colorimetric Methods for determination of sugar and related substance. **Analytical Chemistry**, 228, p. 13-21, 1956.
- HELLER, V. L., PADUA, L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p. 858.
- METCALF, L. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5ª Ed, São Paulo. p. 1800. 2016
- METCALF & EDDY. **Wasterwater engineering: treatment and reuse**. Metcalf & Eddy, Inc. 4. ed, p. 1334. 2003.
- MIERZWA, J. C., HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos. p. 44. 2005.
- MOTA S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. p. 416. 2003.
- PHILIPPI JUNIOR, A. R.; ANDRADE, M.; COLLET, B. G. **Curso de Gestão**

- Ambiental**. São Paulo: Malone, cap. 18, p. 657- 711. 2004.
- PIVELI, R. P.; KATO, M. T. "**Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**". São Paulo, 1ª Ed. Editora ABES, 2005. p.285.
- RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo, SP: Editora Blucher, 2009. p. 67-82.
- RITCHER, C. A., NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. 13ª ed. São Paulo: Blucher, 2018. p. 331.
- RODRIGUES, J. A. D., RATUSZNEI, S. M. **Fundamentos dos Processos Biológicos de Tratamento de Efluentes Líquidos**. Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul. 2005. p. 44.
- RODRIGUES, J. A. D. & RATUSZNEI, S. M. **Engenharia Bioquímica**. (Texto de Apoio Didático). EEM/CEUN-IMT, São Caetano do Sul, 2005. p. 8.
- SAMPAIO, N. A. S.; DE LUCENA, S. E. **Controle Automático de pH de Estações de Tratamento de Água para Abastecimento Humano**. II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - SEGeT, p. 1067. 2005.
- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. APHA, AWWA, WPCF. 19th edition, **American Public Health Association**, Washington, 1995. p.38
- TELLES, D. D. A.; GUIMARÃES, R. H. P. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. p. 424.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 631.
- VAN HAANDEL, A. C.; VAN DER LUBBE, J. **Handbook biological waste water treatment: design and optimization of activated sludge systems**. 2. ed. Londres – UK: IWA Publishing of Alliance House, 2012. p. 816.
- VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias** – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, v.01, ed. 02. Minas Gerais: ABES, cap. 2. p. 51-70. 1995.
- VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias** – Princípios básicos do tratamento de esgoto, v.02. Minas Gerais, 1996. p. 64.
- VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1, 3 ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA: Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005 p.126-127.