

967 - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COMPACTA DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Eveline Araujo Rodrigues⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Engenheira Ambiental na UFRGS.

Giselle Reis Antunes⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestre em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (UnB). Doutora em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Engenheira Civil na UFRGS.

Endereço⁽¹⁾: Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia - Porto Alegre - RS - CEP: 90650-001 - Brasil - Tel: +55 (51) 3308-6786 - e-mail: eveline.araujo@ufrgs.br

RESUMO

O saneamento básico, vital para o meio ambiente e para a saúde da população, inclui abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Em relação ao esgotamento sanitário, embora possua diretrizes nacionais estabelecidas em legislação federal, sua universalização ainda é um dos grandes desafios do Brasil. Inserido nesse sistema, estão as Instituições de Ensino Superior (IESs), as quais têm potencial de gerar impactos ambientais semelhantes a cidades de pequeno porte, incluindo a geração de efluentes. Por outro lado, as IESs possuem relevante papel no incentivo de ações positivas voltadas à sociedade, que podem colaborar para o desenvolvimento sustentável da mesma. Neste contexto, é importante analisar como as IESs gerenciam seus efluentes, por meio dos seus sistemas de esgotamento sanitário. Entre as principais atividades contempladas nos sistemas de esgotamento sanitário, destaca-se a etapa de tratamento do efluente. Atualmente, existem diversos sistemas de tratamento consolidados, entre os quais, os sistemas contínuos de tratamento biológico por lodo ativado, em Estação de Tratamento de Efluente Compacta (ETE Compacta). Com base no exposto, o presente trabalho propôs avaliar a eficiência de uma ETE Compacta, instalada em um Campus Universitário de uma IES, à luz da legislação federal (CONAMA 430/2011), estadual (CONSEMA nº 355/2017) e municipal (COMDEMA 01/2019 e 02/2019). Para tanto, foram avaliados um conjunto de resultados de análises físico-químicas e microbiológicas contempladas em um monitoramento mensal de janeiro a dezembro de 2020. A avaliação inferiu que a ETE Compacta em questão realiza de forma satisfatória o tratamento do efluente para determinados parâmetros, por outro lado, não realiza a remoção de poluentes importantes, como nitrogênio e fósforo, indicando então a necessidade de ajustes no sistema. Além disso, considerando que os parâmetros de reuso estabelecidos nas resoluções municipais são ainda mais restritivos, verificou-se que o efluente tratado na ETE Compacta não tem qualidade suficiente para ser destinado ao reuso, atualmente. Para adequação do sistema, foi proposta a instalação de uma etapa posterior ao tratamento existente para a remoção de nitrogênio e fósforo. Ainda assim, existem outros gargalos no sistema atual, os quais estão relacionados a problemas operacionais e de projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Campus Universitário, Tratamento de efluentes, Reuso.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico engloba sistemas essenciais e de grande relevância para o meio ambiente e, conseqüentemente, para a população. Estas atividades de saneamento incluem: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2020). O acesso ao saneamento básico, em especial ao esgotamento sanitário, visa reduzir a poluição e a contaminação dos corpos hídricos e do solo, bem como prevenir problemas de saúde e melhorar a qualidade de vida da população (OLIVEIRA et al., 2020).

No Brasil, o saneamento básico é um direito essencial garantido constitucionalmente e é regido nacionalmente pela Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualiza a Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. No entanto, de acordo com o Instituto Trata Brasil, 54,1% dos brasileiros têm acesso à coleta de esgoto

e apenas 49,1% dos esgotos do país são tratados (SNIS, 2019). Esses dados evidenciam que a universalização do saneamento básico e, principalmente, o acesso ao esgotamento sanitário, ainda é um dos grandes desafios do país, embora possua diretrizes nacionais definidas em sua legislação.

Inserido nesse sistema, estão as Instituições de Ensino Superior (IESs), as quais, em razão da variedade e complexidade das atividades desenvolvidas em seus *campi* universitários, têm potencial de gerar impactos ambientais semelhantes a cidades de pequeno porte (PACHECO et al., 2018). Entre esses potenciais impactos, está a geração de efluentes. Por outro lado, as IESs são responsáveis tanto pela formação profissional, como pela formação de opinião e de cidadania, possuindo relevante papel no incentivo de ações positivas voltadas a sociedade. Portanto, a adoção de medidas que demonstram responsabilidade socioambiental, ainda que isoladas, colaboram para o desenvolvimento sustentável da sociedade a qual está inserida (GAMA, 2020).

Neste contexto, é importante analisar como as universidades gerenciam seus efluentes, por meio dos sistemas de esgotamento sanitário. De acordo com a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, o esgotamento sanitário contempla as atividades de disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias para a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente (BRASIL, 2020).

Em relação à etapa de tratamento do esgoto sanitário, existem diversas alternativas consolidadas. O processo de tratamento depende da análise de variáveis técnicas e demográficas para a especificação do sistema mais adequado à demanda, atrelada à eficiência de remoção de carga orgânica requerida e ao uso que se pretende dar ao efluente tratado (JÚNIOR; PESSOA, 2020). Entre as alternativas existentes, estão os sistemas contínuos de tratamento biológico por lodo ativado em Estação de Tratamento de Efluente Compacta (ETE Compacta). De acordo com Haraguchi et al. (2014), entre as vantagens desse sistema, destaca-se a viabilidade de implantação, devido aos baixos requisitos de espaço, e a maior facilidade de tratamento do lodo para disposição final. Nesse contexto, o presente trabalho propõe avaliar a eficiência de uma Estação de Tratamento de Efluente Compacta, instalada em um Campus Universitário, à luz das legislações pertinentes.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo realizar a avaliação da eficiência de uma Estação de Tratamento de Efluente Compacta (ETE Compacta), instalada em um Campus Universitário, à luz da legislação federal, estadual e municipal pertinente.

Os objetivos específicos são:

- Analisar o sistema de tratamento da ETE Compacta, em conformidade com os parâmetros previstos na legislação federal (CONAMA 430/2011) e estadual (CONSEMA nº 355/2017);
- Verificar a possibilidade de reuso do efluente tratado, conforme preconiza a legislação do município onde está localizado o Campus Universitário (COMDEMA 01/2019 e 02/2019).

METODOLOGIA

Adotou-se um método de pesquisa aplicada de natureza quantitativa. Foram utilizadas os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas obtidos de uma ETE para comparar com a legislação pertinente em âmbito federal, estadual e municipal.

O Campus Universitário em estudo fica localizado no município de Tramandaí – RS, distante cerca de 20 km do centro da cidade. Para a instalação do Campus, foi necessária a aquisição de uma ETE Compacta (Fig. 1), uma vez que não há rede de esgoto municipal na região. A ETE Compacta foi projetada para o atendimento de uma população de 700 pessoas e entrou em operação no ano de 2015. Permanece até hoje em fase de teste e no momento atende uma população de cerca de 200 pessoas, tendo em vista que o campus ainda encontra-se em

expansão. O esgoto após tratado é armazenado em tanques e destinado, por meio de um contrato de prestação de serviços, para outra Estação de Tratamento.



Figura 1: ETE Compacta instalada no Campus Universitário
Fonte: autores

A referida ETE é caracterizada por um sistema contínuo de tratamento biológico por lodo ativado com aeração prolongada. Em síntese, o sistema é operacionalizado por meio das seguintes etapas e suas funções:

1. **Pré-tratamento:** Remover os materiais em suspensão, através da utilização de grelhas e de crivos grossos. A caixa de gradeamento utilizada possui o cesto em aço inox com malha de 10 mm x 10 mm;
2. **Aeração prolongada:** Promover, através de um tanque com reator aeróbio, o desenvolvimento de uma colônia microbológica (biomassa), a qual consumirá a matéria orgânica do efluente;
3. **Decantação:** Separar a biomassa que consumiu a matéria orgânica do efluente, a qual se sedimenta no fundo do decantador secundário, permitindo que o sobrenadante seja descartado como efluente tratado, já com sua carga orgânica reduzida;
4. **Desinfecção:** Eliminar os microrganismos patogênicos através do contato do efluente com hipoclorito de sódio em tanque de desinfecção. O tanque possui chicanas em seu interior com o intuito de aumentar o tempo de contato do efluente com o produto, o qual é gotejado por pulsos promovidos por uma bomba dosadora.

O monitoramento da qualidade do efluente da ETE é realizado a partir da coleta de amostras e análise das mesmas em laboratório particular especializado e acreditado. Os pontos amostrados, conforme identificados nas Figuras 2 e 3, são:

- P1 – Entrada: efluente bruto;
- P2 – Tanque de aeração: efluente em tratamento;
- P3 – Decantador secundário: efluente em tratamento;
- P4 – Tanque de desinfecção: efluente tratado.

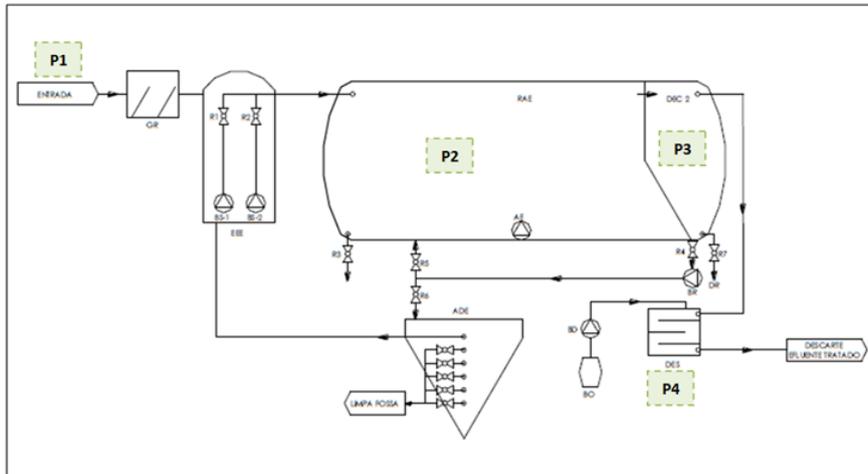


Figura 2: Identificação dos pontos de coleta



Figura 3: Identificação dos pontos de coleta *in loco*

Fonte: autores

Para o presente trabalho, foram avaliadas apenas as análises das coletas realizadas no ponto quatro (P4), visto que o referido ponto reflete o tratamento completo do efluente na ETE, considerando todas as suas etapas. O monitoramento mensal foi realizado de janeiro a dezembro de 2020.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO EFLUENTE TRATADO E A POSSIBILIDADE DE REUSO DE ACORDO DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO

O monitoramento mensal contemplou as análises físico-químicas e microbiológicas das amostras do ponto P4 sobre 22 parâmetros e seguiu o *Standard Methods for the Examination of Water*. Esse conjunto de parâmetros abrange aqueles definidos pelo fabricante da ETE como fundamentais para a sua operação, bem como os constantes na Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA n° 355/2017, a qual dispõe

sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul; e na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA.

No âmbito municipal, em 2019 foram emitidas duas Resoluções do Conselho Municipal de Meio Ambiente – COMDEMA de Tramandaí/RS:

- Resolução COMDEMA nº 01/2019: Estabelece os critérios de licenciamento ambiental municipal, automonitoramento e padrões de produção e uso dos efluentes tratados em Estações de Tratamento de Efluentes Cloacais Residenciais individuais e coletivos em funcionamento ou que venham a funcionar no Município de Tramandaí com vazão não superior ao estabelecido pela Resolução do CONSEMA-RS para licenciamento de impacto local.
- Resolução COMDEMA nº 02/2019: Estabelece os critérios, os padrões e disciplina o reuso direto não potável de água, para fins urbanos e agrícolas, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas.

Essas resoluções têm por objetivo estabelecer critérios de licenciamento e automonitoramento de Estações de Tratamento de Efluentes no município e disciplinar o reuso direto não potável, para fins urbanos e agrícolas. Com base nessas resoluções e nos laudos de monitoramento mensal, verificou-se a possibilidade de reuso do efluente tratado na ETE Compacta.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Seguindo a metodologia proposta, são apresentados os resultados quanto à qualidade do efluente tratado na ETE Compacta, de acordo com os parâmetros de lançamento de efluentes em corpos hídricos previstos na legislação estadual e federal pertinente, bem como em relação aos parâmetros de reuso previstos na legislação municipal. Neste sentido, pra melhor análise, representaram-se os parâmetros que estão em conformidade com a legislação com destaque na cor azul; e os que não estão em conformidade, em vermelho.

Primeiramente, os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do efluente tratado, constantes no monitoramento mensal, foram comparados com os parâmetros de lançamento previsto nas Resoluções do CONSEMA 355/2017 e do CONAMA 430/2011, considerando uma vazão média de 7,5m³/dia (Tabela 1).

Tabela 1: Resultados do monitoramento mensal do efluente da ETE de acordo com as Resoluções do CONSEMA (355/2017) e do CONAMA (430/2011)

MONITORAMENTO MENSAL DO EFLUENTE DA ETE COMPACTA – P4														
PARÂMETROS	2020												RESOLUÇÕES	
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	CONSEMA	CONAMA
Alcalinidade Total (5G CaCO ₃ /L)	636	588,6	759	390	261,3	205,2	155	110	95,4	202,9	224,2	17,3	*	*
Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)	4552000	5528000	1966000	933000	1168000	13500	3876000	705000	240000	162000	2260000	17000	*	*
Cloretos (5G Cl/L)	98,1	100,8	136,05	135,4	117,65	143,84	53,35	66,1	53,35	68,025	57,25	63,8	*	*
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	8,2 x 10 ⁵	5,8 x 10 ⁵	3,1 x 10 ⁶	<1	2,6 x 10 ⁵	1,2 x 10 ⁴	1,7 x 10 ⁵	<1	2,8 x 10 ⁵	2,5 x 10 ⁴	2,4 x 10 ⁵	6,2 x 10 ⁴	≤ 10 ⁶	*
Coliformes Totais (NMP/100mL)	1,2 x 10 ⁶	7,7 x 10 ⁵	3,4 x 10 ⁶	1,7 x 10 ⁵	7,0 x 10 ⁵	3,7 x 10 ⁴	1,2 x 10 ⁵	1,4 x 10 ⁵	>4,8 x 10 ⁵	4,9 x 10 ⁴	3,2 x 10 ⁴	1,2 x 10 ⁴	*	*
Condutividade Elétrica (µS/cm)	1630	1775	1443	1982	1130	881	910	810	581	942	778	587	*	*
DBO ₂₀ (5G O ₂ /L)	74,6	91,8	70	64,5	94,2	54,3	69	58	<2,34	37	20,1	15,7	*	*
DBO ₅ (5G O ₂ /L)	65	72,1	61,15	58,8	88,9	45,3	61,5	49,7	<2,34	30,1	14,9	4,2	≤ 120	≤ 120
Fósforo Total (5G P/L)	19,85	17,657	17,37	18,087	14,09	14,395	11,843	9,503	3,619	8,298	8,369	9,858	≤ 4,0	*
Materiais flutuantes	Objetável	Não Objetável	Não Objetável	Objetável	Não Objetável	Não Objetável								
Nitrogênio Amoniacal Total (5G NH ₃ -N/L)	155	129	93,9	69,5	53,6	23,1	28,2	12,4	9,13	38,5	50	6,32	≤ 20	≤ 20

Nitrogênio Total Kjeldahl (6G N/L)	157,19	149,25	132,5	92,5	73,14	44,76	33,28	27,6	9,76	47,43	40,3	7,99	*	*
Óleos e Graxas (6G/L)	<9,72	9,9	<9,72	12,76	12,75	<9,72	<9,72	<9,72	<9,72	<9,72	<9,72	<0,3	≤ 10	≤ 100
Oxigênio Dissolvido (6G O2/L)	0	0	0	1,35	2,23	1,12	<0,45	2,68	3,25	3,37	<0,45	<0,45	*	*
pH	8,18	8	8,08	8,03	7,66	7,38	7,76	7,09	7,66	7,19	7,76	6,48	Entre 6,0 e 9,0	Entre 5,0 e 9,0
Salinidade (psu)	1,04	81	0,67	1,01	0,57	0,43	0,41	0,4	0,28	0,52	0,4	0,29	*	*
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
Sólidos Suspensos Totais (6G/L)	21	20	19	9	59,5	13	20	9	<5,16	6	29	8	≤ 140	*
Sulfeto de Hidrogênio (6G S/L)	2,38	<0,10	0,12	<0,10	0,15	<0,10	0,1	0,19	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	≤ 0,2	≤ 1,0
Surfactantes (6G MBAS/L)	0,75	2,08	0,44	0,97	1,17	0,44	1,03	1,03	<0,15	<0,15	<0,15	0,33	≤ 2,0	*
Temperatura da Amostra (°C)	27,1	28	27,1	19,55	15,1	19	10,1	18,86	17,17	19,33	19,7	24,7	≤ 40	≤ 40
Análise de toxicidade	FT=4	FT=4	FT=4	FT=2	FT=1	FT=1	FT=1	FT=1	FT=1	FT=1	FT=2	FT=2	FT=4	FT=1

*Parâmetro não tem referência de limites na legislação vigente

Na sequência, os resultados do monitoramento mensal do efluente tratado na ETE foram comparados com os parâmetros de reuso direto não potável, para fins urbanos e agrícolas, previsto nas Resoluções 01/2019 e 02/2019 do COMDEMA (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados do monitoramento mensal do efluente da ETE de acordo com as Resoluções do COMDEMA (01/2019 e 02/2019)

PARÂMETROS	MONITORAMENTO MENSAL DO EFLUENTE DA ETE COMPACTA – P4												RESOLUÇÕES COMDEMA	
	2020												01/2019	02/2019
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	636	588,6	759	390	261,3	205,2	155	110	95,4	202,9	224,2	17,3	*	*
Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)	4552000	5528000	1966000	933000	1168000	13500	3876000	705000	240000	162000	2260000	17000	*	< 200
Cloretos (mg Cl/L)	98,1	100,8	136,05	135,4	117,65	143,84	53,35	66,1	53,35	68,025	57,25	63,8	*	< 350
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	8,2 x 10 ⁵	5,8 x 10 ⁵	3,1 x 10 ⁶	<1	2,6 x 10 ³	1,2 x 10 ⁴	1,7 x 10 ³	<1	2,8 x 10 ³	2,5 x 10 ⁴	2,4 x 10 ³	6,2 x 10 ⁴	≤ 1000	*
Condutividade Elétrica (µS/cm)	1630	1775	1443	1982	1130	881	910	810	581	942	778	587	*	< 300
DBO ₂₀ (mg O ₂ /L)	74,6	91,8	70	64,5	94,2	54,3	69	58	<2,34	37	20,1	15,7	*	*
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	65	72,1	61,15	58,8	88,9	45,3	61,5	49,7	<2,34	30,1	14,9	4,2	Limite 60	≤ 30
Fósforo Total (mg P/L)	19,85	17,657	17,37	18,087	14,09	14,395	11,843	9,503	3,619	8,298	8,369	9,858	≤ 5	*
Materiais flutuantes	Objetável	Objetável	Objetável	Objetável	Objetável	Objetável	Objetável	Objetável	Objetável	Não Objetável	Não Objetável	Objetável	*	*
Nitrogênio Amoniacal Total (mg NH ₃ -N/L)	155	129	93,9	69,5	53,6	23,1	28,2	12,4	9,13	38,5	50	6,32	≤ 20	*
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg N/L)	157,19	149,25	132,5	92,5	73,14	44,76	33,28	27,6	9,76	47,43	40,3	7,99	*	*
Óleos e Graxas (mg/L)	<9,72	9,9	<9,72	12,76	12,75	<9,72	<9,72	<9,72	<9,72	<9,72	<9,72	<0,3	≤ 40	*
Oxigênio Dissolvido (mg O ₂ /L)	0	0	0	1,35	2,23	1,12	<0,45	2,68	3,25	3,37	<0,45	<0,45	≥ 5	*
pH	8,18	8	8,08	8,03	7,66	7,38	7,76	7,09	7,66	7,19	7,76	6,48	Entre 6,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0
Salinidade (psu)	1,04	81	0,67	1,01	0,57	0,43	0,41	0,4	0,28	0,52	0,4	0,29	*	*
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	≤ 1	*
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	21	20	19	9	59,5	13	20	9	<5,16	6	29	8	*	< 30
Sulfeto de Hidrogênio (mg S/L)	2,38	<0,10	0,12	<0,10	0,15	<0,10	0,1	0,19	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	≤ 1	*
Surfactantes (mg MBAS/L)	0,75	2,08	0,44	0,97	1,17	0,44	1,03	1,03	<0,15	<0,15	<0,15	0,33	*	*
Temperatura da Amostra (°C)	27,1	28	27,1	19,55	15,1	19	10,1	18,86	17,17	19,33	19,7	24,7	< 40	*

Análise de toxicidade	FT=4	FT=4	FT=4	FT=2	FT=1	FT=1	FT=1	FT=1	FT=1	FT=2	FT=2	FT=4	*	*
-----------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---	---

*Parâmetro não tem referência de limites na legislação vigente

Considerando os resultados apresentados na Tabela 1, e analisando-os quanto à qualidade do efluente tratado de acordo com a legislação estadual (CONSEMA 355/2017) e federal (CONAMA 430/2011), estes indicam que a ETE realiza de forma satisfatória o tratamento do efluente para determinados parâmetros: coliformes termotolerantes; DBO; óleos e graxas; sólidos sedimentáveis e suspensos; sulfeto de hidrogênio; e surfactantes. Esses resultados demonstram que a ETE possui grande capacidade de remoção de matéria orgânica carbonácea.

Por outro lado, outros parâmetros relevantes como, fósforo, materiais flutuantes e nitrogênio, não são removidos no tratamento em quantidade suficiente para atender as Resoluções CONSEMA nº 355/2017 e CONAMA 430/2011. Esses resultados insatisfatórios para os parâmetros de nitrogênio e fósforo podem estar relacionado à necessidade de um tempo de residência do efluente no reator aerado maior do que para a matéria orgânica carbonácea, indicando a necessidade de uma etapa posterior de tratamento, projetada especialmente para a remoção desses poluentes. Entre as técnicas conhecidas estão: precipitação química; adsorção; e *wetland* (REISMANN et al., 2017).

Desta vez, observando a legislação municipal, a Resolução COMDEMA 02/2019 difere o “uso com restrição moderada” do “uso com restrição severa”. O primeiro deve atender aos padrões de qualidade para sua categoria e ser destinado às modalidades de I a VI. Enquanto que o segundo uso deve atender aos padrões para sua categoria e ser destinado às categorias de I a V. As referidas modalidades contempladas na Resolução municipal são:

- I. Irrigação paisagística;
- II. Lavagem de logradouros e outros espaços públicos e privados;
- III. Construção civil;
- IV. Desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgotos;
- V. Lavagem de veículos;
- VI. Combate a incêndio.

Os valores apresentados na Tabela 2 foram comparados com os parâmetros exigidos na Resolução 01/2019 e com os parâmetros para “uso com restrição moderada” da Resolução 02/2019. Vale ressaltar, que nem todos os parâmetros constantes nessas resoluções foram analisados, visto que as mesmas entraram em vigor após o início da vigência do contrato com o laboratório especializado.

Ao analisar os resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que parâmetros como: bactérias heterotróficas, coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total, nitrogênio e oxigênio dissolvido não são atendidos com o tratamento realizado atualmente pela ETE. Portanto, é possível concluir que o efluente tratado não tem condições de ser destinado ao reuso direto não potável, para fins urbanos e agrícolas. Essa constatação corrobora com a indicação da necessidade de implantação de uma etapa adicional ao sistema existente para tratamento do efluente de forma satisfatória.

Em síntese, com base nos resultados analisados, verifica-se que a ETE Compacta atualmente não remove, de forma satisfatória, poluentes como o nitrogênio e o fósforo, em conformidade com as Resoluções CONSEMA nº 355/2017 e CONAMA 430/2011. Além disso, considerando que as Resoluções municipais (COMDEMA 01/2019 e 02/2019) são ainda mais restritivas, infere-se que a o efluente tratado na ETE atualmente não tem qualidade suficiente para ser destinado ao reuso direto não potável, para fins urbanos e agrícolas.

Adicionalmente, com base no acompanhamento operacional da ETE Compacta, é possível inferir que há potencial influência da precipitação pluviométrica nas vazões de entrada do reator, cuja causa pode estar relacionada à infiltração nas caixas de inspeção da tubulação que direciona o efluente até a ETE. Este volume de líquido, decorrente das infiltrações, dilui o esgoto a ser tratado, causando uma redução na eficiência do

tratamento, uma vez que diminui a concentração de nutrientes essenciais para o desenvolvimento da microbiota necessária para o tratamento do efluente.

Vale informar ainda que a ETE em questão foi projetada para o atendimento de uma população de 700 pessoas e atualmente atende, no máximo, 200 pessoas. Dessa forma, a ETE Compacta está operando com uma vazão muito abaixo da sua condição de projeto, o que pode contribuir para a perda de eficiência no tratamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho realizou a avaliação da eficiência de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE Compacta), instalada em um Campus Universitário, à luz da legislação federal (CONAMA 430/2011), estadual (CONSEMA nº 355/2017) e municipal (COMDEMA 01/2019 e 02/2019). Para tanto, foram avaliados os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas referente ao período de janeiro a dezembro de 2020, com foco no ponto P4, visto que ele representa o tratamento completo do efluente na ETE.

A partir da avaliação realizada inferiu-se que a ETE realiza de forma satisfatória o tratamento do efluente para determinados parâmetros. Por outro lado, não realiza a remoção de fósforo e nitrogênio, impedindo a emissão direta do efluente em águas superficiais. Assim, os resultados apresentados indicam a necessidade de uma etapa posterior de tratamento, projetada especialmente para a remoção desses poluentes, como precipitação química; adsorção; ou *wetland*.

Além disso, considerando os parâmetros exigidos pelas Resoluções COMDEMA, verifica-se que o efluente da ETE não tem qualidade suficiente para ser destinado ao reuso. Essas resoluções são mais restritivas em relação aos parâmetros de coliformes termotolerantes, DBO, entre outros. Dessa forma, reafirma-se a necessidade de reajuste no sistema de tratamento da ETE e a implantação de uma etapa para remoção de fósforo e nitrogênio e outros poluentes.

É importante ressaltar que existem outros gargalos notórios no processo de tratamento de efluentes na ETE em questão, como a influência da precipitação pluviométrica nas vazões de entrada do reator, o que causa uma redução na eficiência do tratamento, tendo em vista que diminui a concentração de nutrientes essenciais para o desenvolvimento da microbiota necessária para o tratamento do efluente. Esse problema pode ser resolvido a partir da avaliação e impermeabilização das caixas de inspeção da tubulação que leva o efluente até a ETE.

Por fim, ressalta-se que a ETE em questão foi projetada para o atendimento de uma população de 700 pessoas e atualmente atende, no máximo, 200 pessoas. Dessa forma, a ETE Compacta está operando com uma vazão muito abaixo da sua condição de projeto, o que pode contribuir para a perda de eficiência no tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, DF, 2007.
2. BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Brasília, DF, 2020.

3. COMDEMA. Resolução nº 01 de 2019. Estabelece os critérios de licenciamento ambiental municipal, Auto monitoramento e padrões de produção e uso dos efluentes tratados em Estações de Tratamento de Efluentes Cloacais Residenciais individuais e coletivos em funcionamento ou que venham a funcionar no Município de Tramandaí com vazão não superior ao estabelecido pela Resolução do CONSEMA-RS para licenciamento de impacto local - COMDEMA. Tramandaí, RS, 2019.
4. COMDEMA. Resolução nº 02 de 2019. Estabelece os critérios, os padrões e disciplina o reuso direto não potável de água, para fins Urbanos e agrícolas, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas – COMDEMA. Tramandaí, RS, 2019.
5. CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 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. Brasília, DF, 16 de maio de 2011.
6. CONSEMA. Resolução nº 355, de 13 de julho de 2017. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul – CONSEMA. Porto Alegre, RS, 19 de julho de 2017.
7. GAMA, K. R. A.; RÊGO, A. T. A.; COSTA, J. D.; VALONES, G. Gestão do tratamento de esgotos sanitários produzidos em universidades públicas federais no Nordeste do Brasil. Revista GEAMA, Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology, vol. 6, n. 3, pág. 04-14, 2020.
8. HARAGUCHI, M. T.; UCKER, F. E.; KRONHARDT, R.; FERRARI, T.; KEMERICH, P. D. C. Estudo de caso para a viabilidade de implementação de sistema de tratamento de esgoto compacto na região metropolitana de Goiânia. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. Revista Monografias Ambientais – REMOA, vol. 14, n. 1, pág. 2967-2973, 2014.
9. JÚNIOR, J. M. M. S.; PESSOA, F. C. L. Estação de tratamento de esgoto compacta para tratamento de efluentes de banheiros químicos: Um estudo de caso sobre eficiência do sistema, em uma obra executada em Bom Jesus das Selvas – MA. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, 2020.
10. OLIVEIRA, D. B. C.; SOARES, W. A.; HOLANDA, M. A. C. R. Effects of rainwater intrusion on an activated sludge sewer treatment system. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. vol. 15, n. 3, Taubaté, 2020.
11. PACHECO, R. M.; LAURENTI, A.; SANTOS, B. E. S.; MATTES, I.; MEIRELES, S. Diagnosis of Chemical and Special Waste Management in a Higher Education Institution: A Methodology for Data Acquisition and Processing. p. 205-217. In: FILHO, W. L. Towards Green Campus Operations. World Sustainability Series. Springer, 2018.
12. REISMANN, H.; VIEIRA, B.; RODRIGUES, T. M. Remoção de nitrogênio e fósforo em efluentes: principais técnicas existentes, características, oportunidades e desafios para o tratamento terciário de efluentes. Congresso ABES – FENASAN 2017, São Paulo, 2017. Anais Congresso ABES – FENASAN 2017.
13. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Ranking do Saneamento – Instituto Trata Brasil, São Paulo, março de 2021.