



Estudos Físico-Químicos e Microbiológicos da eficiência do tratamento de efluentes provenientes de indústria de bebidas

Genilson Pereira Santana¹, Wamber Broni de Souza², Franklin Monteiro Brasil³, Erasmo Sergio Ferreira Pessoa Junior⁴, Mauro Célio da Silveira Pio⁵, Paulo Renan Gomes Ferreira⁶

Resumo

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o efluente tratado biologicamente de uma indústria de bebidas para verificar sua eficiência em reduzir a quantidade de nitrogênio e fósforo, bem como melhorar a Demanda Química de Oxigênio (DQO) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Para isso, dados de pH, nitrogênio orgânico total, nitrogênio amoniacal, DQO, DBO₅, Oxigênio Dissolvido (OD), fósforo, sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos dissolvidos (SSD) e exames microscópicos do período de 2019 e 2020, obtidos pelos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, foram estudados pelas análises estatística de variâncias e exploratória (hierárquica de cluster). Os dados mostraram também que existe uma diferenciação nos grupos de microrganismos de 2019 (ameboides e datomeas) para 2020 (bactérias filamentosas). Apesar da diferenciação, o fator A/M (quantidade de "alimento"/quantidade de microrganismos), sugere que a quantidade de "alimentos" presentes no efluente favoreceu a eficiência da estação de tratamento. Mesmo assim, os dados de saída do tratamento de efluente indicam que fósforo, SST, DQO e DBO estão dentro das especificações da Resolução CONAMA 430/2011. Dentre as variáveis estudadas os composto nitrogenados (N₂-NH₃ e N₂-total) devem ser acompanhadas com maior rigor por causa da sua alta variabilidade. A análise exploratória dividiu os dados em grupos de dois meses sugerindo que o processo de tratamento de efluente possui a mesma sistemática.

Palavras-Chave: Lodos ativados, Demanda bioquímica de oxigênio, Microbiologia do lodo

Physical, Chemical and Microbiological Studies on the efficiency of treatments of effluent from beverage industry . The purpose of this study was to characterize the biologically treated wastewater from a beverage industry to determine their efficiency in reducing the amount of nitrogen and phosphorus, as well as improving the chemical oxygen demand (COD) and biochemical

¹ Professor Titular, Departamento de Química, ICE, UFAM, gsantana2005@gmail.com.br

² Professor Associado, Colegiado de Zootecnia, ICSEZ, UFAM, wambersa@ufam.edu.br

³ Professor Assistente, Departamento de Química, ICE, UFAM, fbrasil@ufam.edu.br

⁴ Professor Adjunto, Universidade do Estado do Amazonas, esjunior@uea.edu.br

⁵ Professor, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, mauro.pio@ifam.edu.br

⁶ Lab de Química Ambiental, Depto de Recursos Pesqueiros, INPA, pferreira29@gmail.com



oxygen demand (BOD). In this context, data of pH, total organic nitrogen, ammonia nitrogen, COD, BOD5, dissolved oxygen (DO), phosphorus, total suspended solids (TSS), volatile suspended solids (VSS), suspended solids dissolved (STD) and microscopic examinations at 2019 and 2020, obtained by the described in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, were studied by statistical analysis of variance and exploratory (hierarchical cluster). The data show that there is a differentiation of groups of microorganisms, 2019 (amoeboid and datomeas) to 2020 (filamentous bacteria). Despite the differentiation, factor A/M (quantity of "food"/quantity of microorganisms), suggests that the amount of "food" present in the effluent improved the efficiency of the treatment plant. Even so, the output data of the wastewater treatment indicated that phosphorus, TSS, COD and BOD are within the specifications of Resolution CONAMA 430/2011. Among the variables studied the compounds of nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}_2$ and $\text{N}_2\text{-total}$) should be monitored more closely because of its high variability. Exploratory analysis divided the data in groups of two months suggesting that the process wastewater treatment has the same system.

Keywords: Activated sludge, biochemical oxygen demand, sludge microbiology

1. Introdução

A água é uma das matérias-primas mais utilizadas em processos industriais, sendo seu excedente descartado e classificado como efluente industrial. Dentre os problemas gerados pelo efluente industrial se encontra as condições mínimas de descarte exigidas pela Legislação em vigor nos diversos países. No Brasil, a resolução CONAMA nº 357 (2005), alterada e complementada pela Resolução CONAMA nº 430 (2011), trata sobre a classificação dos corpos de água, diretrizes ambientais e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A contaminação desenfreada por efluentes é um problema ambiental que requer estratégia imediata no que diz respeito ao abastecimento e tratamento dos efluentes industriais para sua reutilização (Yang et al. 2005; Muro et al. 2009; Bertolossi, Neder, e Brandão 2021; Debus, Zagonel, e Rodrigo 2021; Patrício,

Boas, e Galdino 2021). Dentre as substâncias poluidoras, a matéria orgânica continua sendo aquela de maior impacto (Menegaz et al. 2011; Oliveira, e Sustafa 2015; Patrício, Boas, e Galdino 2021), pois as grandes quantidades lançadas diariamente já degradaram por eutrofização grandes áreas de ecossistemas aquáticos da Terra.

Geralmente, os efluentes ricos em matéria orgânica são tratados em estação de tratamento de águas residuais. Por outro lado, o sistema de tratamento baseado em processo de autodepuração envolvendo microorganismos, cujo processo é baseado na respiração celular com a oxidação de compostos orgânicos, tem sido um dos mais utilizados (Rocha et al. 2016). A base do processo depende do desenvolvimento de microorganismos em tanque de aeração ou reator biológico, parte do sistema de tratamento onde pode ser observada a formação colonial de



microorganismos oriundos da “floculação biológica” ou lodo ativado (Bento, Sezerino, e Philippi 2005).

Um dos problemas observados nesse tipo de tratamento é que com o decorrer do tempo, os microrganismos se adaptam às condições química, física e biológica do efluente em tratamento (Cordi et al. 2008).

Além do controle microbiológico em um sistema de tratamento é necessário o controle da quantidade de nitrogênio e fósforo (Rocha et al. 2016; Brennan et al. 2021). Além disso, as condições ambientais propiciam o desenvolvimento e consumo de grandes quantidades de OD. Nesse sentido, avaliar a eficiência dos microorganismos sem reduzir a quantidade de DQO, DBO, nitrogênio e fósforo em um sistema de lodos ativados na indústria de bebidas é pré-requisito necessário.

Portanto, este trabalho tem como objetivo caracterizar o efluente de uma indústria de bebidas a fim de verificar a eficiência do tratamento biológico na redução de nitrogênio e fósforo, DBO e DQO.

2. Material e Métodos

O sistema de tratamento de efluentes por lodo ativado utilizado era de operação de fluxo contínuo a fim de remover ao máximo a carga orgânica proveniente do efluente gerado. Foram realizadas análises físico-químicas de pH, nitrogênio orgânico total, nitrogênio amoniacal, DQO, DBO₅, OD, fósforo, SST, SSV e STD do efluente de entrada, licor e efluente de saída, pelo período de 2 anos (2019-2020).

Juntamente com estas análises foi realizado o acompanhamento qualitativo e quantitativo da microfauna presente no lodo. As possíveis mudanças que vieram a

ocorrer na sua composição foram relacionadas com a sedimentabilidade e com os diversos parâmetros estudados nesta pesquisa.

2.1 Descrição do Processo da ETE

O tratamento de efluentes dessa indústria de bebida é realizado com um sistema de lodos ativados, constituído por um tanque de recepção, um tanque de processo físico-químico, um tanque de equalização de pH do efluente, um tanque de neutralização, dois tanques de aeração para remoção da carga orgânica, seguido por um tratamento secundário que compreende um decantador visando a separação do floco remanescente do efluente biologicamente tratado, bem como clarificação do efluente por meio da adição de polímero D-104 a base de poliaminas.

Assim como processo físico-químico para tratamento de remoção de cor, com adição de hipoclorito de cálcio seguido de filtração com carvão ativado.

A vazão de entrada encontra-se na faixa de 90 a 144 m³ dia⁻¹. A ETE funciona em dois turnos (16 horas dia⁻¹) por dias seguidos.

O tanque de equalização possui um sistema de agitação mecânica contínua, com a finalidade de promover uma mistura homogênea do efluente. Este tanque tem por objetivos, além da homogeneização do efluente, a equalização das vazões e carga orgânica, oferecendo às próximas etapas do tratamento um efluente de características constantes, evitando cargas de choque no restante do sistema. Posteriormente, o efluente é enviado por bombeamento para o tanque de neutralização, onde ocorre o controle de pH, por meio da adição



de CO₂, para valores aproximados de 7,0.

O efluente do tanque de neutralização é enviado por gravidade para o tratamento biológico, composto pelos dois tanques de aeração interligados entre si, nestes o efluente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados para promover a estabilização. O processo é o de aeração prolongada, onde o oxigênio é introduzido ao sistema através de aeradores mecânicos, sendo dois em funcionamento e dois em *stand by*, no primeiro tanque e dois em funcionamento no segundo tanque. A vazão de entrada nesta unidade é em torno de 114 m³ dia⁻¹.

Ocorrida a estabilização do efluente no reator biológico, faz-se a separação entre lodo e o efluente tratado, através de sedimentação em decantador. Parte dos sólidos biológicos retorna ao tanque de aeração (retorno do lodo) e o restante da massa é descartada para o tanque de acúmulo de lodo (digestor aeróbio). A vazão de reciclo de lodo recirculado é em torno de 10 m³ h⁻¹, de forma a manter o manto de lodo em no máximo 1/3 do volume do decantador.

O decantador secundário, é uma unidade circular mecanizada, provida de uma pontemóvel radial removedora de lodo equipada com um dispositivo de raspagem de fundo, para a remoção do lodo decantado, e de um raspador de superfície para a retirada de espuma e outras formas de sobrenadantes.

O efluente que transborda do decantador segue para o sistema de remoção de cor, que constitui a adição de hipoclorito de cálcio por bombeamento, seguindo

para filtração com carvão ativado, que possui duas fases distintas num único corpo, sendo a primeira com uso de areia e cascalho e a segunda com uso de carvão ativado. Na fase de areia e cascalho se dá predominantemente a remoção de particulados em suspensão, bactérias e partículas coloidais. Na fase do carvão ativado predomina a ação de adsorção, onde serão removidas as substâncias voláteis, substâncias odoríferas, e também complementa a remoção de nitrogênios e possibilita a clarificação.

O líquido clarificado é enviado ao tanque de peixes para monitoramento da qualidade deste efluente, e posteriormente será enviado ao corpo receptor. A massa de lodo retida no tanque de digestão aeróbia, é recalçada para a linha de alimentação da prensa desaguadora, que consiste em dois rolos cilíndricos de borracha, onde se dá a desaguagem do lodo realizando uma separação das fases sólido líquido do resíduo. A água de lavagem das telas da prensa e o líquido clarificado obtido na prensagem do lodo retornam para o tanque de equalização para posterior tratamento.

2.2 Amostragem de Efluentes

As amostras de efluente foram coletadas nos seguintes locais: tanque de acumulação (efluente bruto), tanques de aeração (lodo ativado), tanque de clarificação (efluente tratado). A coleta nos dois tanques de aeração foi realizada em frascos de vidro tipo âmbar de 500 mL, não preenchidos completamente, a fim de manter oxigênio suficiente para os microrganismos até o momento da avaliação microbológica, que ocorreu logo após a



coleta e as amostragens no tanque de acumulação e clarificação foram coletadas em béquer de vidro e submetidas imediatamente as análises de nitrogênio total orgânico, nitrogênio amoniacal, fósforo, DBO₅, DQO, pH e sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão total e voláteis, além de avaliação microscópica qualitativa.

O descarte de lodo foi realizado diariamente, de forma manual do tanque decantador para o tanque de digestão aeróbia. A vazão

de descarte foi de aproximadamente 16 m³ dia⁻¹.

2.3 Análises de monitoramento

As análises realizadas nesta pesquisa tiveram como objetivo principal mostrar a eficiência do tratamento bem como servir de apoio para o controle de processo. A frequência de análises variou de diária para três ou duas vezes na semana, dependendo do tipo de análise a ser realizada (Tabela 1).

Tabela 1- Variáveis determinadas no monitoramento da ETE e frequência de amostragem

Variável	Amostra ¹	Frequência Semanal
Nitrogênio Total Orgânico	EI,EF	2 vezes
Nitrogênio Amoniacal	EI,EF	1 vez
Fósforo	EI,EF	3 vezes
DBO ₅	EI,EF	1 vez
DQO	EI,EF	Diária
pH	EI, EF	Diária
Sólidos em Suspensão (SST,SSV)	EI, L, EF	Diária
Sólidos em Suspensão (STD)	EF	1 vez
OD	EI, L, EF	Diária
Exame Microscópico	L	2 vezes

¹Ponto de amostragem de cada tanque: EI-Efluente Inicial; L-Licor; EF-Efluente Final

Todas as análises foram realizadas no laboratório de tratamento de efluentes da referida indústria de acordo com o *Standard Methods for*

the Examination of Water and Wastewater, 23st Edition (2017) (Tabela 2).

Tabela 2 -Análises físico-química, Metodologia e Equipamento utilizados

Análise físico-química	Metodologia	Equipamento
pH	Potenciométrico	pHmetro Mettler MP 225



DQO	Espectrofotométrico (Método DQO 5220-D)	Reator HACH modelo COD Reactor 170, EUA e Espectrofotômetro HACH, modelo DR 2000, EUA
DBO ₅	Diluições com semeadura e incubação a 20 °C (Método DBO ₅ 5210-B)	Conjunto de seis garrafas de medições de OD marca Merck, modelo Oxitop, Alemanha e Incubadora Nova Ética a 20 °C
Nitrogênio Total Orgânico	Titulometria de Kjeldhal (Método 4500-B)	Aparato de destilação convencional, chapa de aquecimento marca IKA modelo RTC Basic, Brasil e Titulador automático Metrohm, Dosimat modelo 725, Suíça
Nitrogênio Amoniacal	Nessler	Espectrofotômetro HACH, modelo DR 2000, EUA
Fósforo	Espectrofotométrico (Método 4500-P-D)	Espectrofotômetro HACH, modelo DR 2000, EUA
SST, SSV e STD	Gravimétrico (Método 2540-B)	Balança analítica Mettler Toledo, modelo XP205, Suíça e Estufa FANEM, modelo Orion, Brasil e Mufla QUIMIS
OD	Oximetria (Método OD 4500-0-G)	Conjunto de 6 garrafas de medições de OD marca Merck, modelo Oxitop, Alemanha
Exame Microscópico	Microscopia óptica	Microscópio Olympus CH-2

Fonte: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition (2017)*.

2.4 Análise microbiológica

As observações dos microrganismos foram realizadas duas vezes por semana, ou seja, segundas e sextas-feiras. Para a descrição e qualificação da microfauna foi usado um microscópio da marca Olympus, modelo CH-2, com uma magnitude de 200 e 500 vezes. Os parâmetros de calibração do microscópio foram os seguintes: i) luminosidade do microscópio em torno de 10, luz; ii) luz transmitida, filtro; iii) filtro A; magnificação; iv) magnificação 20 ou 50x, ocular; v) ocular de 10x e campo; e vi) campo de visão aproximadamente 0,4 mm.

Para a observação microscópica coletaram-se pequenas parcelas homogêneas do lodo dentro do tanque de aeração 1 e 2, sendo disposto entre lâmina e lamínula com o auxílio de uma pipeta graduada de

10 ml, procedendo a retirada do excesso com papel absorvente. Após tal procedimento as amostras foram analisadas no microscópio. Com o auxílio de bibliografia especializada, e observando-se a curva de sucessão ecológica de um sistema de lodos ativados, registraram-se os microrganismos de importância no processo em documento controlado, contendo as diversas espécies. Com este procedimento objetivou-se avaliar a sucessão microbiana no sistema de tratamento de efluentes industriais.

As bibliografias utilizadas para a identificação de protozoários e metazoários foram Vazzoler et al. (1989) e Jenkins, Richard, e Daigger (2003).



2.5 Tratamento Estatístico dos

Dados

Os resultados obtidos pelo sistema de tratamento para os diversos parâmetros estudados e monitorados foram compilados em planilhas, boxplot, correlação linear, dendogramas, com os seguintes dados mensais: máximo, mínimo, e o cálculo da média e desvio-padrão.

3. Resultados e Discussão

A ETE durante o período de estudo apresentou 12 tipos de microorganismos diferentes (Tabela 3), para um descarte de lodo diário que variou de 2,5 a 24,1 m³ dia⁻¹ (média de 15,6 m³ dia⁻¹). Durante o período da pesquisa, observou-se a presença de amebóides, diatomeas em 2019 e bactérias filamentosas em 2020 que diferenciam a população de microorganismos.

Tabela 3 – Microorganismos detectados na ETE durante o período de estudo

Ordem	2019	2020
1	Amebóides	
2	Bactérias bioindicadoras	Bactérias bioindicadoras
3		Bactérias filamentosas
4	Cianofíceas	Cianofíceas
5	Ciliados Fixos	Ciliados Fixos
6	Ciliados livres	Ciliados livres
7	Ciliados reptantes	Ciliados reptantes
8	Clorofíceas	Clorofíceas
9	Criptofíceas	Criptofíceas
10	Diatomeas	
11	Nematodos	Nematodos
12	Rotíferos	Rotíferos

Comparando a relação da presença dos vários grupos de microorganismos com as variações obtidas nas análises físico-químicas, a presença dessa grande variedade tem relação direta na remoção de sólidos (Rocha et al. 2016). As concentrações de sólidos sedimentáveis no efluente apresentam relação direta com a densidade total da microfauna (Bento, Sezerino, e Philippi 2005). Ou seja, quanto maior a quantidade encontrada, melhor a remoção do mesmo (Rocha et al. 2016).

A presença de organismos como os amebóides, ciliados fixos e ciliados livres, rotíferos, resulta na boa qualidade de depuração e eficiência do sistema de tratamento (Soares et al. 2014).

As bactérias filamentosas, encontradas apenas em 2020, está relacionado com a mudança de carga no efluente, que também pode está relacionado a variação do pH do sistema e são importantes na clarificação do efluente.

A quantidade de "alimentos", em termos de carga orgânica,



em relação a quantidade de microrganismos presente nos tanques de aeração, apresentou fator A/M variando de 0,028 (2019) e 0,035 (2020), indicando que a quantidade de "alimentos" presentes no efluente em

relação aos microrganismos é pequena (Tabela 4). Percebe-se que durante os dois anos de estudos que essa variável favoreceu que a ETE tivesse alta eficiência.

Tabela 4 - Fator A/M obtida durante o período de estudo

Mês	Ano	
	2019	2020
Janeiro	0,012	0,014
Fevereiro	0,013	0,035
Março	0,016	0,015
Abril	0,018	0,015
Mai	0,028	0,011
Junho	0,013	0,020
Julho	0,023	0,018
Agosto	0,016	0,006
Setembro	0,017	0,017
Outubro	0,004	0,017
Novembro	0,007	0,013
Dezembro	0,005	0,019
Média±desvio padrão	0,014±0,007	0,017±0,007
Mínimo	0,004	0,006
Máximo	0,028	0,035

A concentração de sólidos suspensos voláteis variou de 6714 a 13240 mg L⁻¹ (média de 9510 mg L⁻¹), de 2019 para 2020. A Figura 1 mostra a variação da concentração de biomassa, representada pelos sólidos suspensos voláteis (SSV). Observa-se que o comportamento da concentração de SSV é bastante regular ao longo do período estudado.

Dentre as variáveis é possível verificar que o efluente é predominantemente ácido na entrada, com

quantidade elevada de sólidos suspensos totais, fósforo, DQO e DBO. Após tratamento físico-químico e biológico do efluente nota-se que os resultados acima obtidos se adequam às especificações da Resolução CONAMA nº 430 (2011).

Em termos anuais foram usados para a construção do Boxplot, em que os resultados mostram pouco variabilidade nas medianas de um ano para outro para a cor (Figura 2). O mesmo não pode ser

afirmado para as outras variáveis, cujas variâncias, representadas pelas dimensões das caixas, aumentam de um para outro. Segundo as medianas a quantidade de fósforo e a qualidade da cor são as duas variáveis que a estação de tratamento

tem a maior eficiência. Essas variáveis são seguida pela DQO e DBO₅, porém os sólidos totais, amônia e nitrogênio total apresentam altas variâncias no ano e entre os anos.

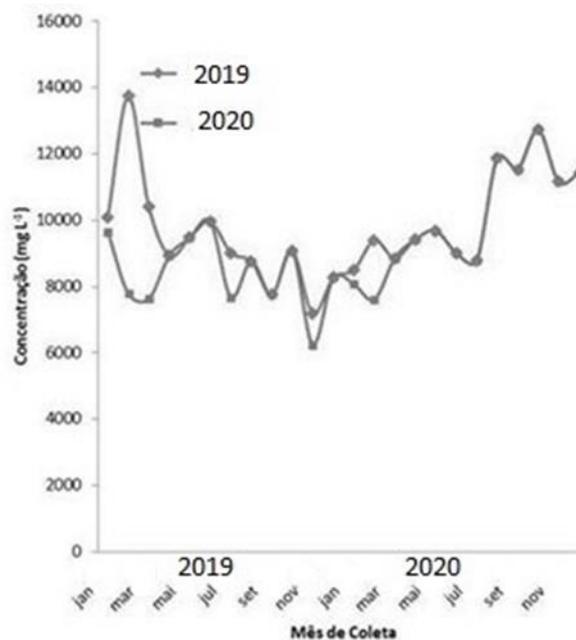


Figura 1-Variação da concentração de SSV durante os meses de amostragem

Os resultados obtidos para as variáveis analisadas são caracterizados por valores mínimos e máximos de entrada que são extremamente altos (Tabela 5), conseqüentemente os desvios padrão (dp) também são muito altos. Esse resultado pode ser considerado normal, pois são valores que tratam de efluentes cuja composição química está diretamente relacionada aos processos industriais que os produziram. Por outro lado, os valores de saída tem como principal informação a redução considerável de praticamente todas as variáveis, além de "regularizar" o pH do efluente tratado.

Dentre as variáveis é possível verificar que o efluente é

predominantemente ácido na entrada, com quantidade elevada de sólidos suspensos totais, fósforo, DQO e DBO. Após tratamento físico-químico e biológico do efluente nota-se que os resultados acima obtidos se adequam às especificações da Resolução CONAMA n° 430 (2011).

Em termos anuais foram usados para a construção do Boxplot, em que os resultados mostram pouca variabilidade nas medianas de um ano para outro para a cor (Figura 2). O mesmo não pode ser afirmado para as outras variáveis, cujas variâncias, representadas pelas dimensões das caixas, aumentam de um para outro. Segundo as medianas a quantidade de fósforo e a



qualidade da cor são as duas variáveis que a estação de tratamento tem a maior eficiência. Essas variáveis são seguida pela DQO e DBO₅,

porém os sólidos totais, amônia e nitrogênio total apresentam altas variâncias no ano e entre os anos.

Tabela5- dados obtidos em janeiro de 2019 e 2020

Ano	Variável	Entrada				Saída			
		Máx.	Mín.	Média	dp	Máx.	Mín.	Média	dp
2019	pH	6,14	1,49	3,83	1,31	8,00	7,35	7,73	0,20
	COR PtCo*	10100	255	2950	2201	73,0	9,00	39,1	16,0
	SST*	154	20,0	79,8	36,7	34,0	2,00	10,9	8,01
	P*	198	37,9	99,2	49,5	1,08	0,13	0,56	0,28
	N ₂ -NH ₃ *	11,2	3,70	8,55	3,33	2,50	0,90	1,81	0,67
	N ₂ -TOTAL*	26,4	7,60	14,5	5,88	2,86	1,16	2,15	0,61
	DQO*	1995	886	1608	340	105	59,0	86,4	13,6
	DBO ₅ *	596	320	465	118	32,0	23,0	29,0	4,08
2020	pH	7,59	2,30	4,51	1,36	7,92	7,17	7,60	0,23
	COR PtCo*	27500	1040	4301	5747	90,0	12,0	58,1	23,8
	SST*	578	48,0	166	110	52,0	8,00	18,6	10,5
	P*	370	50,0	118	91,0	2,90	0,30	0,88	0,71
	N ₂ -NH ₃ *	15,8	0,70	9,49	6,71	2,31	0,40	1,47	0,79
	N ₂ -TOTAL*	21,0	9,00	13,9	4,59	4,80	2,37	3,74	0,88
	DQO*	4000	970	1739	748	142	73,0	99,3	16,9
	DBO ₅ *	550	210	390	171	55,0	25,0	37,5	13,2

Máx.= valor máximo, Mín.=mínimo, média e dp = desvio padrão, n=5, *Unidade = mg L⁻¹

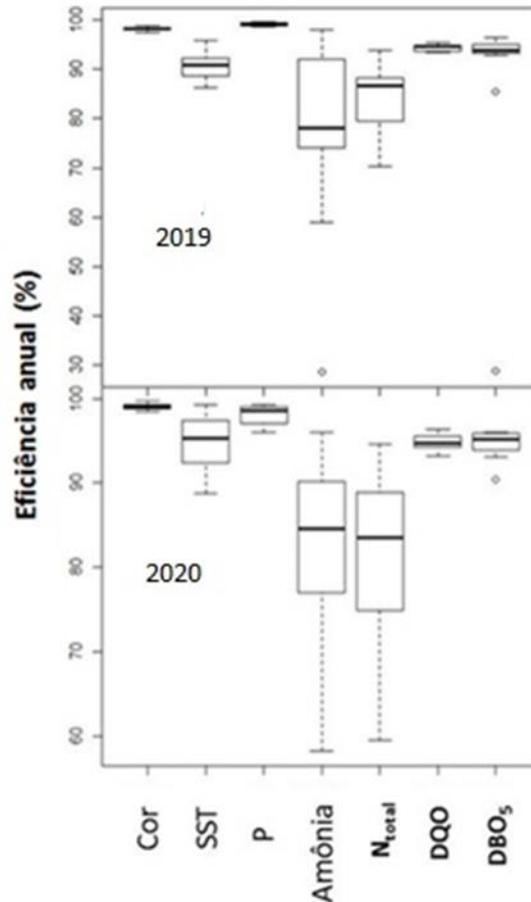
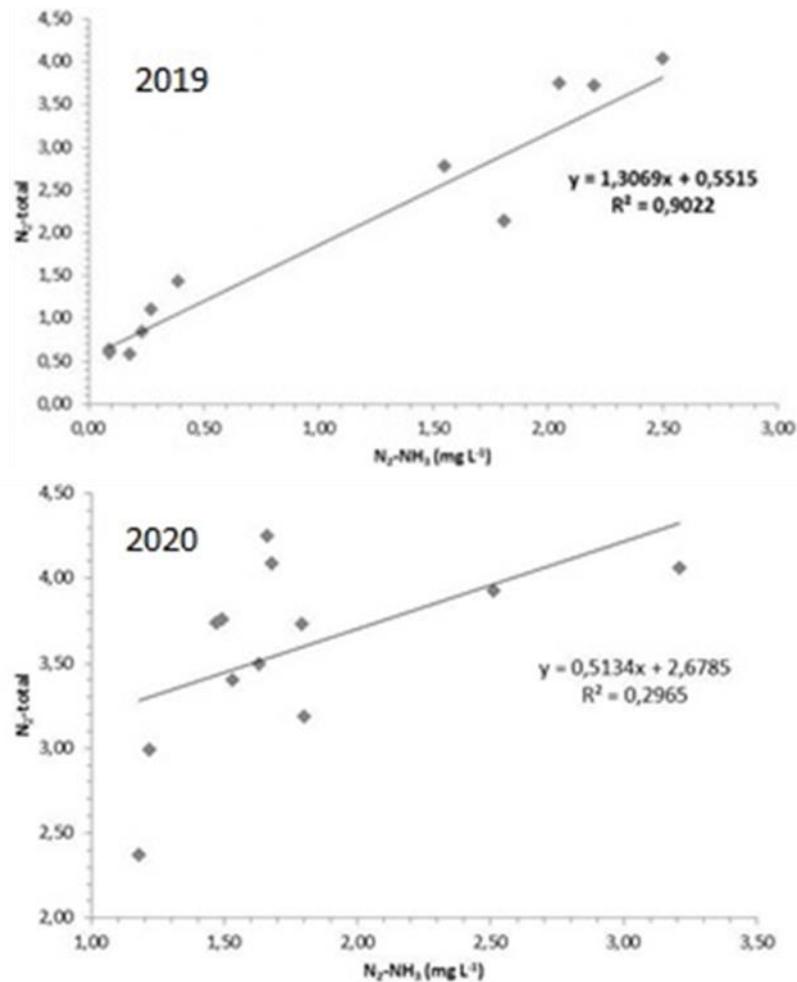


Figura 2 – Boxplot relativo aos anos de 2019 e 2020 da eficiência na redução dos valores das variáveis estudadas.

No caso dos composto nitrogenados, nota-se que existe uma variabilidade muito grande para N_2-NH_3 e N_2 -total. Essa variabilidade permite afirmar que na ETE estudada são as duas variáveis que devem ser acompanhadas com maior rigor e conseqüentemente devem ser monitoradas com maior frequência.

Em princípio o comportamento dos dois compostos nitrogenados estão relacionados em 2019 a eficiência da remoção do N_2 -total

foi maior que N_2-NH_3 . Quando as concentrações dos dois compostos estão próximas a eficiência na remoção reduz significativamente. Isso pode ser comprovado pelos gráficos construídos usando N_2-NH_3 versus N_2 -total, em que é possível notar que quando a correlação é forte ($r^2 \sim 0,90$) a eficiência de extração de N_2 -total é alta, o contrário quando r^2 diminui consideravelmente a extração é baixa (Figura 3).


 Figura 3 – Corelação linear entre a N_2-NH_3 e N_2 -total.

As eficiências de remoção de SST (sólido em suspensão total), fósforo, DQO, DBO_5 e cor durante os dois anos podem ser consideradas excelentes (Tabela 6). Após tratamento físico-químico e biológico do efluente nota-se que os resultados acima obtidos se adequam às especificações da Resolução CONAMA nº 430 (2011), considerável redução dos SST e toda matéria orgânica (MO) proveniente do efluente bruto. Rocha et al. (2016) estudou os parâmetros físico-químicos de uma ETE com sistema de lodo ativado e conclui que a ETE apresentou uma alta eficiência de remoção, sendo o valor médio de DBO 96,23%, DQO 95,56%, Nitrogênio Total 78,32%,

Fósforo Total 76,30% e Sólidos Suspensos Totais 83,24%.

Os dados revelam que apesar da grande variação observada durante o funcionamento da estação de tratamento de efluentes, sendo caracterizado pela grande quantidade de matéria orgânica, as bactérias heterotróficas foram capazes de melhorar os parâmetros físico-químico do efluente. Na verdade, a remoção de DQO em sistemas de lodos ativados em fluxo contínuo está relacionada ao metabolismo das bactérias presentes no sistema, geralmente um terço da matéria orgânica do efluente é oxidada e dois terços incorporados ao lodo.

Tabela 6 : Eficiência anual (%) da ETE nos dois anos de estudo

Variável	2019			2020		
	Máximo	Mínimo	Média± DP	Máximo	Mínimo	Media±DP
SST	96	86	91±0,029	99	89	95±0,034
Fósforo	100	99	99±0,003	99	96	98±0,011
N ₂ -NH ₃	98	22	77±0,208	96	58	83±0,106
N ₂ -TOTAL	94	70	84±0,063	95	59	82±0,102
DQO	95	93	94±0,007	96	93	95±0,009
DBO ₅	97	29	88±0,189	96	90	95±0,017
COR	99	97	98±0,004	100	98	99±0,003

Em um sistema de lodos ativados, as bactérias heterotróficas utilizam carbono e energia na fase aeróbia (no tanque de aeração) onde ocorre a oxidação da matéria orgânica. A análise exploratória dos dados relativos aos dois anos estudados mostraram dendrogramas caracterizados por ter a formação de grupos diferentes (Figura 4). Os grupos são formados por meses próximos, indicando que o processo de tratamento da ETE é bastante regular, ou é adotado um sistema no qual as modificações ocorrem em média de três em três meses. Um fato que chama a atenção é que em todos os grupos formados sempre há a existência de dois meses seguidos, por exemplo, janeiro-fevereiro, abril-maio etc. Esse comportamento permite sugerir que o processo de tratamento do efluente na ETE é adotado uma mesma sistemática. Essa sistemática é ajustada para não ser modificada drasticamente durante o ano.

4. Conclusões

A eficiência da estação para remoção de DQO apresentou-se elevada, 94% em média para o ano de 2019 e 95% para o ano de 2020. Para a DBO obteve-se uma

eficiência de remoção em média de 88% para 2019 e de 95% em 2020, mesmo com valores de DQO e DBO variando bastante na entrada a estação foi capaz de estabilizar esta MO e manter uma excelente eficiência, confirmando assim que estes dois parâmetros estão sob controle. A eficiência em remoção de fósforo foi de 99% em 2019 e 98% em 2020 e para o nitrogênio total foi de 84% em 2019 e 82% em 2020, esta eficiência pode-se considerar muito boa para um sistema de lodo ativado.

Os dados mostraram também que existe uma diferenciação nos grupos de microrganismos de 2019 (ameboides e datomeas) para 2020 (bactérias filamentosas). Apesar da diferenciação, o fator A/M sugere que a quantidade de "alimentos" presentes no efluente favoreceu a eficiência da estação de tratamento. Mesmo assim, os dados de saída do tratamento de efluente indicam que fósforo, SST, DQO e DBO estão dentro das especificações da Resolução CONAMA nº 430 (2011). Dentre as variáveis estudadas os compostos nitrogenados (N₂-NH₃ e N₂-total) devem ser acompanhadas com maior rigor por causa da sua alta variabilidade. A análise exploratória dividiu os dados em grupos de

dois meses sugerindo que o processo de tratamento de efluente possui a mesma sistemática.

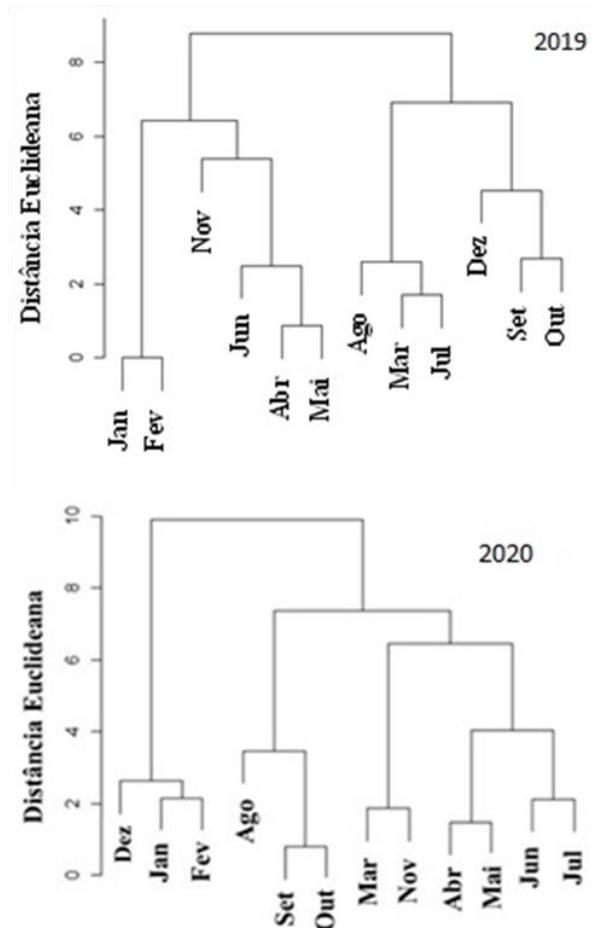


Figura 4– Dendrogramas referente ao dois anos estudados.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

Bento, Alessandra Pellizzaro, Pablo Heleno Sezerino, and Luiz Sergio Philippi. 2005.

"caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle do processo microfauna." *Eng. Sanit. Ambient.* 10 (4): 329-38.

Bertolossi, Vinicius Mendes, Tatiana Finageiv Neder, e Cristina Celia Silveira Brandão. 2021. "Avaliação de Ultrafiltração Como Alternativa à Flotação Por Ar Dissolvido No Pós-Tratamento Do Efluente de Lodos Ativados — Estudo Em Escala Piloto Na Estação de Tratamento de Esgoto Brasília Norte." *Engenharia Sanitaria e Ambiental* 26 (6): 1003–14. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220190210>.



BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 430**, de 13 de maio de 2011.

Brennan, Brian, BurcuGunes, Matthew R. Jacobs, Jenny Lawler, and Fiona Regan. 2021. "Potential Viable Products Identified from Characterisation of Agricultural Slaughterhouse Rendering Wastewater." *Water (Switzerland)* 13 (3). <https://doi.org/10.3390/w13030352>.

Clark, T., T. Stephenson, and P. A. Pearce. 1997. "Phosphorus Removal by Chemical Precipitation in a Biological Aerated Filter." *Water Research* 31 (10): 2557–63. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00091-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00091-2).

Cordi, Lívia, Márcia Regina Assalin, Maria Cristina Diez, e Nelson Duran. 2008. "Montagem, partida e operação de um sistema de lodos ativados para o tratamento de efluentes: parâmetros físico-químicos e biológicos." *Engenharia Ambiental* 5 (1): 097-115.

Debus, Liane, Jéssica Talita Zagonel, and Geremias Rodrigo. 2021. "Avaliação da estação de tratamento de efluentes (ETE) de uma empresa de processamentos de subprodutos bovinos." *Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Videira*, 6: e29754. <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/apeuv/article/view/29754>.

Jenkins, D, M G Richard, and G T Daigger. 2003. *Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking, Foaming, and Other Solids Separation Problems*. Edited by Raton Boca. 3rd ed. Lewis Publisher.

Menegaz, Rosdaéli Ceconello, Lindsay Iara, Pegoraro Baccarin, Marcelo Hemkemeier, Sidnei Dorival Baccarin, Andreia Derossi, Andressa Decesaro, and Elisandra Fabris. 2011. "Remoção Físico-Química de Fósforo Por Floco-Sedimentação Aplicada Ao Pós-Tratamento de Efluente de Abatedouro." *Recen* 13 (2): 227-55.

Muro, Claudia, Jesús Escobar, Rosa Elvira Zavala, Mario Esparza, Jesús Castellanos, Rosa María Gómez, and Magdalena García. 2009. "Evaluación del proceso de microfiltración em un efluente residual de una indústria alimenticia para su reuso." *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25 (4): 229-38.

Oliveira, Isis de Santana, and George de Souza Sustafa. 2015. "Gerenciamento e tratamento de efluentes líquidos da produção de iogurtes com dimensionamento de uma estação de tratamento de efluentes." *Revisitas Unifacs*1(1): 60-78.

Patrício, Antonio Rodrigues, Rafaela Maria Ribeiro Patricio Vilas Boas, and Marcela Tomé Galdino. 2021. "Gerenciamento e tratamento de efluentes líquidos da produção de produtos de laticínios de qualidade superior com dimensionamento de uma estação de tratamento de efluentes a ser implantada em uma indústria localizada em Uberaba-MG, Brasil." *BrazilianJournalofDevelopment* 7 (4): 37278–92. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-272>.

Rocha, Katia Macaro, Sabrina Pinto Salomoni, Rafael Hoppen dos Santos, e Andrei Goldbach. 2016. "Monitoramento e Avaliação de Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos de Uma Estação de Tratamento de Efluentes Com Sistema de Lodos Ativados Em Uma Agroindustria No Meio Oeste de Santa Catarina." *Revista de Engenharia Civil IMED* 3 (1): 25–36. <https://doi.org/10.18256/2358-6508/recimed.v3n1p25-36>.

Soares, Juliana Ferreira, Róbson Ilha, Noeli Júlia Schüssler de Vasconcellos, and Mariana Ribeiro Santiago. 2014. "Caracterização do floco biológico e da microfauna em sistema de lodos ativados." *Ciência e Natura* 36 (1): 1–10. <https://doi.org/10.5902/2179460x12873>.

Vazoller, Rosana Filomena, M A R Garcia, A D Garcia Junior, and J Conceicao Neto. 1989. *Microbiologia de Lodos Ativados*. São Paulo. Cetesb.



CIÊNCIA EXATAS E DA TERRA

Scientia Amazonia, v. 11, n.1, C1-C17, 2022

Revista on-line <http://www.scientia-amazonia.org>
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7072398> - ISSN:2238.1910

Yang, Yufang, Yuhei Inamori, Hitoshi Ojima, Hiroki Machii, and Yasutoshi Shimizu. 2005. "Development of an Advanced Biological Treatment System Applied to the Removal of

Nitrogen and Phosphorus Using the Sludge Ceramics." *Water Research* 39 (20): 4859–68. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.10.019>.