



RAFAELA RIBEIRO DOS SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS CARACTERÍSTICAS DO
ESGOTO UNIVERSITÁRIO COM O EFLUENTE SANITÁRIO
DA CIDADE DE LAVRAS-MG**

**LAVRAS – MG
2022**

RAFAELA RIBEIRO DOS SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO
UNIVERSITÁRIO COM O EFLUENTE SANITÁRIO DA CIDADE DE LAVRAS-MG**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras (UFLA), como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Mateus Pimentel de Matos
Orientador

**LAVRAS – MG
2022**

RAFAELA RIBEIRO DOS SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO
UNIVERSITÁRIO COM O EFLUENTE SANITÁRIO DA CIDADE DE LAVRAS-MG**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras (UFLA), como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

15 de setembro de 2022.

Prof. Dr. Luciene Alves Batista Siniscalchi UFLA

Mestranda Marina dos Santos Ázara UFLA

Mestrando Rodolfo Appoloni Crippa UFLA

Prof. Dr. Mateus Pimentel de Matos
Orientador

**LAVRAS – MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que sempre me apoiaram nas minhas decisões e torceram pelas minhas conquistas.

À Universidade Federal de Lavras por proporcionar um Ensino Público de qualidade.

Ao meu Orientador Mateus Pimentel de Matos, pela disponibilidade, atenção, compreensão e dedicação.

Aos meus colegas e amigos de laboratório, Marina, Rodolfo, Otávio e Jainy, que me ensinaram e ajudaram nas coletas de dados deste trabalho.

Ao projeto FAPEMIG TEQ APQ 03060/21.

Aos meus amigos de jornada universitária, Júlia, Beatriz, Izabela, Samuel, Mariana, Maria Paula, Ana Clara, que sempre estiveram nos momentos difíceis, sendo apoio e inspiração.

RESUMO

O esgoto sanitário é gerado a partir da utilização de água em atividades de limpeza, preparação de alimentos, emprego dos aparelhos sanitários, entre outros. Apesar da existência de valores tipicamente encontrados na literatura para esse tipo de água residuária, suas características podem diferir, em razão da existência de outras contribuições e pelos hábitos de vida da população. Assim, pode-se, por exemplo, haver diferenças entre as características do esgoto de uma instituição de ensino para o esgoto típico de cidades. Nesse sentido, o presente trabalho analisou comparativamente as características do esgoto universitário com o efluente sanitário da cidade de Lavras-MG, avaliando as variáveis, surfactantes, sólidos suspensos totais (SST), demanda química de oxigênio (DQO) e potencial hidrogeniônico (pH) a partir da realização de coletas na entrada da estação de tratamento de esgotos da Universidade Federal de Lavras (ETE-UFLA) e de duas ETEs municipais (Água Limpa – ETE-AL; e Ribeirão Vermelho – ETE-RV) no período de junho de 2021 a julho de 2022. Para inferir sobre a diferença qualitativa entre as águas residuárias avaliadas, realizou-se o teste de Kruskal-Wallis no nível de significância de 5%, além de realizar um compilado de trabalhos realizados na ETE-UFLA. Após essas análises, aferiu-se que o esgoto da ETE-UFLA diferiu-se das características do esgoto municipal, apresentando características de um esgoto fraco, diluído e de baixa biodegradabilidade. Por outro lado, as ETE-AL e ETE-RV são iguais estatisticamente, tendo características típicas de esgoto (esgoto médio) e, em contrapartida, deve-se investigar os fatores de influência do esgoto da ETE-UFLA em razão da grande variabilidade de suas características.

Palavras-chaves: água residuária, ETE, características do esgoto, biodegradabilidade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	15
2.1. Objetivo geral	15
2.2. Objetivos Específicos	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1 Área de Estudo	16
3.1.1 ETE-UFLA	17
3.1.2 ETE- Ribeirão Vermelho (ETE-RV)	18
3.1.3 ETE- Água Limpa (ETE-AL)	19
3.2 Coleta e acondicionamento das amostras	19
3.3 Análises realizadas	20
3.4 Comparações e Análises Estatísticas	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÕES	31
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

O esgoto sanitário é uma água residuária, gerada em residências, hospitais, clínicas veterinárias, comércio e, se devidamente autorizado, também possui contribuições de indústrias e agroindústrias, sendo composto de 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos, inorgânicos dissolvidos e suspensos, bem como microrganismos (VON SPERLING, 2014). Segundo definição técnica, trata-se de um efluente resultante de atividades de limpeza, eliminação de excretas, regas de plantas, beneficiamento de produtos, águas de infiltração e contribuição pluvial parasitária (ABNT, 1986).

No uso doméstico, considera-se que oitenta por cento da água consumida (uso consuntivo) retorna como esgoto, apresentando incorporação de impurezas pelos diferentes usos, resultando em uma água com uma qualidade inferior à que chega pelas redes distribuidoras de água tratada, influenciando nesses 0,1% de contaminantes relatados anteriormente. Nesse sentido, a sua disposição inadequada pode causar impactos na saúde da população (diversas doenças de veiculação hídrica, além de contaminação por substâncias tóxicas), danos ao ambiente, além de dificultar o atendimento de usos à jusante, como abastecimento humano, balneabilidade, irrigação e/ou causar o encarecimento do tratamento de água (BRASIL, 2022; CETESB, 2022).

Como possíveis efeitos deletérios da poluição de mananciais hídricos (superficiais ou subterrâneos), cita-se a eutrofização do ambiente aquático, na qual pode-se levar a uma condição de instabilidade quanto à concentração de oxigênio dissolvido (OD), e a redução da biodiversidade do meio; depleção dos níveis de OD, decorrente da degradação de matéria orgânica; contaminação por microcontaminantes, com riscos à biomagnificação, citando-se os possíveis desencadeadores como metais pesados, compostos orgânicos tóxicos e contaminantes orgânicos emergentes (microplásticos, fármacos, entre outros); salinização do ambiente; mortandade de peixes e outros seres aquáticos; danos estéticos, além de efeitos negativos à saúde ambiental e prejuízo à manutenção das condições básicas de qualidade d'água para seus diversos usos (LEITE, 2004; FIOCRUZ, 2004).

Considera-se que, somado aos despejos domésticos, comerciais e industriais, ainda há, ao longo da tubulação, contribuição de vazões de infiltração e também eventuais contribuições de águas pluviais clandestinamente lançadas, uma vez que, no Brasil adota-se o sistema de esgotamento sanitário separador absoluto (OLIVEIRA, 2020), onde o esgoto sanitário e águas pluviais são coletados em redes independentes. Essa segregação é importante, visto que, um

grande volume de água pluvial pode acarretar a queda na eficiência de tratamento do efluente (pela redução do tempo de detenção hidráulica - TDH), e eventuais transbordamentos, como também o aumento de energia elétrica consumida pelos dispositivos mecânicos presentes (bombas e maquinários) (SIQUEIRA *et al.*, 2017).

Em razão dessas diferentes contribuições (industriais, hospitalares, etc), das estações do ano (período chuvoso ou seco) e dos padrões de consumo de água tratada, há variações em relação às características quantitativas e qualitativas do esgoto sanitário. Nos Quadros 1 e 2, estão apresentados, respectivamente, os valores das contribuições per capita de esgoto sanitário e das características típicas dessa água residuária.

Quadro 1 - Valores típicos das contribuições per capita de esgoto sanitário

Variável	Contribuição per capita (g hab ⁻¹ d ⁻¹)	
	Faixa	Típica
Sólidos totais	120-220	180
Sólidos Suspensos Totais	35-70	60
Sólidos Suspensos Fixos	7-14	10
Sólidos Suspensos Voláteis	25-60	50
Sólidos Dissolvidos Totais	85-150	120
Sólidos Dissolvidos Fixos	50-90	70
Sólidos Dissolvidos Voláteis	35-60	50
Sedimentáveis	-	-
DBO	40-60	50
DQO	80-120	100
DBO última	60-90	75
Nitrogênio Total	6,0-10,0	8,0
Nitrogênio Orgânico	2,5-4,0	3,5
Nitrogênio amoniacal	3,5-6,0	4,5
Nitrito	~0	~0
Nitrato	0,0-0,2	~0
Fósforo Total	0,7-2,5	1,0
Fósforo orgânico	0,2-1,0	0,3
Fósforo inorgânico	0,25-1,50	0,7
pH	-	-
Alcalinidade	20-40	30
Metais pesados	~0	~0
Compostos orgânicos tóxicos	~0	~0
Coliformes Totais	10 ⁹ -10 ¹³	
Coliformes Termotolerantes	10 ⁹ -10 ¹²	
E. coli	10 ⁹ -10 ¹²	
Ovos de helmintos	10 ³ -10 ⁶	
Vírus entéricos	10 ⁵ -10 ⁷	

Fonte: Von Sperling(2017).

Quadro 2 - Características típicas dos esgotos sanitários brutos

Variável	Unidade	Faixa (1)	Faixa (2)			Faixa (3)
			Esgoto fraco	Esgoto médio	Esgoto forte	
Sólidos Totais	mg L ⁻¹	700-1350	370	730	1160	200-1200
Sólidos Suspensos Totais	mg L ⁻¹	200-450	120	230	360	100-500
Sólidos Dissolvidos Totais	mg L ⁻¹	500-900	250	500	800	100-850
Sólidos Fixos Totais	mg L ⁻¹	340-650	175	355	580	80-300
Sólidos Voláteis Totais	mg L ⁻¹	365-700	195	375	580	100-700
Sedimentáveis	mL L ⁻¹	10-20	5	10	20	5-20
DBO	mg L ⁻¹	250-400	100	200	400	20-400
DQO	mg L ⁻¹	450-800	200	400	800	170-1000
Nitrogênio Total	mg L ⁻¹	35-60	20	40	85	20-90
Nitrogênio Orgânico	mg L ⁻¹	15-25	10	20	35	
Nitrogênio Amoniacal	mg L ⁻¹	20-35	10	20	50	10-50
Nitrito	mg L ⁻¹	0	0	0	0,05	
Nitrato	mg L ⁻¹	0-1	0	0,05	0,1	
Fósforo Total	mg L ⁻¹	4-15	5	10	20	4-12
Fósforo Orgânico	mg L ⁻¹	1,0-6,0	2	4	7	
Fósforo Inorgânico	mg L ⁻¹	3,0-9,90	3	6	13	
pH	-	6,7-8,0	6,5-7,5	6,5-7,5	6,5-7,5	6,8-7,2
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹					0,48-3,60

Fonte: (1) - Von Sperling(2017), (2) Jordão e Pessoa (2011) e (3)Matos e Matos (2017).

Lopes et al (2017), por exemplo, constaram um esgoto sanitário menos biodegradável, ou seja, com menor relação DBO/DQO, em razão da contribuição de desodorizantes (contribuição proveniente de águas residuárias industriais), que apresentam em sua composição, surfactantes, álcool etílico, hipoclorito de sódio e composições com formaldeído, que são inibidoras de microrganismos. Já Vieira *et al* (2016) verificaram uma água residuária menos concentrada em um período de maior índice pluviométrico, indicando haver entrada de águas pluviais e que essas resultam na diluição do esgoto. Essas pesquisas demonstram a influência de determinados fatores nas características do esgoto sanitário, sendo elas na concentração orgânica, biodegradabilidade, vazão, concentração de nutrientes e sólidos, densidade de organismos patogênicos, pH, temperatura, óleos e graxas (O & G), surfactantes e, demanda química de oxigênio (DQO). Segundo Marques e Correia (2020), percebe-se que a variação na eficiência de tratamento de esgoto para tais variáveis (DQO, pH, DBO, turbidez), analisadas em consonância com o aumento do índice pluviométrico.

Neste mesmo contexto, o esgoto produzido em instituições de ensino pode apresentar características distintas das comumente encontradas. Em universidades, há maior presença relativa de laboratórios (de ensino, pesquisa e prestação de serviços), maior importância comparativa das contribuições de hospitais e clínicas veterinárias; menor utilização das

dependências para uso em banhos e de aparelhos sanitários (em comparação com os usos nas residências), além do aporte de restaurantes universitários.

De acordo com a USEPA (*United States Environmental Protection Agency*), as Instituições de Ensino Superior (IES) estão inseridas no grupo de pequenas unidades geradoras de resíduos perigosos (Classe I - ABNT, 2004). Dessa forma, pode haver contribuições desses resíduos químicos e biológicos, provenientes de laboratórios e hospitais, ainda que acidentalmente. Cavalcante *et al.* (2017), por exemplo, realizaram a avaliação do esgoto de IES, e verificaram altas concentrações de nitrogênio amoniacal, além da presença de maior concentração de metais, como zinco, cobre e chumbo. Ademais, em razão do discutido, espera-se que a água residuária de universidades apresente menor concentração orgânica, sendo menos biodegradável.

Fialho (2019) verificou que as características do esgoto da Universidade Federal de Lavras (UFLA) variam inclusive de acordo com a elevatória que bombeia esgoto para a estação de tratamento de esgotos (ETEs), em razão dos locais que contribuem com a geração da água residuária destinada para as elevatórias. Soares (2021), por sua vez, constatou que há diferenças também de acordo com o período de coleta, havendo diferenças em épocas com aula, de férias e até do isolamento social imposto pela disseminação da COVID-19. No entanto, apesar de muitos trabalhos ressaltarem as diferenças das características do esgoto universitário para o sanitário, não se encontram trabalhos que comparem a qualidade de ambos efluentes para uma mesma cidade (reduzindo o possível efeito regional), atestando se são realmente diferentes estatisticamente.

Assim, com a realização do presente trabalho, objetivou-se comparar as características do esgoto da Universidade Federal de Lavras (esgoto universitário) com o afluente (esgoto sanitário) de duas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) municipais da cidade de Lavras-MG, analisando surfactantes, pH, sólidos suspensos totais (SST) e demanda química de oxigênio (DQO).

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Caracterizar o esgoto da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e realizar análise comparativa com as características do esgoto sanitário da cidade de Lavras-MG.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar as concentrações de surfactantes, pH, sólidos suspensos totais (SST) e demanda química de oxigênio (DQO) da amostra da entrada de três estações de tratamento de esgotos, duas municipais e a outra de uma instituição de ensino;
- Realizar testes estatísticos de comparação dos grupos (ETEs) de forma a avaliar se há diferenças significativas das características das ETEs;

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O presente trabalho foi realizado com coletas de amostras compostas nas entradas das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) da UFLA (ETE-UFLA - Figura 1), de Ribeirão Vermelho (ETE-RV - Figura 2) e da Água Limpa (ETE-AL - não foram encontrados registros fotográficos da mesma), sendo os três pontos de amostragem localizados no município de Lavras-MG. A seguir serão apresentados detalhes de caracterização das instalações de tratamento de esgotos.

Figura 1 - Estação de Tratamento de Esgoto- UFLA



Fonte: GOOGLE MAPS (2022).

Figura 2 - Estação de Tratamento de Esgoto- Ribeirão Vermelho



Fonte: GOOGLE MAPS (2022)

3.1.1 ETE-UFLA

A Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade Federal de Lavras situa-se dentro da própria Universidade com latitude $21^{\circ}14'S$, longitude $44^{\circ}59'W$. Foi construída com o intuito de tratar o próprio esgoto gerado pelo campus, advindo de laboratórios, sanitários de pavilhões de aulas, departamentos, centros administrativos (reitorias e pró-reitorias), restaurante universitário, hospital veterinário, centro de convivência e outras áreas.

Atualmente, a ETE-UFLA opera com alimentação proporcionada por duas elevatórias, a elevatória da Goiaba (ELG), que capta a porção norte do Campus, abrangendo, por exemplo, vários pavilhões de aula e o restaurante universitário; e a elevatória da Veterinária (ELV), que recebe e batela para a ETE-UFLA, o esgoto da porção sul do Campus, contemplando o efluente do hospital veterinário, laboratórios da Zootecnia, e o restante dos departamentos. No futuro, será interligada uma terceira elevatória, para recolher os esgotos da parte histórica do campus e dos alojamentos, podendo chegar mais próxima à vazão de projeto ($800 \text{ m}^3/\text{d}$).

Ressalta-se que todos os resíduos químicos gerados nos ambientes de pesquisa, são armazenados em bombonas ou outros condicionadores, sendo coletado individualmente e destinado corretamente por empresa terceirizada (SOARES, 2021). Os resíduos biológicos também seguem as regulamentações de descarte da NBR 10.004, devendo ser tratado como Resíduos do Serviço de Saúde (RSS) (ABNT, 2004). Todas essas ações são supervisionadas pela DQMA (Diretoria de Qualidade e Meio Ambiente) da UFLA. Dessa forma, o esgoto não é um meio de descarte dos citados materiais gerados no âmbito das pesquisas e atendimentos humanos e veterinários. Porém, sabe-se que a limpeza de vidrarias e superfícies contaminadas, descartes acidentais e outras fontes podem acabar contribuindo com traços de resíduos químicos e biológicos.

A primeira unidade de tratamento da ETE-UFLA do esgoto gerado no restaurante universitário é a caixa de gordura aerada, que reduz o aporte de óleos e graxas (O & G), nos quais poderiam reduzir a efetividade do tratamento biológico. Após a chegada do esgoto à estação, o esgoto do restaurante universitário mais o esgoto gerado de outras fontes, passa por grades grossas e finas (placas perfuradas com orifícios de maior ou menor tamanho); calha Parshall com medidor ultrassônico; caixa de gordura com elevatória, e, na sequência é bombeado para o tratamento biológico, formado por reatores UASB- (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor*), Filtros Biológicos Aerados Submersos (FBAS) e filtros de areia, para então ocorrer a desinfecção em tanques de cloração e com lâmpadas UV. No momento, o esgoto tratado é lançado no Ribeirão Vermelho, porém há intenção de se fazer reuso em jardins e áreas verdes do campus. Na concepção da ETE-UFLA, espera-se eficiência de, ao menos, 90% de remoção de DBO.

3.1.2 ETE- Ribeirão Vermelho (ETE-RV)

A Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Vermelho situa-se no entorno do município de Lavras, especificamente na Rodovia Zito de Abreu, popularmente conhecida como Estrada do Madeira, na latitude 21°21'S, longitude 45°01'W. De acordo com a Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE), a ETE possui uma licença de Operação, expedida pelo órgão ambiental competente, na data de 10 de julho de 2017, com validade de 20 anos.

A Estação possui capacidade de tratamento de 280 L/s, sendo composta por quatro reatores UASB, filtros anaeróbios e duas lagoas de maturação em paralelo, além de uma estrutura para desinfecção por meio do uso de lâmpadas de UV (o sistema ainda não se encontra em operação).

Segundo dados presentes no SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), com informações disponibilizadas pelos prestadores de abastecimento de água e esgotamento sanitário (BRASIL, 2021), a ETE apresenta eficiência de 75,94% de DBO, trata esgoto de 59.694 habitantes e faz o lançamento no curso d'água que dá nome à ETE. Há alternativas técnicas e investimentos para a ampliação do projeto até o ano de 2035, com previsão de eficiência de DBO de 93%, atendendo uma população estimada de 73.269 habitantes, com vazão de afluente de 106,7 L/s.

3.1.3 ETE- Água Limpa (ETE-AL)

A Estação de Tratamento de Esgoto de Água Limpa também situa-se no entorno do município de Lavras-MG, próximo a via de acesso BR-265, na latitude 21°23'S, longitude 45°04' W. De acordo com a Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE), a ETE possui uma licença de Operação, expedida pelo órgão ambiental competente, na data de 11 de maio de 2017, com validade de 20 anos.

A Estação possui capacidade de tratamento de 120 L/s, sendo composta por quatro reatores UASB, filtros anaeróbios e duas lagoas de maturação em paralelo.

Essa ETE recebe contribuição de 23.538 habitantes, apresenta eficiência de 89,28% de DBO, realizando o lançamento do esgoto no ribeirão da Água Limpa. Para o ano de 2035 não há projeções para a ampliação, sendo que os esforços para resultar no aumento de atendimento à população serão feitos na ETE Ribeirão Vermelho (BRASIL, 2017).

As ETEs descritas tratam 93,66% do esgoto do município de Lavras, restando uma pequena porcentagem (6,09%) ainda a ser coletada e tratada antes do retorno ao meio ambiente, porém que resulta em carga lançada de 307,6 kg de DBO por dia (BRASIL, 2017). Dessa forma, a cidade e a concessionária prestadora de serviço atendem ao que está preconizado para atendimento até 2033 (em termos de porcentagem atendida), prevendo metas de desempenho e mudanças substanciais na sua regulação (BRASIL, 2020).

3.2 Coleta e acondicionamento das amostras

Entre junho de 2021 e julho de 2022, 140 amostras compostas foram coletadas nos pontos descritos (entradas das ETEs), englobando períodos de isolamento social (de junho a dezembro de 2021), retorno de atividades presenciais (de janeiro a julho de 2022), períodos mais chuvosos e secos (maio a agosto) da cidade. Ressaltando que, no mês de maio de 2022 não houve coletas, devido ao período de férias dos discentes.

A coleta de esgoto foi realizada sempre às terças, no horário de 15 horas nas duas Estações de Tratamento de Esgoto da cidade e, depois de uma hora, foi feita a da entrada da ETE-UFLA. Posteriormente, as amostras foram acondicionadas adequadamente em caixas de isopor com 4 unidades de gelo gel artificial reutilizável de 500 mL, até serem encaminhadas para o Laboratório de Águas Residuárias e Reúso de Água do Departamento de Engenharia Ambiental (DAM) da UFLA, estando os recipientes devidamente identificados. Após a chegada

das amostras no laboratório, media-se a temperatura das amostras, dava-se início a rotina de análises, a começar pela aferição instantânea de temperatura e pH.

3.3 Análises realizadas

Para a caracterização das amostras, foram feitas análises de surfactantes seguindo metodologia MBAS (Substância Ativa ao Azul de Metileno – com detecção do surfactante aniônico); de sólidos em suspensão totais (SST) com o método gravimétrico; demanda química de oxigênio (DQO) pelo método refluxo fechado (APHA, 2012) e medição de temperatura e pH com o peagâmetro do medidor multiparâmetros HANNA modelo HI98196, como pode ser observado na Figura 3. Os valores obtidos foram posteriormente utilizados para as análises estatísticas, descritas a seguir.

Figura 3 - Aparelho Multiparameter Waterproof Meter para medição do pH



Fonte: Da autora (2022).

A escolha das variáveis analisadas no trabalho se justifica pelo fato da pesquisa estar inserida dentro do projeto intitulado como “O esgoto como ferramenta epidemiológica no monitoramento do novo coronavírus (COVID-19) no município de Lavras e no Campus Universitário da UFLA, Minas Gerais”. A pesquisa central visa avaliar a carga viral do agente etiológico, SARS-Cov-2, de 2020 até o presente momento, além de inferir sobre a influência das variáveis de caracterização do esgoto na detecção do vírus. Sabe-se, por exemplo, que o pH pode interferir na viabilidade de microrganismos; que sólidos suspensos totais (SST) servem de abrigo e proteção para diversos patógenos; que a matéria orgânica (quantificado pela DQO)

também costuma estar ligada a maior prevalência de microrganismos; e por fim, que a composição do SARS-CoV-2 é sensível a ação de surfactantes, podendo reduzir a viabilidade dos mesmos (DE OLIVEIRA,2021; HELLER,2020).

3.4 Comparações e Análises Estatísticas

Para possibilitar a comparação das características dos esgotos, foram calculadas médias, desvio padrão, medianas, máximos e mínimos com o uso dos softwares Excel, RStudio e Statistica 10, construindo Box-plots, além de comparação de medianas (testes não paramétrico de Kruskal-Wallis), ao nível de 5% de significância, visando comparar as características dos esgotos da três ETEs.

Como o esgoto da ETE-UFLA apresenta características bastante variáveis, também foi feito um compilado de outros estudos realizados na unidade de tratamento, buscando por dissertações e teses no repositório da UFLA, além de capítulos de livros e artigos sobre a mesma água residuária. Ao todo foram utilizados oito trabalhos, desenvolvidos na UFL, nesta análise/revisão de literatura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Monitoramento das: ETE-UFLA, ETE-RV e ETE-AL.

Os dados obtidos do período de análise da Estação de Tratamento de Esgoto da UFLA (ETE-UFLA) estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que há grandes variações em relação aos valores centrais (média e mediana), possivelmente pelo fato de que a maior parte do período de monitoramento ocorreu durante o isolamento social imposto pela pandemia do COVID-19, fazendo com que houvesse suspensão das atividades presenciais no campus universitário. Outra possível razão para os elevados valores do coeficiente de variação ($CV = \text{desvio padrão}/\text{média} \times 100$) são as distintas características das duas elevatórias diferentes que alimentam a ETE-UFLA (FIALHO, 2019; SOARES, 2021).

Tabela 3 - Estatística descritiva das variáveis analisadas durante o período de monitoramento da ETE-UFLA.

	ETE-UFLA					
	MÉDIA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	CV(%)
SURFACTANTE (N amostral=138)	5,08	3,62	13,94	1,16	3,97	78
SST (N amostral=139)	152	103	883	3	167	110
DQO (N amostral=135)	230	165	726	7	195	84
pH (N amostral=139)	7,44	7,55	8,41	6,67	1,17	16

Fonte: Da autora (2022)

Para auxiliar nas discussões das características do esgoto da ETE-UFLA, foi construído o compilado de informações das diferentes fontes a seguir (Tabela 4).

Tabela 4 - Reunião das características de diversos trabalhos realizados com o esgoto bruto da ETE-UFLA (valores médios \pm desvio padrão)

Fonte	DBO	DQO	ST	SS	pH	Relação DBO/DQO
(1)	-	847 \pm 652	986 \pm 655	-	7,45 \pm 0,23	-
(2)	111 \pm 80	234 \pm 205	-	-	7,30 \pm 0,30	0,47
(3)	23 \pm 10	90 \pm 27	-	-	7,30 \pm 0,30	0,26
(4)	265 \pm 71	580 \pm 236	670 \pm 286	127 \pm 70	7,50 \pm 0,40	0,46
(5)	184 \pm 98	716 \pm 391	676 \pm 215	232 \pm 261	7,70 \pm 0,40	0,26
(6)	40 \pm 43	87 \pm 43	546 \pm 52	65 \pm 47	7,20 \pm 0,40	0,46
(7)	-	889 \pm 134	907 \pm 134	413 \pm 93	7,60 \pm 0,30	-
(8)	-	1458 \pm 229	1322 \pm 182	839 \pm 167	7,60 \pm 0,20	-
(9)	691 \pm 101	1200 \pm 200	1258 \pm 13	585 \pm 74	6,98 \pm 0,25	0,58
(10)	222 \pm 117	1015 \pm 441	482 \pm 221	-	7,80 \pm 0,30	0,22
(11)	229 \pm 114	1096 \pm 221	561 \pm 173	-	8,50 \pm 0,30	0,21
(12)	-	273 \pm 143	411 \pm 145	-	7,30 \pm 0,30	-

- (1) Campos *et al.* (2020) - junho a julho de 2017; (2) Soares (2021) – outubro de 2019 – abril de 2020; (3) Soares (2021) – julho de 2020 – dezembro de 2020; (4) Fialho (2019) – março a dezembro de 2018 na elevatória da Goiaba; (5) Fialho (2019) – março a dezembro de 2018 na elevatória da veterinária; (6) Mota (2017) – Julho a novembro de 2016; (7) Souza *et al.* (2019) – Abril à Setembro de 2017; (8) Souza *et al.* (2019) – Abril à Setembro de 2017 (não foram encontradas informações das diferenças para a outra fase do mesmo artigo); (9) Oliveira *et al.* (2022) – Agosto – Outubro de 2018; (10) Lima (2019) – Junho de 2016 até meados de 2017; (11) Lima (2019) de meados de 2016 até dezembro de 2017; (12) Barbosa (2021) – Agosto de 2019 à março de 2020.

Observa-se que, para o período monitorado, o esgoto da ETE-UFLA seria classificado como fraco (vide Quadro 2) para as variáveis DQO e SST. No entanto, pondera-se que as características da água residuária sofrem grandes alterações, como pode ser observado na Tabela 4. As características variaram de esgoto fraco à forte tanto para DQO quanto para DBO, ocorrendo o mesmo para os sólidos em suspensão. Por outro lado, em grande parte dos estudos realizados na ETE-UFLA, o esgoto se apresentou como uma água residuária de baixa biodegradabilidade (baixa relação DBO/DQO) em relação ao esgoto sanitário típico, de quociente igual a 0,5 (VON SPERLING, 2017).

Como consequência dessa variabilidade, pode então haver baixa biodegradabilidade, com menor influência da degradação microbiana na remoção de poluentes. Paez (2019), por exemplo, verificou baixa atividade metanogênica específica (AME) do lodo de um dos reatores UASB da ETE-UFLA, o que resulta em menor geração de biogás, razão pela a produção de CH₄ é aquém do teórico (calculado com base na DQO do esgoto) (CAMPOS *et al.*, 2020).

Por sua vez, as diferenças entre os valores encontrados pelos vários autores podem ser causadas por alguns fatores como o período de análise (estação do ano); horário de coleta (influência das elevatórias); o número de coletas e a frequência de amostragem do esgoto; a influência da interligação da elevatória da veterinária, que modificou as características do esgoto, e que ocorreu após 2017. Pelos motivos descritos, julga-se ser interessante a realização de um trabalho que reúna todas as informações dos trabalhos e que possa tentar inferir sobre os fatores de influência nas características do esgoto da ETE-UFLA.

Uma característica que variou pouco nos trabalhos realizados e também em relação a presente pesquisa é o potencial hidrogeniônico, que frequentemente é encontrado na faixa de 7,0, condição que não prejudica a ação microbiana (ao contrário da baixa biodegradabilidade do esgoto) e que atende aos padrões de lançamento de efluentes (na faixa de 6,0-9,0 e 6,7-8,0) (MINAS GERAIS, 2008; VON SPERLING, 2017). Ainda tratando da legislação, em alguns trabalhos a concentração média da DQO foi inferior ao limite para lançamento (180 mg L⁻¹),

ocorrendo o mesmo em uma única referência (MOTA, 2017) para a variável sólidos suspenso ($< 100 \text{ mg L}^{-1}$). Nas amostragens realizadas e apresentadas neste trabalho, embora diluído o esgoto, ainda seria necessário realizar o tratamento de forma a alcançar os requisitos de DQO e SS para lançamento no curso d'água.

Em relação aos surfactantes, não há padrão para lançamento e nas literaturas citadas, e também não é apresentada uma faixa típica de concentração. A razão é que se trata de uma variável menos monitorada em ETEs e em pesquisas, sendo discutida de maneira indireta em alguns trabalhos. Como são moléculas orgânicas tensoativas presentes em detergentes e sabões (JORDÃO; PESSOA, 2011), e esses e outros produtos de limpeza também apresentam na sua composição o fósforo, o macronutriente é utilizado como indicativo da presença dos mesmos (QUEVEDO; PAGANINI, 2018). Buscando na literatura especializada, no entanto, foram encontradas algumas informações, que estão aqui discutidas a respeito do LAS (Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio), surfactante aniônico encontrado em detergentes, e que pode ser quantificado (junto com outros aniônicos) pelo teste com azul de metileno (IVANKOVIC E HRENOVIC, 2010; PALMER E HATLEY, 2018), além de valores de surfactantes em geral.

Tabela 5 - Concentração de surfactantes encontrados no esgoto citados na literatura

Fonte	Amostra	Concentração
Ivankovic e Hrenovic (2010)	Esgoto em geral	1090 $\mu\text{g L}^{-1}$ de LAS
Yang et al. (2020)	Esgoto de ETE municipal	170 $\mu\text{g L}^{-1}$ de surfactantes
Palmer e Hatley (2018)	Esgoto	203-386 $\mu\text{g L}^{-1}$ de LAS

Fonte: IVANKOVIC E HRENOVIC (2010); YANG *et al* (2020); PALMER E HATLEY (2018).

Observa-se que há grande diferença dos valores relatados na literatura, que se dá pelas metodologias de quantificação utilizadas e pelas características dos esgotos coletados, que por sua vez, possuem ou não contribuições de indústrias (BERGE *et al.*, 2018; SÁ *et al.*, 2022), na qual pode vir a ocasionar em um aumento da concentração de surfactantes.

Sabe-se que após o isolamento social imposto pela pandemia do COVID-19, aumentou a preocupação da higienização de mãos e superfícies, elevando o consumo de produtos de limpeza e, conseqüentemente, a concentração de surfactantes e desinfetantes (ALYGIZAKIS *et al.*, 2021). Os citados autores, por exemplo, observaram um aumento de 196% no esgoto da Atenas, Grécia, entre os anos de 2019 e 2020, o que pode impactar no desempenho das ETEs e

Analisando as Tabelas 3 e 5, verifica-se que as concentrações de surfactantes são maiores que as reportadas na literatura, podendo indicar contribuições de laboratórios de ensino e pesquisa.

Nas Tabelas 6 e 7, estão apresentados os dados referentes às Estações de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Vermelho (ETE-RV) e da Água Limpa (ETE-LA), respectivamente.

Tabela 6 - Estatística descritiva das variáveis analisadas durante o período de monitoramento da ETE-RV.

	ETE-RV					
	MÉDIA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	CV(%)
SURFACTANTE (N amostral=139)	6,80	6,68	16,20	0,50	4,11	60
SST (N amostral=139)	208	155	493	13	100	48
DQO (N amostral=138)	572	626	971	129	219	38
pH (N amostral=139)	7,07	7,21	7,64	6,92	1,06	15

também no meio ambiente e na produção agrícola (WIEL-SHFRAN *et al.*, 2006; HANIF *et al.*, 2012; GOMES *et al.*, 2022).

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 7 - Estatística descritiva das variáveis analisadas durante o período de monitoramento da ETE-AL.

	ETE-AL					
	MÉDIA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO	CV(%)
SURFACTANTE (N amostral=139)	6,11	4,83	16,89	0,37	4,50	74
SST (N amostral=139)	234	223	475	6	119	51
DQO (N amostral=138)	619	639	1314	129	247	40
pH (N amostral=139)	7,15	7,19	10,96	6,80	1,22	17

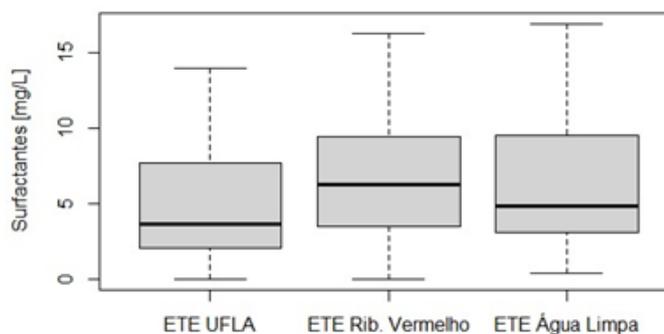
Fonte: Da autora (2022).

Com base no disposto nas tabelas, verifica-se que os esgotos às ETEs municipais apresentam características de esgotos típicos, estando próximos aos valores citados por Von Sperling (2017), e sendo classificados como esgoto médio pela definição de Jordão e Pessoa (2011). Também se discute que são águas residuárias que precisam passar por etapas de tratamento antes do lançamento (para as variáveis SS e DQO), e que os valores de surfactantes, assim como para a ETE-UFLA, são maiores que os citados na literatura.

4.2. Distribuição das variáveis de Surfactantes, SST, DQO e pH

Apesar da visível diferença entre os esgotos municipais e universitário, é preciso fazer inferência estatística para garantir a existência de características distintas entre essas águas residuárias. Nas Figuras 4, 5, 6 e 7 estão apresentadas a distribuição e *outliers* (valores discrepantes) dos dados analisados durante a pesquisa.

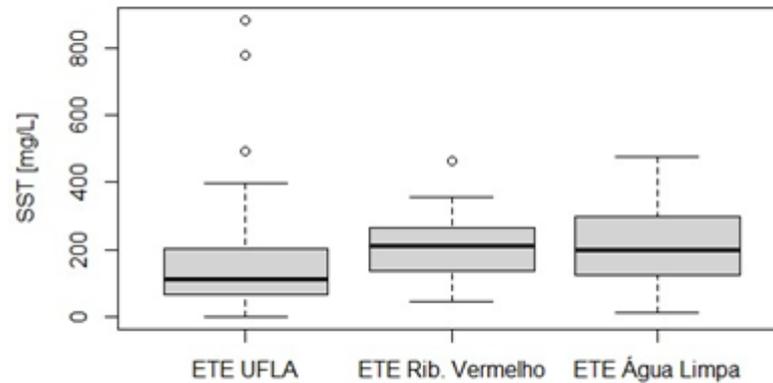
Figura 4 – Box plot das concentrações de Surfactantes no período de análise



Fontes: Da autora (2022).

De acordo com a Figura 4, percebe-se que os valores de surfactante das Estações de Tratamento de Esgoto do município de Lavras (ETE-RV e ETE-AL), apresentam um comportamento similar, visto que o primeiro e terceiro quartis estão em uma faixa de valores parecidos, diferindo na posição da mediana e minimamente na posição dos máximos e mínimos. Enquanto o gráfico gerado da ETE-UFLA, apresenta discordância dos resultados dos demais, sendo enfatizada a discrepância na mediana e nos quartis (Q1 e Q3).

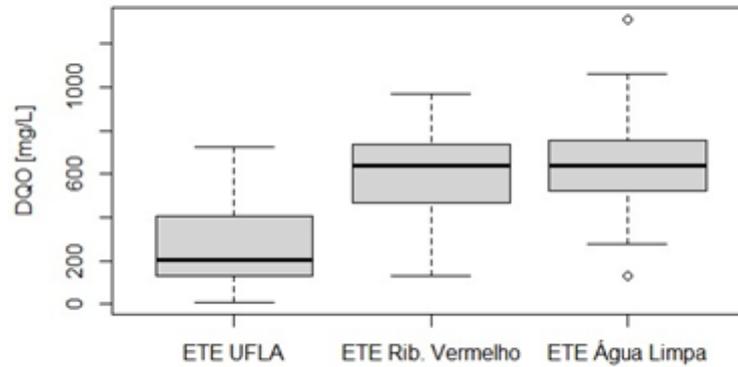
Figura 5 - Box plot das concentrações de SST no período de análise



Fontes: Da autora (2022).

De acordo com a Figura 5, percebe-se que os valores de SST das Estações de Tratamento de Esgoto do município de Lavras (ETE-RV e ETE-AL), apresentam um comportamento mais parecido entre si do que com a ETE-UFLA, levando em conta a posição da mediana. Verifica-se também a presença de três valores discrepantes na estação de tratamento universitária, acima do limite superior, e um *outlier* na ETE-RV.

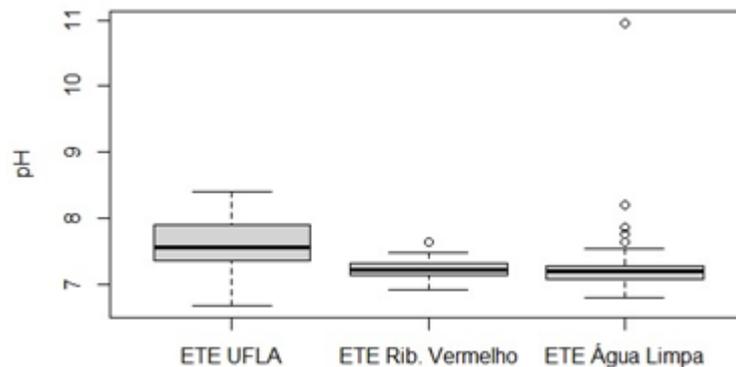
Figura 6 - Box plot das concentrações de DQO no período de análise



Fontes: Da autora (2022)

De acordo com a Figura 6, percebe-se que os valores de DQO das Estações de Tratamento de Esgoto do município de Lavras (ETE-RV e ETE-AL), apresentam um comportamento mais parecido entre si do que com a ETE-UFLA, levando em conta a posição da mediana e enfatizando a diferenciação pelos valores discrepantes superiores e inferiores da ETE-AL. Já o gráfico do campus universitário apresenta quartis e mediana com valores distintos.

Figura 7 - Box plot de valores de pH no período de análise



Fontes: Da autora (2022).

De acordo com a Figura 7, percebe-se que os valores de pH das Estações de Tratamento de Esgoto do município de Lavras (ETE- RV e ETE-AL), convergem, visto que, o gráfico

apresenta quartis (Q1, mediana e Q3) achatados e com outliers superiores, sendo que a ETE-AL, identificou um maior número. Já a ETE-UFLA, verificou mediana mais elevada, assim como os outros quartis e limites superiores.

Nesse contexto, comprova-se a variabilidade do esgoto universitário quando comparado aos esgotos dos municípios, podendo aferir que o distanciamento social, a suspensão de atividades práticas e presenciais somada a período de férias acadêmicas, têm grande influência nos resultados, assim como já apresentados em trabalhos anteriores que compararam a concentração do esgoto da ETE-UFLA no período pandêmico e não pandêmico (SOARES *et al.*, 2021).

4.3. Comparação estatística das medianas das variáveis das ETEs

Na Tabela 8 é possível observar a diferença nos resultados das ETEs avaliadas com base nas comparações estatísticas.

Tabela 8 - Comparação estatística das medianas das variáveis

	MEDIANA			
	Surfactante	SST	DQO	pH
ETE-UFLA	3,62 b	103 b	165 b	7,55 a
ETE-RV	6,68 a	155 a	626 a	7,21 b
ETE-AL	4,83 ab	233 a	639 a	7,19 b

Medianas seguidas pela mesma letra minúscula não diferiram significativamente pelo teste de Kruskal-Wallis no nível de significância de 5%.

Fontes: Da autora (2022).

Com base no resultado do teste de Kruskal-Wallis, verifica-se que a ETE-RV apresenta concentração de surfactantes estatisticamente superior ao ETE-UFLA, sendo que a última não difere da ETE-AL. Assim, verifica-se que ainda que laboratórios façam uso de detergentes e tensoativos, residências (maior em número) parecem contribuir mais.

Em um estudo realizado em uma ETE compacta instalada em um campus universitário de uma IES, por exemplo, foram obtidas médias menores que as analisadas na ETE-UFLA (valor máximo em fevereiro=2,08 mg/L) (RODRIGUES, 2021) e assim, também inferiores aos das ETEs municipais. Trevisan (2014), por sua vez, encontrou valor médio nos anos de 2013 e 2014 de 2,63 mg/L no esgoto coletado de 41 estações de tratamento de esgoto do Estado de Santa Catarina, este comportamento foi observado, levando em consideração que as coletas eram feitas em efluentes tratados sem distinção de tecnologia usada para o tratamento de diferentes estações (TREVISAN, 2014).

A concentração encontrada de sólidos suspensos totais (SST) no esgoto bruto da ETE-UFLA foi menor estatisticamente do que encontrado nas ETEs municipais. Com base na análise e na literatura, verifica-se que é uma água residuária que é menos concentrada inclusive do que de outras instituições de ensino. Bertolino (2008) obteve média de 300 mg/L no esgoto da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), quase o dobro da observada no campus da UFLA. Já os resultados de Oliveira (2016) indicam que o esgoto municipal de Lavras também é mais diluído do que de outras localidades, tendo esgoto sanitário não tratado na cidade de Ponta Grossa, valor de 400 mg/L de SS.

De forma semelhante à variável de SS, a ETE-UFLA apresentou concentração de DQO estatisticamente inferior ao das estações municipais e, novamente o esgoto da IE se mostrou menos concentrada do que de outras IES, conforme retratado no trabalho realizado na Universidade Estadual da Paraíba (559 mg/L) (CHAGAS NETO,1995). Já o valor médio encontrado para esgoto doméstico na cidade de Jaboticabal foi de 320mg/L, valor inferior aos encontrados nas ETEs municipais (BRANCO, 2015). Essa diferença deve-se pelas características regionais, os hábitos da população e as contribuições existentes na rede coletora de esgoto. Resultados preliminares de uma pesquisa têm demonstrado grande quantidade de solo e areia no gradeamento da ETE-UFLA, sugerindo importante entrada de água pluvial e problemas nas adutoras de esgoto dentro do campus, resultando, dessa forma, na diluição da água residuária.

O pH na ETE-UFLA apresenta a maior mediana, enquanto as municipais, apresentam, resultados distintos da primeira e iguais estatisticamente entre si. Segundo Silva, Oliveira e Fia (2019), em estudo realizado no campus universitário da UFLA, no ano de 2016, o valor médio de pH analisado foi de 7,2, obtendo dados similares às três ETEs analisadas.

Por fim, verifica-se que, de fato, o esgoto da ETE-UFLA apresenta características distintas do esgoto municipal da cidade de Lavras. Deve-se, nas próximas avaliações a serem realizadas na ETE-UFLA, investigar as contribuições existentes no campus para proporcionar

a chegada de um esgoto com características mais propícias para o tratamento existente na instituição (tratamento biológico composto por reator UASB + Filtro Biológico Aerado Submerso).

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos é possível concluir que:

O esgoto do campus universitário difere do esgoto da ETE-RV e ETE-AL, podendo ser classificado como um esgoto fraco (diluído) e de menor biodegradabilidade;

As características dos esgotos encontrados na ETE-RV e ETE-AL são similares, apresentando-se como esgotos típicos (esgoto médio);

O esgoto da ETE-UFLA apresenta grande variabilidade de características, devendo-se investigar os fatores de influência;

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília, 2022. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: 05 jul. 2022.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUA E ESGOTO. **Serviço de esgoto sanitário no município de Lavras – Prestador de serviço: COPASA MG**. Belo Horizonte: ARSAE, 2018. p 14.

AMIGO, N. A. de. **Propriedade das normas de lançamento de esgoto**. 1998. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Saneamento Ambiental) – Fundação Oswaldo Cruz, 1998.

AQUINO, D. S. **Avaliação ecotoxicológica de esgotos de redes coletoras de um campus universitário e da área urbana da cidade de Viçosa-MG e sua influência na qualidade dos corpos receptores**. 2013. Dissertação (Mestrado, Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

BERTOLINO, S. M.; CARVALHO, C. F.; AQUINO, S. F. Caracterização e biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia dos esgotos produzidos em campus universitário. **ABES**. Rio de Janeiro: v. 13, n. 3, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522008000300005>. Acesso em: 19 jul. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 430 DE 13/05/2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

CAMPOS, Lucas Barreto *et al.* Estimativa da produção e perdas de metano em reator UASB da ETE-UFLA por meio de diferentes modelos matemáticos. **Atena Editora**. Lavras: n.1, 2020, p. 185-195.

CHAGAS NETO, V. B. **Caracterização do esgoto bruto e avaliação da eficiência de redução de matéria orgânica e de bactérias entéricas, em diferentes processos de tratamento de esgotos domésticos, empregados na cidade de Salvador – Bahia**. 1995. Dissertação (Mestrado, Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 1995.

CHAVES, L. R. A ameaça dos microplásticos. **Pesquisa FAPESP**, [S. l.], n. 281, jul. 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-ameaca-dos-microplasticos/>. Acesso em: 02 jul. 2022.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 31., 2020, Curitiba. **Avaliação da eficiência de uma estação de tratamento de efluentes compacta de um campus universitário**. Curitiba: 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/233913>. Acesso em: 20 jul. 2022.

CUTOLO, S. A.; ROCHA, Almeida. Reflexões sobre o uso de águas residuárias na cidade de São Paulo. **Associação Paulista de Saúde Pública**. São Paulo: v. 11, n. 2, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-12902002000200007>. Acesso em: 03 jul. 2022.

DE OLIVEIRA, L. C. et al . Viability of SARS-CoV-2 in river water and wastewater at different temperatures and solids content. **WATER RESEARCH**. [S. l.]: v. 10, p. 117002, 2021.

FARIAS, C. M. **Proposta de ajuste técnico de uma estação de tratamento de efluentes para correção do parâmetro de surfactantes residuais**. 2018. Relatório científico (Graduação, Curso Engenharia Química) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2018.

FIA, R. Setor de Tratamento de Esgoto. **Diretoria de Meio Ambiente UFLA**, Lavras, 2022. Disponível em: <http://www.dma.ufla.br/site/coordenadorias/saneamento/tratamento-de-esgoto/#:~:text=O%20setor%20de%20Tratamento%20de,de%20Gordura%20Aerada%20do%20restaurante/>. Acesso em: 03 jul. 2022.

FIALHO, D. E. S. **Caracterização do esgoto sanitário e avaliação da eficiência da ETE/UFLA na remoção de fármacos e desreguladores endócrinos**. 2019. Dissertação (Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais.) - Universidade de Federal de Lavras, Lavras, 2019.

FRIEDLER, Eran *et al.* Impact of Suspended Solids and Organic Matter on Chlorine and UV Disinfection Efficiency of Greywater, **Water**. [S. l.]: v. 13, n. 2, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w13020214>. Acesso em: 21 ago. 2022.

FREIRE, L. L.; SANTOS, Y. T. C. Estimativa das contribuições de carga orgânicadoméstica e impactos ambientais das ligações inadimplentes de esgoto em Juazeiro do Norte –Ceará. **Ciência e Sustentabilidade – CeS**. [S. l.]: v. 4, n. 2, p. 5-24, 2018. Disponível em: [10.33809/2447-4606.4220185-24](https://doi.org/10.33809/2447-4606.4220185-24). Acesso em: 03 jul. 2022.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. Ministério da Saúde. Manual de Saneamento. Brasília, 2006.

HELLER, L.; MOTA, C. R. ; GRECO, D. B. . COVID-19 faecal-oral transmission: Are we asking the right questions?. **Science of the Total Environment**. v. 10, p. 138919, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/lavras/pesquisa/30/30051>. Acesso em: 04 jul. 2022.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, 19., 2016, Salvador. **Impacto da intrusão de águas pluviais na vazão e na qualidade do esgoto tratado**. Salvador: 2016. DOI 10.14684/INTERTECH. 24.2016.45-50. Disponível em: <https://copec.eu/intertech2016/proc/works/10.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, n. 4, 2011, 969 p.

LOPES, I. M. S. **Efluentes de banheiros químicos: como é feito o seu manejo e quais são os efeitos do seu descarte em estações de tratamento de esgotos?** 2017. Dissertação (Mestrado, Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.) - Universidade de Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

MARTINS, C. de C. *et al.* Marcadores orgânicos de contaminação por esgotos sanitários em sedimentos superficiais da baía de Santos, São Paulo. **Química Nova**. São Paulo: v. 31, n. 5, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000500012>. Acesso em: 11 jul. 2022.

MATOS, A. T.; MATOS, M. P. **Disposição de Águas Residuárias no Solo e em Sistemas Alagados Construídos**. Viçosa: n. 6, Editora UFV, 2017, 371 p.

MOTA, F. S. B.; SPERLING, Marcos Von. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428 p.

OLIVEIRA, D. C. de *et al.* Avaliação da influência da precipitação pluviométrica na qualidade do tratamento de esgoto tipo filtro biológico e decantação secundária. **Revista Brasileira de Geografia**. [S. l.]: v. 13, n. 6, ISSN: 1984-2295, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/243812/0#:~:text=Avalia%C3%A7%C3%A3o%20da%20influ%C3%Aancia%20da%20precipita%C3%A7%C3%A3o%20pluviom%C3%A9trica%20na%20qualidade,o%20efluente%20dom%C3%A9stico%20s%C3%A3o%20transportados%20por%20canaliza%C3%B5es%20distintas>. Acesso em: 05 jul. 2022.

OLIVEIRA, J. G. B. de. **Reator de leito estruturado com aeração intermitente para tratamento combinado de esgoto sanitário e pós-tratamento de efluente de Ralf**. 2016. Dissertação (Mestrado, Pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2016.

QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. A disponibilização de fósforo nas águas pelo uso de detergentes em pó: aspectos ambientais e de Saúde Pública. **Ciência & Saúde Coletiva**. [S. l.]: p. 3891-3902, nov. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/TNwRfffGPKrhht9KBb3YVbg/?lang=pt#:~:text=A%20substitui%C3%A7%C3%A3o%20do%20f%C3%B3sforo%20nos,como%20minera%C3%A7%C3%A3o%20e%20saneamento%207>. Acesso em: 20 ago. 2022.

PAIVA, M. A. de; BRACARENSE, D. C.; SOUZA, S. V. de. Avaliação do impacto da água de chuva na vazão afluyente em uma estação de tratamento de esgoto da cidade de Palmas (TO). **Scientech Ambiental**. São Paulo: 2019. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/impacto-agua-chuva-vazao-afluente/>. Acesso em: 07 ago. 2022.

RIBEIRO, M. P; BOTARI, A. Eficiência da remoção de DQO, surfactantes e de óleos e graxas totais na estação de tratamento de esgoto vila city na cidade de Paranavaí – Paraná. **Brazilian Journal of Health Review**. [S. l.]: v. 5, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34119/bjhrv5n1-331>. Acesso em: 11 jul. 2022.

SILVA, J. R. M. e, OLIVEIRA, L. F. C. de; FIA, R.. Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto em solo cultivado com grama esmeralda (*Zoysia japonica*). **Revista Engenharia Na Agricultura – REVENG**. Viçosa: v. 27 n. 2, p. 157–169, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i2.871>. Acesso em: 05 ago. 2022.

SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA PREVENTIVA, 2., 2015, Jaboticabal. **Redução da DQO em esgoto doméstico utilizando sistema biológico de tratamento.** Jaboticabal: v.31, n.2, p.112, 2015 ISSN 2175-0106. Disponível em: <http://arsveterinaria.org.br/ars/article/view/1011> Acesso em: 02 ago. 2022.

SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17., 2016, Florianópolis. **Caracterização dos efluentes das estações de tratamento de esgotos sanitários de Santa Catarina.** Florianópolis: 2016. Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento32/TrabalhosCompletoPDF/II-121.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto,** 2022. Disponível em: http://appsniis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-esgoto/. Acesso em: 07 jul. 2022.

SOARES, J. dos S. **Avaliação do uso de sistemas alagados construídos do tipo bio-rack como tratamento simplificado para soluções individuais.** 2021. Dissertação (Pós-graduação, Curso Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

SOUSA, M. U.; LIMA, L. M. R. Caracterização físico-química e microbiológica do esgoto da UEPB com proposta de tratamento para fins de reuso. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.** Pombal: v. 10, n. 4, p. 54 - 60, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i4.3764>. Acesso em: 05 jul. 2022.

SOUZA, G. R. de S. **Cápsulas de café expresso como material suporte em reator anaeróbio de leito fixo e escoamento ascendente.** 2018. 92 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. da. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. **Fundação editora da UNESP.** São Paulo: v. 22, p. 49-66, 1997.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** Belo Horizonte: v.1, n. 4, Editora UFMG, 2017, 472 p.

YANG, Yongkui. Activated Sludge Microbial Community and Treatment Performance of Wastewater Treatment Plants in Industrial and Municipal Zones. **Int. J. Environ. Res. Public Health.** [S. l.]: v. 17, n. 2, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph17020436>. Acesso em: 08 ago 2022.

ABNT, NBR. 8800: 1986. **Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios-método dos Estados-Limites**, 1986.

MINAYO, M. C. de S. et al. Fiocruz saudável: uma experiência institucional. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 3, p. 151-161, 1998.

ALYGIZAKIS, Nikiforos et al. Analytical methodologies for the detection of SARS-CoV-2 in wastewater: Protocols and future perspectives. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 134, p. 116125, 2021.

Wiel-Shafran, A., Ronen, Z., Weisbrod, N., Adar, E. and Gross, A. (2006). Potential changes in soil properties following irrigation with surfactant-rich greywater. **Ecol. Eng.** 26, 348-354.

CHEN, Shuiliang et al. Layered corrugated electrode macrostructures boost microbial bioelectrocatalysis. **Energy & Environmental Science**, v. 5, n. 12, p. 9769-9772, 2012.

OLIVEIRA, M. L. De et al. Effects of fertigation with raw sewage on the vegetative development of maize and beans. **International journal of recycling organic waste in agriculture**, v. 11, n. 4, p. 437-450, 2022.

Trevisan, A. B., Godke, M. M., & Arenhart, C. A. II-121-CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS DE SANTA CATARINA, 2014.

RODRIGUES, E. A.; ANTUNES, G. R. Avaliação da eficiência de uma estação de tratamento de efluentes compacta de um campus universitário. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (31: 2020: Curitiba)**. Anais eletrônicos. Rio de Janeiro: Abes, 2021. 2021.