

## **Avaliação dos parâmetros físico-químicos de uma estação de tratamento de efluentes de um abatedouro frigorífico em São Luís – MA**

**Evaluation of physical-chemical parameters of an effluent treatment station from a refrigerated slaughterhouse in São Luís – MA**

**Evaluación de parámetros físico-químicos de una estación de tratamiento de efluentes de un matadero refrigerado en São Luís – MA**

Recebido: 22/06/2022 | Revisado: 29/06/2022 | Aceito: 08/07/2022 | Publicado: 16/07/2022

**Nigell Silva Bogéa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1377-9917>  
Universidade Federal do Pará, Brasil  
E-mail: [nigell.bogea@hotmail.com](mailto:nigell.bogea@hotmail.com)

**Risete Maria Queiroz Leão Braga**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4267-7426>  
Universidade Federal do Pará, Brasil  
E-mail: [risetebraga@ufpa.br](mailto:risetebraga@ufpa.br)

**Marcello Ádamis Andrade**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9801-1944>  
Universidade Federal do Pará, Brasil  
E-mail: [marcello.andrade@itec.ufpa.br](mailto:marcello.andrade@itec.ufpa.br)

### **Resumo**

Devido ao grande aumento de operações e produções, houve uma alta produção de resíduos em abatedouros e frigoríficos nos últimos anos, porém quando desordenado e não fiscalizado, o tratamento desses resíduos pode acarretar impactos nocivos ao meio ambiente. Dessa forma, o objetivo do estudo foi avaliar o efluente de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de um abatedouro frigorífico em São Luís – MA, quanto a sua composição físico-química e os parâmetros de atendimento da CETESB (2008), Portaria SEMA Nº 79/2013 do estado do Maranhão, Resolução CONAMA Nº 430/2011 e Resolução CONAMA Nº 357/2005. Observa-se que os valores do efluente do abatedouro em questão estão próximos aos estipulados pela CETESB, alguns sendo relativamente menores, tais como: óleos e graxas e sólidos suspensos. No entanto, foi possível verificar que a ETE possui oscilações de eficiência no que se refere à remoção de DBO5 para o lançamento do efluente. Quanto às demais análises, foi verificada ineficiência no tratamento de boa parte dos parâmetros, o que demonstra falha operacional da ETE, havendo a necessidade de adequação para atender às legislações normativas vigentes que regulam o lançamento de efluente tratado e qualidade dos corpos hídricos receptores.

**Palavras-chave:** Esgotamento sanitário; Efluente industrial; Frigorífico.

### **Abstract**

Due to the large increase in operations and production, there has been a high production of waste in slaughterhouses in recent years, but when disordered and unsupervised, the treatment of these wastes can have harmful impacts on the environment. In this way, the study makes an evaluation of an existing Effluent Treatment Station (ETE) of a slaughterhouse in São Luís - MA, analyzing its chemical composition and comparing them to the SEMA Ordinance Nº 79/2013 of the state of Maranhão, CONAMA Resolution Nº. 430/2011 and CONAMA Resolution Nº. 357/2005. It is observed that the values of the slaughterhouse in question are close to those stipulated by CETESB, some being relatively lower, such as: oils and greases and suspended solids. However, it was possible to verify that the ETE has efficiency oscillations regarding the removal of DBO5 for the release of the effluent. As for the other analyses, inefficiency was verified in the treatment of most of the parameters, which demonstrates the operational failure of the ETE, with the need to adapt to meet the current normative legislation that regulates the release of treated effluent and the quality of the receiving watercourse.

**Keywords:** Sanitary sewage; Industrial effluent; Slaughterhouse.

### **Resumen**

Debido al gran aumento de operaciones y producción, ha habido una alta producción de residuos en mataderos en los últimos años, pero cuando se desordenan y no se supervisan, el tratamiento de estos residuos puede tener impactos nocivos en el medio ambiente. De esta forma, el estudio hace una evaluación de una Estación de Tratamiento de Efluentes (ETE) existente de un matadero en São Luís - MA, analizando su composición química y comparándola con

la Ordenanza SEMA N° 79/2013 del estado de Maranhão, Resolución CONAMA N° 430/2011 y Resolución CONAMA N° 357/2005. Se observa que los valores del matadero en mención son cercanos a los estipulados por la CETESB, siendo algunos relativamente inferiores, como: aceites y grasas y sólidos en suspensión. Sin embargo, se pudo verificar que la ETE tiene oscilaciones de eficiencia en cuanto a la remoción de DBO5 para la liberación del efluente. En cuanto a los demás análisis, se verificó ineficiencia en el tratamiento de la mayoría de los parámetros, lo que demuestra la falla operativa de la ETE, con la necesidad de adecuarse para cumplir con la legislación normativa vigente que regula la descarga de efluentes tratados y la calidad de los mismos corrientes de agua receptores.

**Palabras clave:** Aguas residuales; Efluentes industriales; Mataderos.

## 1. Introdução

Devido ao grande avanço da população, as indústrias do setor frigorífico tiveram que aumentar suas operações e produções, tendo em vista a alta demanda comercial de mercadorias de origem animal, principalmente carne e derivados. Paralelamente ao desenvolvimento acelerado do setor cárneo houve uma maior produção de efluentes oriundos desses processos. Contudo, a alta produção de resíduos em abatedouros e frigoríficos, quando desordenada e não fiscalizada, pode acarretar impactos nocivos ao meio ambiente (Pierre & Araújo, 2017).

Barbosa et al. (2022) afirma que tais empreendimentos utilizam elevada quantidade de água devido aos padrões sanitários de higiene necessários nas atividades, dependendo de práticas operacionais de limpeza, tais como processos de higienização, lavagem dos animais e produtos, chegando a utilizar de 1000 a 3000 litros de água por animal em alguns casos de abate de bovinos.

Serafim et al. (2018) reiteram que nesses estabelecimentos os resíduos gerados são majoritariamente vísceras de animais abatidos, fragmentos cárneos, sangue, conteúdo intestinal, pelos, ossos, penas, gorduras e águas residuais, no entanto, muitos abatedouros frigoríficos utilizam padrões insustentáveis de produção e consumo, não atendendo as normas postas na legislação ambiental para o tratamento e disposição adequado de efluentes líquidos e sólidos, favorecendo a propagação de fatores de risco para a proteção da saúde pública, da qualidade ambiental e da economia regional.

Devido às suas características, o efluente líquido produzido em abatedouros apresenta elevadas cargas orgânicas e concentração de nutrientes, podendo afetar drasticamente a qualidade da água quando disposto sem o tratamento adequado em corpos d'água. O tratamento predominantemente utilizado, neste caso, é uma combinação muito usual, conhecido como sistema australiano, onde ocorrem processos químicos e biológicos, composto por lagoas de estabilização, anaeróbias e facultativas em série (Faustino & Silva, 2020).

Nesse sentido, Toledo, et al., (2021) afirmam que o Índice de Qualidade da Água (IQA) é o principal instrumento utilizado para avaliação da qualidade dos corpos hídricos, e seus parâmetros remetem, em sua maioria, à contaminação promovida pelo lançamento de esgotos domésticos e cargas orgânicas industriais, podendo ser eles oxigênio dissolvido (OD), coliformes fecais, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO5), temperatura, nitrogênio total ou nitrato, fósforo total ou fosfato, turbidez e resíduo total.

As legislações ambientais levam em conta esses parâmetros na hora de estabelecer padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água, dentre elas destacam-se as resoluções a nível nacional CONAMA N° 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (CONAMA, 2005) e CONAMA N° 430/11, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e complementa e altera a Resolução n° 357/05 (CONAMA, 2011).

Tanto as resoluções CONAMA quanto as estaduais mais restritivas preconizam que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências por elas estabelecidas para preservar a qualidade dos recursos hídricos de modo que os efluentes não confirmem ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias

progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento (Iopp & Mendes, 2020).

Nesse sentido, estudos vêm sendo realizados para verificar como são tratados os efluentes de atividades de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de abatedouros no Brasil, como o de Sá e Oliveira (2015) que desenvolveram um estudo na ETE de um abatedouro do município de Passos-MG, comparando os resultados dos parâmetros químicos, físicos e biológicos com os indicados na resolução CONAMA N° 430/11.

Outro estudo, publicado por Santos et al. (2014) realizou um diagnóstico dos desafios de adequação à questão ambiental em três frigoríficos na cidade de São Luís, no Maranhão no ano de 2012 e verificou os impactos ambientais do abate de bovinos na cidade, analisando os resíduos sólidos e líquidos no que se refere aos altos teores de matéria orgânica presentes, difícil biodegradabilidade e alto consumo de água.

Diante da problemática relacionada aos estabelecimentos de abate é pertinente analisar a adequação desses empreendimentos, haja vista o impacto negativo que podem causar caso seu tratamento de efluentes líquidos não esteja em conformidade com o exigido nas legislações federais e estaduais. Portanto, esse estudo apresenta uma investigação de uma ETE de um abatedouro localizado na cidade de São Luís, estado do Maranhão.

O trabalho consistiu em analisar a composição química do efluente bruto da ETE e comparar com os parâmetros propostos pela CETESB (2008); verificando os resultados das análises físico-químicos e bacteriológicas do efluente na entrada e saída do tratamento, e consequentemente evidenciar a eficiência da ETE do abatedouro comparando-os as Portaria SEMA N° 79/2013 do estado do Maranhão, Resolução CONAMA N° 430/2011 e Resolução CONAMA N° 357/2005.

## **2. Metodologia**

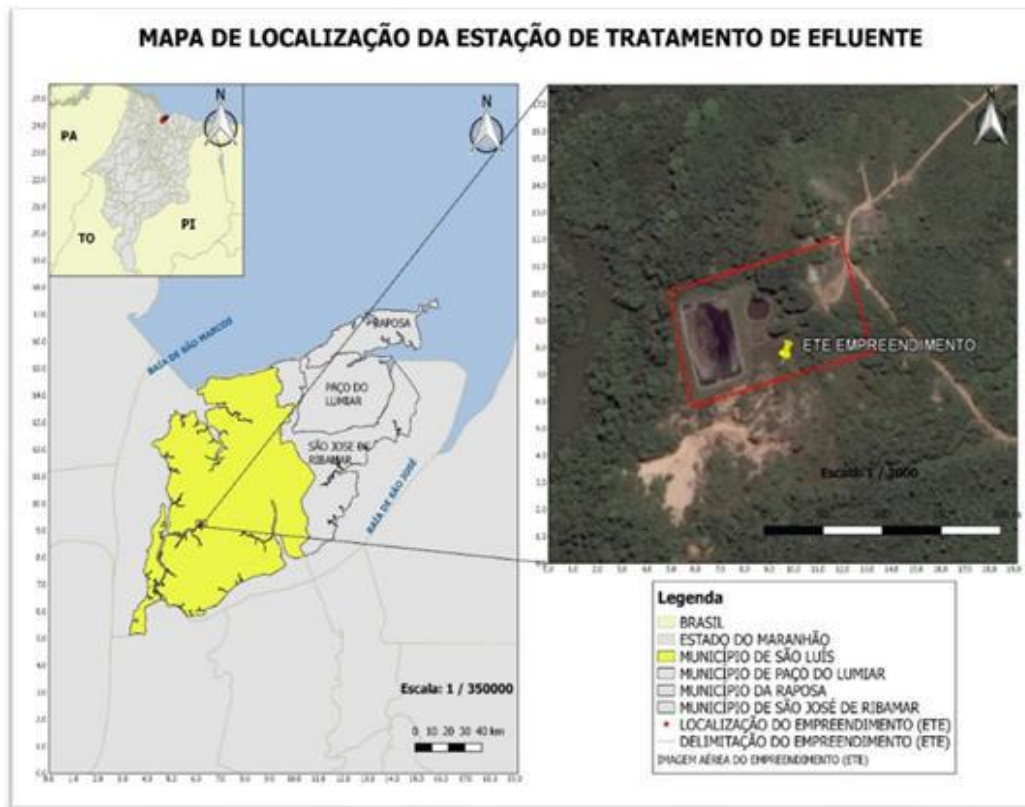
O suporte metodológico utilizado foi o de Severino (2018), onde a primeira etapa consistiu em uma pesquisa bibliográfica para a coleta de dados secundários a partir de fontes como Scielo, Web Of Science e Periódicos Capes, onde foi possível obter dados já trabalhados por outros pesquisadores e devidamente registrados e a segunda etapa tratou do levantamento de dados primários através de uma pesquisa experimental no local de estudo.

O estudo contempla a avaliação de uma ETE de um empreendimento de abate de bovinos, suínos e ovinos, localizado no município de São Luís, estado do Maranhão, em funcionamento há mais de 30 anos. O período de avaliação foi de janeiro de 2016 a setembro de 2017, com exceção do mês de dezembro de 2016, sendo coletadas amostras sempre na entrada e saída da ETE. As coletas de amostra na entrada foram realizadas logo depois do tratamento preliminar, no segundo compartimento do tanque séptico, seguindo em direção ao fluxo do efluente.

### **2.1 Aspectos Gerais do Abatedouro**

O empreendimento é uma empresa do ramo de abatedouro frigorífico, a planta de abate mecanizada tem capacidade média de 300, 50 e 30 unidades/dia de bovinos, suínos e carneiros, respectivamente; contudo, o empreendimento está operando com uma média de abates de 150, 25 e 15 unidades/dia. O empreendimento possui uma área total de terreno de 27.018 m<sup>2</sup>, sendo 4.961 m<sup>2</sup> de área construída. A ETE é próxima ao abatedouro, estando a 6,5 km de distância (Figura 1).

**Figura 1** – Mapa de localização do empreendimento (abatedouro).



Fonte: Autores (2022).

De acordo com dados fornecidos pelo empreendedor, com base no cotidiano da empresa, no empreendimento são utilizados cerca de 381.362,5 litros de água/dia, subdivididos em 375.000 litros para lavagem da carcaça bovina nos 6 (seis) dias de abate, 6.250 litros para lavagem da carcaça suína nos 4 (quatro) dias de abate e 112,5 litros para lavagem da carcaça ovina nos 2 (dois) dias de abate.

Na ETE do estudo, o método de tratamento adotado consiste em um tratamento preliminar composto por uma peneira estática rotativa, como tratamento primário um tanque séptico tri-compartimentado seguido de um filtro anaeróbio e por fim, como tratamento secundário uma lagoa facultativa (aeróbia), o que não segue o padrão usual de lagoas do sistema australiano.

## 2.2 Parâmetros para avaliação da eficiência da ETE

De acordo com a CETESB (2008) a carga poluidora em termos de Kg de DBO5/cabeça em um abatedouro sem industrialização da carne varia de acordo com o tipo de animal (Quadro 1). Sendo assim, é interessante definir as características típicas de carga poluidoras dos principais parâmetros de um abate misto.

**Quadro 1** – Concentrações médias de poluentes em efluentes de abatedouros (bovinos, suínos, misto).

<b>Parâmetro</b>	<b>Abate Suíno</b>	<b>Abate Bovino</b>	<b>Abate Misto</b>
DBO5 (mg/l)	1.250	2.000	-
DQO (mg/l)	2.500	4.000	1.000 – 3.000
Sólidos suspensos (mg/l)	700	1.600	400 – 800
Nitrogênio total (mg/l)	150	180	< 300
Fósforo total (mg/l)	25	27	< 10
Óleos e graxas (mg/l)	150	270	< 350
pH	7,2	7,2	7,0 – 8,5

Fonte: CETESB (2008).

Pode-se observar que a carga poluidora em abates mistos é relativamente menor, quando comparado ao abate bovino. Contudo, é válido frisar que o abatedouro em questão possui abates predominantemente bovinos. Importante ressaltar que para definição das características qualitativas do efluente bruto da empresa foi desconsiderada a contribuição do abate ovino, devido ao seu pequeno número de abate diário comparado aos abates suíno e bovino.

Os parâmetros analisados no efluente nos pontos de entrada e saída da ETE foram: DBO5, DQO, Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Total, pH, Óleos e Graxas Totais, Cor Real, Temperatura, Turbidez, Ferro Dissolvido, Sólidos e Cloretos.

Importa evidenciar que a ETE teve sua operação interrompida pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA) no dia 11 de setembro de 2017 e voltou a operar no dia 4 de outubro de 2017. Ressalta-se ainda, que foram instalados 6 (seis) aeradores flutuantes na lagoa aeróbia, desde abril de 2017, com o objetivo de aumentar a eficiência no tratamento do efluente.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Composição química do efluente bruto

Os resultados de análises dos parâmetros nas amostras coletadas do efluente bruto na entrada da ETE estão apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2** – Resultados de análises dos parâmetros físico, químico e biológico do efluente da ETE.

Ano	Mês	Parâmetros (mg/l)						pH
		DBO5	DQO	Fósforo Total	Nitrogênio Total	Óleos e Graxas	Sólidos Voláteis	
2016	Janeiro	950,4	1.590,00	15,2	389	14,26	-	6,92
	Fevereiro	617,5	1.280,00	22,5	296	4	-	6,93
	Março	2.583,40	3.100,00	55,7	13	32,05	-	7,28
	Abril	2.058,40	2.460,00	39,5	309,8	48,38	-	6,57
	Maio	1.307,90	2.100,00	49,1	426	25,38	-	6,88
	Junho	689,6	307	26,4	282	33,57	-	6,8
	Julho	1.822,20	1.822,20	32,8	269	67,93	-	7,2
	Agosto	7.614,90	6.160,00	72,5	712	30,88	-	6,66
	Setembro	2.298,70	4.040,00	8,1	640	155,85	-	7,11
	Outubro	1.284,25	4.020,00	59,6	513	24,38	-	6,75
	Novembro	1.050,00	1.713,00	8,52	0,46	-	-	-
	Dezembro	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Média</b>	<b>2.025,205</b>						
2017	Janeiro	1.429,71	1.053,19	14,63	0,65	-	96	-
	Fevereiro	1.309,80	1.600,00	13,2	0,3	-	50	-
	Março	1.200,00	2.427,86	1,29	0	-	160	-
	Abril	1.308,80	2.328,80	0,16	12,82	-	93	-
	Maio	1.409,48	3.482,30	1,79	0	-	165	-
	Junho	660,88	6.759,50*	1,02	30,5	-	238	-
	Julho	1.500,00	27.335,40*	5,71	10	-	80	-
	Agosto	9.000,00	37.215,00*	< 0,10	0	-	175	-
Setembro	3.850,00	6.899,10	109	6,4	-	235	-	
	<b>Média</b>	<b>1.533,17</b>						
	<b>Média 2016/2017</b>	<b>1.935,59</b>	<b>2.728,44</b>	<b>26,84</b>	<b>195,55</b>	<b>43,67</b>	<b>160,2</b>	<b>6,91</b>

\* Os valores de DQO dos meses de junho, julho e agosto de 2017 não foram considerados para o cálculo do valor médio pois apresentaram um alto desvio. Fonte: Autores (2022).

Com os dados dos valores médios de cada parâmetro foi possível comparar com os parâmetros propostos pela CETESB (2008), em relação ao efluente bruto de abates suíno, bovino e misto (Quadro 3).

**Quadro 3** – Comparação das características de efluente bruto do estudo com os dados da CETESB (2008).

<b>Parâmetro</b>	<b>Abate Suíno</b>	<b>Abate Bovino</b>	<b>Abate Misto</b>	<b>Abate (estudo)</b>
DBO5 (mg/l)	1.250	2.000	-	2.276,00
DQO (mg/l)	2.500	4.000	1.000 – 3.000	2.728,44
Sólidos suspensos (mg/l)	700	1.600	400 – 800	160,20
Nitrogênio total (mg/l)	150	180	< 300	195,55
Fósforo total (mg/l)	25	27	< 10	26,84
Óleos e graxas (mg/l)	150	270	< 350	43,67
pH	7,2	7,2	7,0 – 8,5	6,91

Fonte: Autores (2022).

Observa-se que os valores do abatedouro em questão estão próximos aos estipulados pela CETESB, alguns sendo relativamente menores, tais como: óleos e graxas e sólidos suspensos. Por outro lado, percebe-se que o valor de DBO5 é maior que o informado pelo Órgão.

A quantificação deste parâmetro é de grande importância para expressar o grau de poluição em um corpo hídrico, quando os valores de DBO estão acima dos padrões determinados para uma classe de águas, indicam a existência de lançamentos essencialmente orgânicos (Paula et al, 2020). Para efluentes de frigoríficos, devido ao alto teor de gorduras e proteínas, os tratamentos anaeróbios são amplamente indicados, devido às suas altas concentrações orgânicas (Palatsi et al., 2011).

No entanto, há casos onde nem o tratamento anaeróbio ou aeróbio realiza a total remoção da matéria orgânica do efluente, que podem compostos por materiais tóxicos ou resistentes ao tratamento biológico (Bustillo-Lecompte & Mehrvar, 2015), sendo necessário a combinação com métodos avançados para o atendimento aos padrões e limites de descarga previstos na legislação.

### 3.2 Eficiência do tratamento de efluentes do abatedouro

Foi possível verificar que a ETE possui oscilações de eficiência no que se refere à remoção de DBO5 para o lançamento do efluente, de acordo com o preconizado pela Portaria SEMA nº 79/2013 e a Resolução CONAMA nº 430/2011, respectivamente (Quadro 4).



**Quadro 4** – Resultados de eficiência da ETE em função da DBO5.

Ano	Mês	Parâmetro	Parâmetro	Eficiência	Portaria SEMA	CONAMA
		(mg/l)	(mg/l)	(%)	79/2013	430/2011
		DBO5	DBO5	$\eta$	$\eta = 90\%$	120 (mg/l)
		(Entrada)	(Saída)			
2016	Janeiro	950,40	87,60	90,78%	Atende	Atende
	Fevereiro	617,50	41,65	93,26%	Atende	Atende
	Março	2.583,40	69,70	97,30%	Atende	Atende
	Abril	2.058,40	124,50	93,95%	Atende	Não atende
	Maio	1.307,90	148,70	88,63%	Não atende	Não atende
	Junho	689,6	27,90	95,95%	Atende	Atende
	Julho	1.822,20	41,10	97,74%	Atende	Atende
	Agosto	7.614,90	34,45	99,55%	Atende	Atende
	Setembro	2.298,70	88,90	96,13%	Atende	Atende
	Outubro	1.284,25	196,89	84,67%	Não atende	Não atende
	Novembro	1.050,00	233,51	77,76%	Não atende	Não atende
	Dezembro	-	-	-	-	-
2017	Janeiro	1.429,71	368,24	74,24%	Não atende	Não atende
	Fevereiro	1.309,80	384,14	70,67%	Não atende	Não atende
	Março	1.200,00	480,00	60,00%	Não atende	Não atende
	Abril	1.308,80	170,64	86,96%	Não atende	Não atende
	Maio	1.409,48	77,96	94,47%	Não atende	Atende
	Junho	660,88	81,72	87,63%	Não atende	Atende
	Julho	1.500,00	60,00	96,00%	Atende	Atende
	Agosto	9.000,00	60,00	99,33%	Atende	Atende
	Setembro	3.850,00	126,50	96,71%	Atende	Não atende

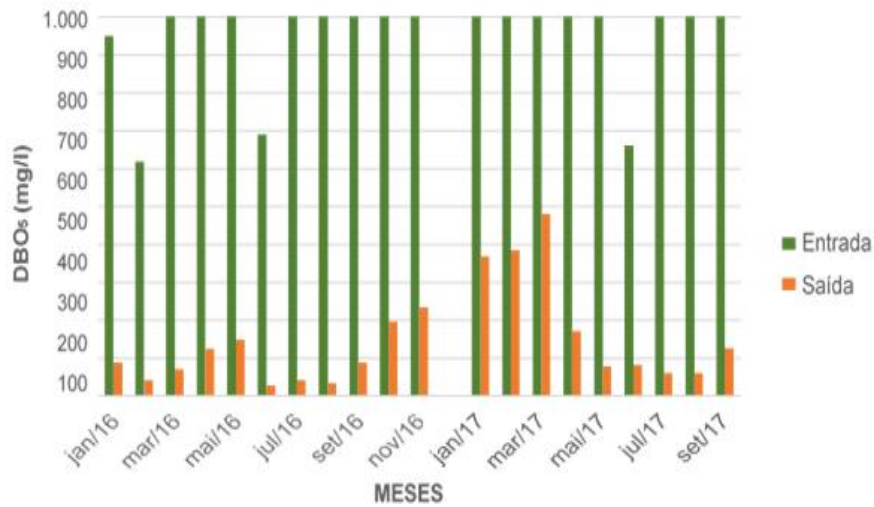
Fonte: Autores (2022).

Nota-se que nos meses de maio, outubro e novembro de 2016 e os meses de janeiro a junho e novembro de 2017 apresentaram eficiência abaixo de 90%. Constatou-se que, ao implantar os aeradores na lagoa houve aumento de eficiência nos meses seguintes. Quanto ao lançamento direto do efluente, alguns meses apresentaram valores acima de 120 mg/l.

Ao avaliar o parâmetro DBO5 (mg/l) na entrada e saída da ETE verifica-se que o mês de março de 2017 foi o mais ineficiente na remoção de DBO desde o início das análises em janeiro de 2016 (Figura 2). Além disso, o Gráfico também demonstra a eficiência da ETE no tratamento para o atendimento da resolução CONAMA 430/2011.



**Figura 2** – Resultados de entrada e saída da ETE do parâmetro DBO5.



Fonte: Autores (2022).

É possível observar que, mesmo que a eficiência de remoção de DBO5 na maioria das vezes tenha sido superior a 90%, o valor de DBO5 no ponto de lançamento foi superior ao limite permitido pela Resolução CONAMA 430/2011. Também é possível observar que em alguns meses do ano de 2016, encontrou-se um efluente no ponto de lançamento mais diluído, enquanto, na mesma época no ano de 2017, os resultados das análises mostraram que o valor de DBO5 ultrapassou o limite de normativa.

Santos et al. (2014) avaliou os resultados físico-químicos de amostras de efluentes líquidos de ETE's de três frigoríficos que abatem bovinos na cidade de São Luís-Maranhão com base ao atendimento à Resolução CONAMA nº 430/2011, e verificaram que os empreendimentos também apresentaram desconformidade com a referida resolução com relação ao DBO5, mostrando que o fato pode ser recorrente na região.

Ao se comparar com outros estudos, como o de Rodrigues et al (2016) que analisou o tratamento de efluentes de abatedouro de frangos e obteve resultados de até 99% de remoção de DBO, é possível constatar que a ETE em questão possui uma menor eficiência do que esperado no tratamento.

Os resultados das análises dos demais parâmetros físico-químicos da ETE investigados no presente trabalho estão apresentados no Quadro 5, para os anos de 2016 e 2017.

**Quadro 5** – resultado das análises físico-químicas.

Ano	Mês	PARÂMETROS																								
		OD (mg/l)		DQO (mg/l)		P <sub>TOT</sub> (mg/l)		N Amoniacal (mg/l)		N <sub>TOT</sub> (mg/l)		Fe Diss. (mg/l)		Cloreto (mg/l)		Óleos e Graxas totais (mg/l)			pH		Temperatura (°C)		Cor Real (mg/l Pt-Co)		Turbidez (NTU)	
		E*	S**	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E
2016	Jan	0,63	0,46	1.590,00	70	15,2	0,7	-	-	389	32			15,99	6,99	14,26	5,23	6,92	7,09	25,30	25,70	372,34	74,40	112,40	20,25	
	Fev	0,48	2,96	1.280,00	110	22,5	3,5	-	-	296	35			6,00	16,00	4,00	2,98	6,93	6,99	21,70	21,30	478,50	162,00	132,00	37,28	
	Mar	0	0,5	3.100,00	130	55,7	12,2	-	-	13	5			25,80	21,83	32,05	11,53	7,28	7,58	23,90	24,00	565,80	315,00	175,00	76,00	
	Abr	0,18	0,32	2.460,00	40	39,5	8	-	-	309,8	32,5			54,59	19,85	48,38	3,48	6,57	6,79	22,50	22,00	943,00	307,60	136,00	66,00	
	Mai	0	2,68	2.100,00	350	49,1	7,7	-	-	426	83			57,98	23,99	25,38	17,61	6,88	7,02	25,80	25,70	618,00	252,30	330,00	47,50	
	Jun	0	1,79	307	20	26,4	7	-	-	282	78			45,98	20,00	33,57	8,06	6,80	6,95	26,00	25,10	1064,5	237,20	210,00	49,84	
	Jul	0	4,2	1.822,20	76	32,8	4	-	-	269	40			43,98	11,99	67,93	4,28	7,20	7,32	24,40	24,30	582,00	70,00	147,00	23,34	
	Ago	0	8,83	6.160,00	61	72,5	2,6	-	-	712	27			29,78	7,94	30,88	4,91	6,66	6,63	27,10	27,30	1.000,00	62,00	324,00	8,86	
	Set	0	3,85	4.040,00	110	8,1	8,6	-	-	640	76			19,85	22,83	155,85	0,00	7,11	7,02	26,30	25,20	1.222,00	327,00	305,00	68,00	
	Out	0	0	4.020,00	1.230,00	59,6	20,7	-	-	513	306			29,78	54,59	24,38	40,60	6,75	7,96	26,1	27,20	641,00	1.587,00	215,5	350,00	
	Nov	-	-	1.713,00	542,14	8,52	3,61	-	-	0,46	0,7						19,00	-	-	-	-					
	Dez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-															
2017	Jan	-	4,3	1.053,19	330,3	14,63	1,86	0,75	2,65	0,65	0	2,22				0,00	-	6,71	-	28,40						
	Fev	-	0	1.600,00	451,1	13,2	12,7	0	0	0,3	0,12	0,29				42,00	-	8,20	-	26,90						
	Mar	-	4,2	2.427,86	809,5	1,29	1,66	66,1	2,9	0	0	5,4				21,80	-	7,43	-	30,10						
	Abril	-	0	2.328,80	572,1	0,16	0,63	498	2	12,82	7,09	0				0,00	-	6,89	-	30,80						
	Mai	-	0	3.482,30	264,88	1,79	0,32	0,53	0,53	0	0	0				10,00	-	7,05	-	30,00						
	Jun	-	0	6.759,50	519,37	1,02	0	102,5	12,33	30,5	1,3	0,18				11,00	-	6,77	-	31,50						
	Jul	-	0	27.335,40	1.170,50	5,71	0,21	73	2	10	0	0				47,60	-	6,33	-	30,20						
	Ago	-	0	37.215,00	776,9	0	0,23	245	56,5	0	7,35	12,6				25,80	-	7,93	-	29,90						
	Set	-	0	6.899,10	154,84	109	0,57	1,72	1,71	6,4	0,96	0,18				0,00	-	7,07	-	29,20						

\* Entrada \*\* Saída. Fonte: Autores (2022).

Com relação ao parâmetro OD, é possível observar que os resultados das análises realizadas em 2016 e 2017 demonstram que, com exceção do mês de agosto 2017, os valores estiveram sempre inferiores ao limite definido pela resolução CONAMA 357/2005, ou seja,  $\geq 5$  mg/l, demonstrando a total ineficiência do sistema de tratamento aeróbio.

Em se tratando do parâmetro DQO, não há legislação no Brasil que faça referência ao valor limite para o parâmetro. No entanto, é possível fazer referência à normativa italiana Dlgs 152/2006 (Italia, 2006), que apresenta um limite 160 mg/l de DQO. Assim, foi possível observar que a DQO em alguns meses (julho e agosto de 2017) apresentaram valores em entradas muitos superiores aos valores característicos de um efluente de abate misto, valores característicos de efluentes industriais. Os maiores valores de DQO no ponto de lançamento foram observados nos meses de outubro e novembro de 2016 e março, julho e agosto de 2017. Nos meses de outubro e novembro de 2016 também se observa que os maiores valores de DQO são na saída, enquanto em 2017 os valores maiores de DQO na saída foram janeiro, fevereiro e março.

Em relação ao fósforo, os resultados das análises mostram total ineficiência do processo na remoção do Ptot, pois todos os valores ficaram abaixo do especificado pela Resolução CONAMA 357/2005, que é de 0,124 mg/l. Quanto ao parâmetro Nitrogênio Amoniacal os resultados mostraram total ineficiência do processo de remoção em relação às exigências da CONAMA 357/2005. Contudo, quando avaliado em relação aos limites da CONAMA 430/2011, somente no mês de agosto de 2017 não atendeu o recomendado.

No que se refere ao parâmetro NTOT, a legislação não traz nenhum valor limite para o mesmo, entretanto é possível mais uma vez fazer uma referência à normativa italiana Dlgs 152/2006 (Italia, 2006), que traz como limite 15 mg/l. Com menção à tal legislação, foi possível observar que em 2016 os valores foram muito maiores em entrada e saída, se comparados aos de 2017.

Com relação ao parâmetro Ferro Dissolvido, foram coletadas amostras somente no ponto de lançamento do efluente tratado e para os meses de janeiro a setembro de 2017. É possível observar que, com exceção dos meses de janeiro, março e agosto, o limite da Resolução CONAMA 357/2005 foi atendido. Também se nota um valor muito elevado para o mês de agosto, o que poderia explicar o resultado tão alto de DQO para o referido mês, pois segundo De Feo, et al., (2012), o parâmetro DQO é diretamente proporcional à concentração de metais presentes no efluente.

Quanto aos valores de Cloretos, é possível identificar que estão muito acima do exigido pela CONAMA 357/2005, ou seja, isso demonstra que o sistema é totalmente ineficiente para remoção desse parâmetro, haja vista que em nenhum dos meses nos quais foram realizadas as análises, o parâmetro atingiu o limite estabelecido pela legislação vigente.

Em se tratando do parâmetro óleos e graxas totais, pode-se perceber que, se consideramos o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011, ele ficou sempre abaixo do limite no ponto de lançamento. Entretanto, a Resolução CONAMA 357/2005 exige ausência do parâmetro nas águas, portanto, se considerarmos tal resolução, o limite foi respeitado somente três vezes ao longo dos anos 2016 e 2017. A presença de substância óleos e graxas totais no efluente tratado podem ser explicadas pela total ausência de um sistema de remoção de óleos e graxas no sistema de tratamento preliminar.

Sobre o pH é possível observar que o parâmetro sempre atendeu aos limites estabelecidos pela legislação vigente. Fatores como pH fora do parâmetro inviabilizando um possível tratamento biológico, pois os valores de pH afetam a solubilidade e as reações de outras substâncias químicas importantes, incluindo espécies orgânicas e inorgânicas (Costa et al, 2022). No entanto, não foi o caso do processo em questão, haja vista que os valores, segundo as análises, sempre se mantiveram no intervalo adequado. No que se refere à Temperatura, pode-se observar que os valores obtidos através das análises do efluente sempre indicaram o parâmetro obedecendo à legislação vigente desde o ano de 2011.

Com relação do parâmetro Cor Real, após observação nos laudos das análises, foi possível detectar que a ETE não atendeu à CONAMA 357/2005 em todos os meses nos quais foram realizadas as coletas. Por fim, em se tratando do parâmetro Turbidez, é possível observar que em todos os meses de realização das coletas, os resultados das análises mostraram que não

houve atendimento à legislação vigente em nenhum dos meses.

Ao se comparar os resultados obtidos na ETE analisada com outros trabalhos técnicos, como o desenvolvido por Sá e Oliveira (2015) na ETE em um abatedouro do município de Passos-MG, onde o tratamento usado se trata de uma combinação do sistema australiano com sistema de lodo ativado, os resultados obtidos mostraram que o tratamento foi eficiente, atendendo a resolução CONAMA 430/11, podendo ser lançado em corpos hídrico, portanto, pode-se observar que há formas de melhorar a eficiência do tratamento da ETE no município de São Luís.

Nesse sentido, pode-se observar que embora possam ser utilizadas diversas configurações de tratamentos físicos, químicos e biológicos para efluentes de frigoríficos, cada processo apresenta vantagens e desvantagens, dependendo das características do efluente e da tecnologia disponível (Bustillo-Lecompte & Mehrvar, 2017), deve-se respeitar sempre os padrões de lançamento exigidos pela legislação vigente, fato que na ETE do estudo em questão não foi obtido êxito em todos os parâmetros.

#### 4. Conclusão

O presente estudo avaliou a eficiência de tratamento da ETE de um abatedouro localizado no município de São Luís, Maranhão. Foi verificada uma ineficiência operacional da ETE, o que demonstra a necessidade de uma adequação para atender às legislações normativas vigentes que regulam o lançamento de efluente tratado e qualidade dos corpos hídricos receptores, conforme as resoluções CONAMA nº 430/2011, nº 357/2005, bem como a Portaria Estadual SEMA nº 79/2013.

É válido frisar que apesar de todas as inconformidades apresentadas, a ETE demonstrou eficiência no tratamento, em alguns meses, no que se refere a remoção de alguns parâmetros, tais como DBO<sub>5</sub>, tendo atingido eficiência superior ao exigido pela Portaria Estadual SEMA nº 79/2013, que estipula a eficiência de 90% de remoção. Além disso, no ponto de lançamento do efluente a eficiência avaliada foi superior ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 430/2011, que foi da ordem de 60%.

Portanto, conclui-se que a ETE em questão ao apresentar um método de tratamento diferente do usual, é deficitária no tratamento de alguns parâmetros, necessitando de melhorias operacionais para atender plenamente o que se espera de um tratamento eficaz de efluente. Tendo em vista que essa é uma realidade demonstrada em outros estudos de empreendimentos na mesma região, há a necessidade de uma atenção especial ao licenciamento ambiental dos sistemas de tratamento, que quando ineficientes podem acarretar impactos nocivos ao meio ambiente.

Nesse sentido, é importante que novos estudos sejam realizados em outros abatedouros, demonstrando o impacto que os empreendimentos na região podem estar causando aos corpos hídricos, para assim viabilizar, quando necessário, as melhorias operacionais dos sistemas de tratamento de efluentes a fim de assegurar a proteção da saúde pública, da qualidade ambiental e da economia regional.

#### Referências

- Bustillo-Lecompte, C. F., & Mehrvar, M. (2015). Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. *Journal of environmental management*, 161, 287-302.
- Bustillo-Lecompte, C. F., & Mehrvar, M. (2017). Treatment of actual slaughterhouse wastewater by combined anaerobic-aerobic processes for biogas generation and removal of organics and nutrients: An optimization study towards a cleaner production in the meat processing industry. *Journal of cleaner production*, 141, 278-289.
- Barboza, A. S., Damasceno Neto, M. S., Silva, W. C. da, & Auriema, B. E. (2021). Quality of water supply for a slaughterhouse in the municipality of Castanhal, Pará. *Research, Society and Development*, 10(2), e47510212729. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12729>
- CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2008). *Guia técnico ambiental de abate* (bovino e suíno) - Série P + L. São Paulo: CETESB.

- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005). Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2011). Resolução no 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>
- Costa, E. M. F. (2022). Tratamento físico, químico e biológico de lixiviado de aterro sanitário e vinhaça de cana-de-açúcar. *Concilium*, 22(1), 55-69.
- Feo, G. D., Gisi, S. D., & Galasso, M. (2012). Chemically assisted primary sedimentation: A green chemistry option. In *Green Technologies for Wastewater Treatment* (pp. 1-18). Springer, Dordrecht.
- Faustino, A. M. C., & Silva, R. F. (2020). Impactos ambientais e eficiência do sistema de tratamento de efluentes líquidos do abatedouro regional de Paudalho-PE. *Sustentare*, 4(1), 24-36.
- Italia. (2004). Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale. Il presente decreto legislativo disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308.
- Iopp, P. L., & Mendes, A. T. (2020). Análise de sistemas de tratamento de efluentes de abatedouros bovinos por lagoas de estabilização e por reator UASB seguido de lagoa de polimento. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica*, 13(2), 640-654.
- Palatsi, J., Viñas, M., Guivernau, M., Fernandez, B., & Flotats, X. J. B. T. (2011). Anaerobic digestion of slaughterhouse waste: main process limitations and microbial community interactions. *Bioresource Technology*, 102(3), 2219-2227.
- Paula, C. A., de Oliveira Cotta, J. A., Brandão, J. D. F. C., & do Couto Matozo, H. (2020). Diagnóstico da qualidade das águas do córrego Jacuí, João Monlevade, MG. *Pensar Acadêmico*, 19(1), 59-77.
- Pierre, F. C., & Araujo, S. M. F. (2017). Tratamento de resíduos em frigorífico de bovino corte. *Tekhne e Logos*, 8(4), 81-93.
- Rodrigues, L. S., Lopes, B. C., Lima, C. A., Ribeiro, M. C., Santos, R. P., & Silva, I. J. (2016). Tratamento de efluentes de abatedouro de frangos por meio de reator UASB seguido de filtro anaeróbio. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68, 97-103.
- Sá, O. R., & da Silva Oliveira, C. (2015). Avaliação da eficiência do tratamento de efluentes em um abatedouro do município de Passos, MG, Brasil. *Ciência et Praxis*, 8(16), 13-20.
- Santos, J. J. N. D., Sousa, I. C. D. S., Bezerra, D. C., Coimbra, V. C. D. S., & Chaves, N. P. (2014). Desafios de adequação à questão ambiental em frigoríficos na cidade de São Luís, Maranhão: diagnóstico de situação. *Arquivos do Instituto Biológico*, 81, 315-321.
- SEMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (2013). Portaria Nº 079, de 04 de julho de 2013. Dispõe sobre percentual mínimo aceitável para a eficiência de tratamento para efluente tratado em Estação de Tratamento de Efluente a ser lançado em manancial ou outra forma de disposição final.
- Serafim, E. R. C. N., de Fatima Silva, M., Nunes, E. A. C., Nunes, E. T. C., de Oliveira, S. S., & Brandespim, D. F. (2018). Tratamento de resíduos em abatedouros frigoríficos de bovinos em Pernambuco. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, 12(2), 159-164.
- Severino, A. J. (2018). *Metodologia do trabalho científico*. Cortez editora.
- Toledo, L. M., Wall, F. C. M., & de Sá Salomão, A. L. (2021). Panorama do Sistema Lagunar de Maricá-RJ: Indicadores de Saneamento vs. Qualidade de Água. *Revista Internacional de Ciências*, 11(1), 6-24.