



ESTUDO PRELIMINAR DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS E ABATEDOUROS DO ESTADO DE MINAS GERAIS.

Miriel Bonadiman Zanol⁽¹⁾

Licenciado em Química - Centro Universitário São Camilo (CUSC)

Mestrando em Biotecnologia – Universidade Federal de Alfenas (Unifal)

André Aguiar⁽²⁾

Engenheiro Químico - Universidade de São Paulo (USP/EEL)

Doutor em Biotecnologia Industrial - Universidade de São Paulo (USP/EEL)

Professor Associado III - Universidade Federal de Itajubá (Unifei)

Professor do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia - Universidade Federal de Alfenas (Unifal)

Endereço⁽²⁾: Av. BPS, 1303 - Pinheirinho - Itajubá - MG - CEP: 37500-903 - Brasil - Tel: +55 (35) 3629-1803
- e-mail: aguiar@unifei.edu.br

RESUMO

O mercado de carnes tem impulsionado bastante a economia brasileira. Com o crescimento desse setor industrial a produção de seus resíduos tem aumentado consideravelmente. Os efluentes gerados a partir de abatedouros e frigoríficos são caracterizados por uma elevada concentração de matéria orgânica (DQO, DBO₅) e sólidos suspensos, tornando-os impróprios para o descarte em corpos hídricos sem o prévio tratamento. O presente trabalho consiste de um levantamento bibliográfico sobre os parâmetros físico-químicos reportados de efluentes desse setor gerados pelo 5º estado maior exportador de carnes, Minas Gerais. Todos os parâmetros e seus valores encontrados foram comparados com as legislações estadual e federal, indicando a necessidade de tratamento para o descarte. Verificou-se que esses efluentes apresentam alta concentração de óleos e graxas e razão DBO₅/DQO acima de 0,4, sendo convencionalmente tratados por processos físicos de remoção de material graxo e biológicos para oxidação de matéria orgânica biodegradável. Uma forte correlação linear entre DQO e DBO₅ foi estabelecida para as amostras, com um valor de R² acima de 0,8, sugerindo ser possível estimar a DBO₅ em função da análise de DQO, uma vez que a análise do primeiro parâmetro demora cinco dias e o do segundo em menos de três horas.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente de frigorífico, efluente de abatedouro, tratamento de efluentes.

INTRODUÇÃO

O balanço anual de 2021 da indústria brasileira de alimentos e bebidas indicou o país como o 2º maior produtor e 1º maior exportador de carne bovina e de aves do mundo (ABIA, 2021). O mercado de frigoríficos e abatedouros de Minas Gerais se destaca no cenário nacional, pois é o 5º maior produtor de carne exportada do Brasil com 177.704 toneladas (ABIEC, 2021). Atualmente, Minas Gerais é o 6º estado responsável pelo abate de frangos, 3º em abate de suínos (ABPA, 2022) e 4º na produção de bovinos (IBGE, 2020).

Os abatedouros e frigoríficos inserem-se entre as maiores fontes poluidoras conhecidas, de modo que quando uma indústria se desenvolve, sua emissão de efluentes aumenta e os impactos ambientais negativos causados por ela também (GONZÁLEZ-GARCÍA *et al.*, 2014). O tratamento de águas residuárias provenientes de abatedouros e frigoríficos têm emergido como uma grande preocupação das indústrias desse setor para que as mesmas atendam às agências ambientais reguladoras, as quais estabelecem parâmetros de descarte de efluentes com o intuito de proteger a qualidade do corpo hídrico receptor (MORAIS e SANTOS, 2019). Geralmente, os tratamentos de efluentes de abatedouros e frigoríficos podem ser divididos em preliminares: grades, peneiramento, caixa de gordura; primários: flotação; e secundários: processos biológicos aeróbios e/ou anaeróbios (VIVAN *et al.*, 2010).

Efluentes de abatedouros e frigoríficos possuem grande quantidade de sangue, gorduras, excrementos, fragmentos de tecido, dentre outros, consistindo de uma grande concentração de matéria orgânica que pode ser



mensurada por meio das demandas química (DQO) e bioquímica de oxigênio (DBO), além de alta concentração de sólidos em suspensão, óleos e graxas (O&G), nitrogênio e fósforo (N e P) (BUSTILLO-LECOMPTE *et al.*, 2013). Detergentes e desinfetantes são usados na higienização de tanques, tubulações e também são constituintes do efluente gerado. Todos esses parâmetros devem ser monitorados, pois quando lançado o efluente no curso hídrico em grande quantidade, ele pode causar desequilíbrio ao favorecer a proliferação de biomassa bacteriana devido à alta concentração de matéria orgânica (diminuindo o O₂ dissolvido e conseqüentemente causando a mortandade de peixes e outros organismos aquáticos), além do processo de eutrofização causado por nutrientes (N e P) (THEBALDI *et al.*, 2011).

Definida pela quantidade de oxigênio usada pelos microrganismos para decompor a matéria orgânica em 5 dias, a DBO₅ é um forte indicador da concentração de matéria orgânica biodegradável, enquanto a DQO consiste da quantidade de oxigênio usado para oxidar compostos orgânicos biodegradáveis e não-biodegradáveis (VON SPERLING, 2014). A verificação desses parâmetros e dos demais são imprescindíveis para o bom funcionamento de uma estação de tratamento de efluente (ETE) (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015).

No que se refere à finalidade deste trabalho, foi realizado um levantamento de dados publicados recentemente na literatura a respeito da caracterização de efluentes brutos de frigoríficos e abatedouros do estado de Minas Gerais. Foram também pesquisados os tipos de tratamento empregados pelas indústrias do Estado. Os dados levantados para os efluentes serão avaliados conforme os padrões de descarte estabelecidos por legislações vigentes federal (CONAMA) e estadual (COPAM/CERH) para seu lançamento em corpos hídricos. Além disso, tentativas de correlação linear entre os mais comuns parâmetros de caracterização, DQO e DBO₅, serão avaliadas como forma de facilitar a caracterização dessas águas residuárias por meio da análise de DQO.

OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento de características físico-químicas de efluentes brutos de frigoríficos e abatedouros do estado de Minas Gerais, para possibilitar uma discussão sobre os valores reportados frente às legislações ambientais vigentes e o modelo de tratamento convencional adotado. Também pretendeu-se estabelecer uma correlação linear entre DQO e DBO₅ com intuito de facilitar a caracterização de efluentes por meio de dados de DQO, o qual é mais rápido e prático de ser obtido ao invés da DBO₅.

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um levantamento bibliográfico sobre dados de caracterização baseados nos parâmetros físico-químicos mais comumente avaliados na literatura (últimos 10 anos) e análise de seus valores frente às legislações vigentes (estadual e federal). A pesquisa sobre efluentes de frigoríficos e abatedouros de Minas Gerais consiste de trabalhos completos apresentados em congressos, artigos científicos, teses e dissertações disponíveis nas plataformas *Scopus*, *Scielo*, *PubMed*, *Google Acadêmico* e *Web of Science*. Por meio do *Microsoft Excel* 2016 os dados serão avaliados para verificar se há correlação linear entre os dados de DBO₅ e DQO, além de permitir calcular a razão DBO₅/DQO, o qual é conhecido como índice de biodegradabilidade.

RESULTADOS

Dados da Tabela 1 apresentam os valores reportados na literatura recente sobre os parâmetros avaliados a partir de efluentes brutos de frigoríficos e abatedouros localizados em Minas Gerais.

O parâmetro Nitrogênio Amoniacal (N-NH₃) foi reportado apenas por uma das fontes. O parâmetro sólidos sedimentáveis (SSed) foi o segundo menos relatado, não tendo dados do abate de pescado e sendo reportado em efluentes de abatedouros de bovinos e suínos com valores elevados. Para os sólidos suspensos totais (SST) foram encontrados dados para todos os tipos de abatedouros (de aves, pescado, bovino e suíno), mas com destaque para efluentes do abate de suínos, os quais apresentaram os valores mais altos de SST.

O teor de O&G foi reportado em quase metade dos estudos e aqueles que reportaram esse parâmetro verificaram que efluentes do abate de bovinos e de suínos apresentaram valores acima do abate de aves. Os parâmetros DBO₅ e DQO foram quantificados em todos os estudos, sendo que os maiores valores para ambos foram encontrados nos efluentes de abatedouros de bovinos e também de suínos. Para o pH, os valores geralmente se enquadraram nos limites legislados.

**Tabela 1: Dados de parâmetros físico-químicos de efluentes brutos de frigoríficos e abatedouros de Minas Gerais.**

Especificação/ Localização	DBO ₅ (mg O ₂ .L ⁻¹)	DQO (mg O ₂ .L ⁻¹)	pH	O&G (mg.L ⁻¹)	SSed (mL.L ⁻¹)	SST (mg.L ⁻¹)	N-NH ₃ (mg.L ⁻¹)	Referência
Não informada	151	358	-	8,62	0,26	53	-	Dutra <i>et al.</i> (2013)
	320	587	-	9,96	0,58	143	-	
	884	1526	-	9,17	0,46	397	-	
Abatedouro de Bovinos e Suínos (Betim)	2618	4674	-	353	-	2003	-	Januario (2012)
Abatedouro de Bovino (Governador Valadares)	2933	5407	-	204	-	2306	-	
Abatedouro de Bovinos (não informado)	2426	5184,97	-	272	-	2234	-	
Abatedouro de Aves (Sete Lagoas)	1490	2924	-	61,55	-	779	28	Lima (2014)
	935	1431	6,75	-	-	597	-	
Abatedouro de Bovinos (Passos)	1596	1650	6,86	-	190	-	-	Oliveira e Sá (2015)
	1455	1650	6,65	-	250	-	-	
Abatedouro de Suínos (Lavras)	2360	5813	8,1	2403				Oliveira <i>et al.</i> (2017)*
	5806	14747	-	-	-	3585	-	Oliveira <i>et al.</i> (2020)*
	7269	15901	-	-	-	5075	-	
	8130	14532	-	-	-	1978	-	
	8451	15965	-	-	-	1349	-	
Abatedouro de Bovinos e Suínos (Campo Belo)	2285	7162	7,1	285	45	1600	-	Pereira <i>et al.</i> (2015)
Abatedouro de Aves (Sete Lagoas)	943	3553	5,5-7,5	-	-	1071	-	Rodrigues <i>et al.</i> (2014)
Abatedouro de Bovinos (Belo Horizonte)	3006	9583	-	-	115	913	-	Rodrigues <i>et al.</i> (2015)
Frigorífico de pescado (Sul do estado)	658	1725	-	-	-	388	-	Rodrigues <i>et al.</i> (2016a)
Abatedouro de Aves (Belo Horizonte)	1903	3626	-	-	-	841	-	Rodrigues <i>et al.</i> (2016b)
Frigorífico de pescado (Sul do estado)	900	5200	-	-	-	700	-	Sampaio <i>et al.</i> (2014)
Abatedouro de Aves (Sete Lagoas)	1460	2924	-	-	-	779	-	Santos <i>et al.</i> (2015)*

*Coleta do efluente realizada após tratamento preliminar.

A Tabela 2 apresenta a faixa e a média dos valores reportados para os efluentes desse setor, independente do animal processado.

Tabela 2: Parâmetros; número de dados, faixa, média e desvio padrão de frigoríficos e abatedouros de Minas Gerais.

PARÂMETROS	Nº DE DADOS	FAIXA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
DBO ₅ (mg O ₂ .L ⁻¹)	22	151 - 8451	2523,5	± 2399,0
DQO (mg O ₂ .L ⁻¹)	22	358 - 15965	5124,1	± 5733
pH	7	5,5 - 8,1	-	-
O&G (mg.L ⁻¹)	9	8,62 - 2403	400,7	± 762,8
SSed (mg.L ⁻¹)	7	0,26 - 250	89,3	± 94,7
SST (mg.L ⁻¹)	19	53 - 5075	1410,1	± 1258,8
N-NH ₃ (mg.L ⁻¹)	1	28	28	-

Fonte: Autores.

Os valores de DQO e DBO₅ foram correlacionados linearmente, apresentando um valor de R² igual a 0,907, o qual é considerado alto. Dessa forma, a equação de reta obtida, $DBO_5 = 0,4608 \times DQO - 6,4858$, pode ser usada para estimar a DBO₅, uma vez que a análise de DQO é mais fácil e prática de ser realizada. Além disso, o coeficiente angular dessa equação de reta (razão DBO₅/DQO) permitiu obter o índice de biodegradabilidade das amostras. O valor encontrado é acima de 0,4, o que significa que tais efluentes possuem geralmente mais de 40% de matéria orgânica biodegradável. Isso corrobora que eles possam ser tratados por processos biológicos, os quais são eficientes e de baixo custo operacional (VON SPERLING, 2014).

Muitas das fontes consultadas também reportaram a sequência de tratamentos adotados pelas empresas onde os efluentes foram coletados, conforme mostra a Tabela 3. A partir dela é possível verificar que o modelo de tratamento escolhido se diversifica, além de verificar que quase todos são tratados por processos preliminares (peneiras, caixa de gordura) seguidos de biológicos, geralmente anaeróbios como o Upflow anaerobic sludge blanket (UASB; reator de manta de lodo anaeróbio de fluxo ascendente) e lagoas. O uso de tanques de equalização também foi comumente observado, o qual serve para minimizar choques de carga nos biorreatores (VON SPERLING, 2014).

Tabela 3: Descrição do abatedouro ou frigorífico, sua localização e os tratamentos convencionais adotados para remediar os efluentes.

DESCRIÇÃO	LOCALIZAÇÃO	TIPOS DE TRATAMENTO	REFERÊNCIA
Não informado	Não informado	Reator UASB, Filtro anaeróbio.	Dutra <i>et al.</i> (2013)
Não informado	Não informado	Reator anaeróbio compartimentado, reator UASB.	
Não informado	Não informado	Reator UASB – lagoa de polimento	
Abatedouro de Bovinos e Suínos	Betim	Peneiramento, caixa de gordura, flotação, lagoa anaeróbia, lagoa aerada e lagoa de decantação.	Januario (2012)
Abatedouro de Bovino	Governador Valadares	Peneiramento, tanque de equalização, tanque séptico, lagoa anaeróbia, lagoa aerada e lagoa de decantação.	
Abatedouro de Bovinos	Não informado	Peneiramento, Caixa de gordura, flotação, tanque séptico, lagoa anaeróbia, lagoa aerada e lagoa de decantação.	
Abatedouro de Aves	Sete Lagoas	Peneiramento, caixa de gordura, tanque de equalização, reator UASB e filtro anaeróbio.	Lima (2014); Lima <i>et al.</i> (2015)
Abatedouro de Bovino	Passos	Peneira estática, caixa de gordura, lagoa anaeróbia, lagoa facultativa e lagoa aeróbia.	Oliveira e Sá (2015)
Abatedouro de Suínos	Lavras	Peneiramento, reator UASB, filtro aerado biológico.	Oliveira <i>et al.</i> (2020)
Abatedouro de Aves	Sete Lagoas	Peneiramento, caixa de gordura, tanque de equalização, reator UASB e filtro anaeróbio.	Rodrigues <i>et al.</i> (2014)
Abatedouro de Bovinos	Belo Horizonte	Peneiramento, caixa de gordura gravimétrica, decanto-digestor e reator UASB.	Rodrigues <i>et al.</i> (2015)
Frigorífico de	Sul do Estado	Peneiramento, caixa de gordura, tanque de	Rodrigues <i>et al.</i>



pescado		equalização, reator anaeróbio compartimentado, e filtro anaeróbio.	(2016a)
Abatedouro de Aves	Belo Horizonte	Peneira estática, caixa de gordura gravimétrica, tanque de equalização e acidificação, reator UASB, filtro anaeróbio.	Rodrigues <i>et al.</i> (2016b)
Frigorífico de pescado	Sul do estado	Peneiramento, caixa de gordura, reator anaeróbio compartimentado e filtro anaeróbio.	Sampaio <i>et al.</i> (2014)
Abatedouro de Aves	Sete Lagoas	Peneiramento, caixa de gordura, tanque de equalização, reator UASB e filtro anaeróbio.	Santos <i>et al.</i> (2015)

Fonte: Autores.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O abate de animais, tanto os de pequeno (aves, peixes), médio (suínos) ou de grande porte (bovino), é considerado um agente degradador/poluidor de águas (MINAS GERAIS, 2017). O mecanismo de abate e manipulação de carnes gera efluentes com características que variam significativamente entre as amostras (PEREIRA *et al.*, 2016), conforme também constatado aqui nesse trabalho. Ao confrontar os dados encontrados frente às leis vigentes (Tabela 4), verifica-se que efluentes brutos, para garantir a segurança hídrica, precisam ser tratados e a legislação estadual, conforme o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) de Minas Gerais, além do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) N°430/2011, estabelecem os critérios de enquadramento por meio de limites baseados em parâmetros de caracterização, garantindo o lançamento de efluentes em níveis seguros e sustentáveis para o meio ambiente.

Tabela 4: Legislações estadual e federal com seus respectivos limites dos parâmetros do efluente.

Parâmetro	Deliberação Normativa COPAM/CERH 01/2008	Resolução CONAMA430/2011
DBO ₅	Até 60 mg/L ou; tratamento com eficiência de redução de DBO ₅ em no mínimo 75% e média anual igual ou superior a 85% para os demais sistemas.	Remoção de 60% de DBO ₅ , sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de autodepuração, que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.
DQO	Industrial: até 180 mg/L ou: Tratamento com eficiência de redução de DQO em, no mínimo, 70% e média anual igual ou superior a 75%. Sanitário: até 180 mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DQO em, no mínimo, 55% e média anual igual ou superior a 65%	Não descreve limites para lançamento desse parâmetro.
pH	6 a 9	5 a 9
SST	100 mg/l	-
O&G	Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L	
SSed	1 mL/L	
N-NH ₃	20,0 mg/L	

Embora a comparação de dados de efluentes tratados seja a forma correta frente às legislações, vemos aqui que tais efluentes brutos necessitam de fato ser tratados para evitar impactos ambientais negativos nos corpos hídricos, pois a concentração de poluentes é bem mais alta que os padrões de descarte. Poucos estudos relataram corretamente o pH que ficou na faixa de 5,5 a 8,1 estando dentro dos limites legais entre 5 e 9 estabelecidos pelo CONAMA; porém quando os dados são avaliados com base na resolução conjunta COPAM/CERH 01/2008 um dos efluentes esteve um pouco abaixo do limite inferior de 6,0.



Apesar de que somente um dado tenha sido encontrado para o nitrogênio amoniacal, o resultado está acima do permitido. Aferir seus valores e limitar sua concentração em leitos receptores é importante uma vez que o nitrogênio amoniacal apresenta certa toxicidade (GRADVOH e AQUINO, 2022).

No tratamento preliminar tem-se a retirada de materiais sólidos grosseiros como ossos, cascos, vísceras e chifres. Utiliza-se para isso grades e peneiras, com o objetivo de proteger equipamentos e tubulações de desgastes ou entupimentos (SCHATZMANN, 2009).

Os valores de SSed estão acima dos padrões de descarte chegando a um valor de até 250 vezes maior que o legislado de 1 mL/L e que para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, a legislação federal preconiza que os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes (BRASIL, 2011). Para 86% dos estudos foram encontrados dados de SST e a média está 14 vezes acima do preconizado pelo COPAM/CERH 01/2008. Muitos desses sólidos provavelmente são removidos nos tratamentos preliminares.

Com relação ao teor de O&G, os valores reportados chegam a ser 6 vezes maior que o legislado, e quando o abatedouro é de suínos e bovinos o efluente apresenta valores médios três vezes maior que o permitido. Esses poluentes são removidos majoritariamente nas peneiras e principalmente nas caixas de gordura. Em apenas uma das empresas foi relatado o uso de flotação, o qual é o tratamento primário mais eficiente para remover esse tipo de poluente (VON SPERLING, 2014).

Geralmente, para as empresas foi demonstrado que a sequência de tratamentos é distinta, pois a composição das águas residuárias depende de vários fatores no processamento (BUSTILLO-LECOMPTE *et al.*, 2016). Pela razão DBO₅/DQO é possível concluir que os processos biológicos sejam mesmo indicados, uma vez que a razão média é acima de 0,4, caracterizando o efluente com uma elevada biodegradabilidade. Os processos de tratamentos anaeróbios foram os mais utilizados (reator UASB, lagoas, filtro anaeróbio), uma vez que existe uma alta concentração de substrato nesses efluentes. A combinação de reator UASB e filtro anaeróbio foi bem relatada nos estudos consultados.

Considerando os dados de DBO₅ e DQO foi demonstrada uma variabilidade na concentração de matéria orgânica com destaque para os efluentes de abate de bovinos e suínos que apresentaram valores superiores aos demais. Os valores de DBO₅ e DQO obtidos nas fontes consultadas permitiram obter uma equação de reta com uma forte correlação linear (R^2 acima de 0,8), uma vez que o modelo matemático estima a obtenção desta primeira apenas com o valor da segunda, motivo que a DQO é mais rápida de se obter perante as metodologias aplicadas em laboratório atualmente. Recentemente, fortes correlações foram também encontradas em trabalhos semelhantes como: águas residuais de processamento de mandioca no Brasil (COSTA *et al.*, 2022), e efluentes de laticínios do Paraná (TABELINI *et al.*, 2021).

CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou dados de efluentes de abatedouros e frigoríficos ricos em matéria orgânica, por meio dos parâmetros DBO₅ e DQO, além de óleos e graxas, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos e nitrogênio amoniacal, que quando confrontadas com as legislações federal e estadual mostraram-se muito inapropriados para o descarte em corpos hídricos, necessitando ser tratados. Cada empresa possui sua particularidade na forma de tratamento de seus efluentes, mas na sua maioria adotam peneiras e principalmente caixas de gordura para remoção de óleos e graxas, enquanto os processos biológicos anaeróbios são provavelmente os responsáveis pela maior remoção de poluentes. Por meio da razão média DQO/DBO₅ acima de 0,4 para efluentes de frigoríficos e abatedouros foi possível fundamentar a necessidade de processos biológicos para tratá-los, conforme corroborado pelo uso bastante difundido de reatores UASB, lagoas e filtro anaeróbio. Foi possível também estabelecer uma correlação linear significativa entre DBO₅ e DQO ($R^2 > 0,8$), sugerindo que a equação de reta obtida pode ser usada para estimar DBO₅ a partir de dados de DQO.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes, Código de financiamento 001).



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO. Faturamento do setor de alimentos e bebidas. 2021. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/vsn/temp/z2022413inf2022.pdf>>. Acesso em: 18/05/ 2022.
2. ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. Exportações por estado produtor. 2020. Disponível em: <<http://abiec.com.br/exportacoes/>>. Acesso em: 17/05/ 2022.
3. ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatórios ABPA. 2022. Disponível em: <<https://abpa-br.org/relatorios/>> Acesso em: 16/05/2022.
4. BRASIL, Resolução CONAMA n°430, de 13 de maio de 2011. Dispões sobre as condições de padrões de lançamentos de efluentes. Publicada no D.O.U.n°92 de 16 de maio de 2011. Disponível em <http://conama.mma.gov.br/imagens/conteúdo/LivroConama.pdf>. Acesso em: 11/05/2022
5. BUSTILLO-LECOMPTE, C.F., MEHRVAR, M., QUIÑONES-BOLAÑOS, E. *Combined anaerobic-aerobic and UV/H₂O₂ processes for the treatment of synthetic slaughterhouse wastewater. Journal of Environmental Science Health A*, v. 48, p. 1122-1135, 2013.
6. BUSTILLO-LECOMPTE, C.F., MEHRVAR, M. *Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. Journal of Environmental Management*, v. 161, p. 287-302, 2015.
7. BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M. *Treatment of an actual slaughterhouse wastewater by integration of biological and advanced oxidation processes: Modeling, optimization, and cost-effectiveness analysis. Journal of Environmental Management*, v. 182, p. 651-666, 2016.
8. COSTA, R. C., RAMOS, M. D. N., FLECK, L., GOMES, S. D., AGUIAR, A. *Critical analysis and predictive models using the physicochemical characteristics of cassava processing wastewater generated in Brazil. Journal of Water Process Engineering* , v. 47, e102629, 2022.
9. GRADVOHL, S. T. S., AQUINO, M. D. *Avaliação dos riscos ecotoxicológicos do reúso de efluentes tratados na piscicultura devido à presença de nitrogênio amoniacal. Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 1, p. 4550-4560, 2022.
10. DUTRA, J.C.F.D., RODRIGUES, R.S., SAMPAIO, R.R., SILVA, T.M.F., SILVA, I. J., JARDIM, A.B. Desempenho de estação de tratamento de águas residuárias de abatedouros quanto ao atendimento a legislação ambiental em Minas Gerais, Simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustrial, 3, São Pedro-SP, 2013.
11. GONZÁLEZ-GARCÍA, S. et al. *Life Cycle Assessment of broiler chicken production: a Portuguese case study. Journal of Cleaner Production*, v. 74, p. 125-134, 2014.
12. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção de pecuária municipal 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2020_v48_br_informativo.pdf. Acesso em: 05/05/2022.
13. JANUÁRIO, M. A. P. Avaliação de desempenho de estação de tratamento de efluente de três

indústrias de abate de bovinos e suínos em Minas Gerais: Estudo de caso. Belo Horizonte, 2012. Monografia de Curso de Especialização em Saneamento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

14. LIMA, C. A. Reator UASB seguido de filtro anaeróbio para o tratamento de águas residuárias de abatedouros avícola pré-acidificada. Belo Horizonte, 2014. Dissertação de Mestrado em Ciência Animal – Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.
15. LIMA, C. A., RODRIGUES, L. S., SILVA, I. J., SANTOS, R. P., DUTRA, J. C. F., RIBEIRO, M. C. Avaliação do comportamento do reator UASB tratando efluente de abatedouro avícola, Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustrial, 4, Rio de Janeiro-RJ, 2015.
16. MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, Diário Executivo Minas Gerais de 17 de mar. 2008. Diário Oficial de Minas Gerais, Poder Executivo, Belo Horizonte, MG, 13 de maio de 2008. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acesso em: 21/05/2022
17. MORAIS, N. W. S., SANTOS, A. B. *Análise dos padrões de lançamentos de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil*. Revista DAE, v. 67, n. 215, p. 40-45, 2019.
18. OLIVEIRA, C. S.; SÁ, O. R. *Avaliação da eficiência do tratamento de efluentes em abatedouro do município de Passos, MG, Brasil*. *Ciência Et Praxis*, v.8, n. 16, p. 13-20, abr. 2015.
19. OLIVEIRA, J. F., RODRIGUES, F. N., FIA, R., VILELA, H. S., MAFRA, D. C. B., LANDIM, D. V. *Chemical properties of soil fertirrigated with dairy and slaughterhouse wastewater*. *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*, v. 37, n. 6, p. 1244-1253, 2017.
20. OLIVEIRA, J. F., FIA, R., FIA, F. R. L., RODRIGUES, F. N., MATOS, M. P., SINISCALCHI, L. A. B. *Principal component analysis as a criterion for monitoring variable organic load of swine wastewater in integrated biological reactors UASB, SABF and HSSF-CW*. *Journal of Environmental Management*. v. 262, p. 110-386, 2020.
21. PEREIRA, A. A. S., MACEDO, L. R., SILVA, A. M., SANTOS, A. A. *Avaliação da qualidade da água do ribeirão São João, em Campo Belo Minas Gerais, sob interferência do efluente tratado do abate de bovinos e suínos*. *Natureza online*, v. 13, n. 3, p. 101-105, 2015.
22. PEREIRA, E. L. DE PAIVA, T. C. B. DA SILVA, F. T. *Physico-chemical and Ecotoxicological Characterization of Slaughterhouse Wastewater Resulting from Green Line Slaughter*. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 227, n.6, p. 1-12, 2016.
23. RODRIGUES, L. S., LOPES, B. C., DUTRA, J. C. F., SAMPAIO, R. R., SILVA, I. J. Estudo do comportamento de reator UASB tratando efluentes de abatedouro avícola em escala real. Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 12, Natal-RN, 2014.
24. RODRIGUES, L. S., SANTOS, R. P., LIMA, C.A., SILVA, I. J. Eficiência de reator anaeróbio UASB precedido de decanto-digestor na remoção de matéria orgânica e sólidos em efluentes de abate de bovinos. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 44, São Pedro-SP, 2015.
25. RODRIGUES, L. S., SAMPAIO, R. R., SOUZA, S. R., DUTRA, J. C. F., SILVA, I. J. Desempenho de reator anaeróbio de chicanas (ABR) na remoção de matéria orgânicas e sólidos em águas residuárias do

processamento de pescado. Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 17, Florianópolis-SC, 2016a.

26. RODRIGUES, L. S., LOPES, B. C., LIMA, C. A., RIBEIRO, M. C., SANTOS, R. P., SILVA, I. J. *Tratamento de efluentes de abatedouro de frangos por meio de reator UASB seguido de filtro anaeróbio*, Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 68, p. 97-103, 2016b.

27. SAMPAIO, R. R., RODRIGUES, L. S., DUTRA, J. C. F., RODRIGUES, L. A., SILVA, I. J. Tratamento de efluente de frigorífico de pescado utilizando reator anaeróbio compartimentado (ABR). Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 12, Natal-RN, 2014.

28. SCHATZMANN, H. C. Tratamento Avançado de Efluentes de Frigorífico de Aves e o reuso da Água. Florianópolis, 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

29. SANTOS, R. P., RODRIGUES, L. S., LIMA, C. A., DUTRA, J. C. F., SOUZA, S. R., RIBEIRO, M. C., SILVA, I. J. Emprego de filtro anaeróbio no pós-tratamento de reator UASB tratando efluentes de abatedouro frangos. Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustrial, 4, rio de janeiro-RJ, 2015.

30. TABELINI, D. B., SOARES, J. R., CONCEIÇÃO, J. A. B., BALBINO, J. K. S., AGUIAR, A. Estudo preliminar sobre as características de efluentes de laticínios do estado do Paraná. XXV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XXI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e XI Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba, 2021.

31. THEBALDI, M. S., SANDRI, D., FELISBERTO, A. B., ROCHA, M. S., NETO, S. A. *Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, p. 302–309, 2011.

32. VIVAN, M., KUNZ, A., STOLBERG, J., PERDOMO, C.C., TECHIO, V.H. *Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n. 3, p. 320-325, 2010.

33. VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. v. 1, 4 ed. Belo Horizonte, MG. Editora UFMG, 2014.