

TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS: UMA REVISÃO

Liquid effluent treatment in the dairy industry: a review

Natália dos Santos^{1*}, Laís Hernandes da Silva¹, Alana Melo dos Santos¹

RESUMO

A indústria de alimentos, em especial o ramo de laticínios, gera uma grande preocupação em relação ao consumo intenso de recursos naturais e geração de resíduos. Os efluentes líquidos gerados nos processos de produção de laticínios possuem elevados teores de matéria orgânica, gorduras, sólidos suspensos e nutrientes, e são considerados a principal fonte de poluição dessas indústrias. Na maioria dos produtos de origem leiteira, é descartado o soro juntamente com os demais efluentes, tornando-se um agravante para a natureza, porque o soro é aproximadamente cem vezes mais poluente que o esgoto doméstico. O tratamento das águas residuais geradas é essencial para manter o bom estado ecológico e ambiental dos meios receptores. A redução das mesmas pode ser obtida por meio de reciclagem e reutilização dos componentes destas águas com a aplicação de tratamento de efluentes tais como físicos, químicos, uma combinação de processos físico-químicos e biológicos sendo eles aeróbios ou anaeróbios. Nesse sentido, foram pesquisados os diversos tratamentos existentes para efluentes lácteos, no qual foi possível compará-los por meio de trabalhos recentes de outros autores com o objetivo de verificar a eficiência das aplicações de cada uma.

Palavras-chave: laticínio; tratamento; efluente; controle ambiental.

ABSTRACT

The food industry, particularly the dairy industry, raises a great deal of concern regarding the intense consumption of natural resources and the generation of waste. The liquid effluents generated in dairy production processes have high levels of organic matter, fats, suspended solids, and nutrients and are considered the main source of pollution in these industries. In most products of milk origin, the serum is discarded along with the other effluents, becoming an aggravating factor for nature since the serum is approximately one hundred times more pollutant than domestic sewage. The treatment of generated wastewater is essential to maintain the good ecological and environmental state of the receiving means. The

1 Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano, Avenida Mogi das Cruzes, 1501, Parque Suzano, Suzano, 08673-010, Suzano, SP, Brasil. E-mail: natalia.santos2125@gmail.com

*Autor para correspondência

Recebido / Received: 05/10/2021

Aprovado / Approved: 23/03/2022

reduction of these can be obtained by means of recycling and reusing the components of these waters with the application of treatment of effluents such as physical, chemical, a combination of physicochemical processes and biological being aerobic or anaerobic. In this sense, the various existing treatments for dairy effluents were investigated, and it was possible to compare them through recent works by other authors to verify the efficiency of the applications of each one.

Keywords: dairy; treatment; effluents; environmental control.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite, com 35,1 bilhões de litros por ano, segundo o Anuário do Leite da EMBRAPA de 2018. Para cada litro de leite de vaca processado na produção de queijo, é gerado 0,873 litro de soro, sendo este considerado o agente poluidor principal, devido à elevada carga orgânica e volume gerado (PRAZERES *et al.*, 2013). Além disso, em cerca de 50% da produção mundial de soro de leite, especialmente no que diz respeito ao soro ácido, ele não é tratado antes do descarte (SLAVOV, 2017).

Os efluentes líquidos gerados nos processos de produção possuem elevados teores de matéria orgânica, gorduras, sólidos suspensos e nutrientes, e são considerados a principal fonte de poluição dessas indústrias, apresentando valores de DBO entre 30.000 e 50.000 mg O₂/L (CAMMAROTA, 2013; OLIVEIRA; MUSTAFA, 2015). Por esse motivo, a recuperação de subprodutos é foco de estudos ao longo de anos, e vários setores têm procurado minimizar os efluentes com a sua valorização (CAMMAROTA, 2013; CIDÓN *et al.*, 2021).

A destinação inadequada do soro de leite produzido em laticínios brasileiros ainda gera impactos negativos, como a contaminação de corpos hídricos e solo (EMBRAPA, 2018). Grande parte do soro gerado provém de pequenas e médias queijarias, e isso torna difícil o investimento em tecnologia necessária para o beneficiamento (ALVES *et al.*, 2014). Estima-se que as pequenas indústrias de laticínios no Brasil, descartam nos rios 40% do soro de leite sem nenhum tratamento, o que ocasiona impactos ambientais devido à sua alta carga orgânica (NUNES *et al.*, 2018).

Existem diversos métodos para o tratamento dos poluentes líquidos, sendo eles químicos, físicos e biológicos, como também há boas práticas para a redução da emissão desses

efluentes no meio ambiente. O presente trabalho objetiva examinar as técnicas com o propósito de verificar a eficiência das aplicações de cada uma.

METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como sistemática qualitativa e foi realizada em plataformas digitais de buscas, direcionados à área acadêmica, como “Google Scholar”, “Scielo” e “Portal CAPES”. Foram selecionados os trabalhos acadêmicos nas bases de dados utilizando a busca avançada com definição dos últimos 10 anos e os mais citados. A pesquisa abrangeu principalmente artigos científicos, mas também foram consultadas monografias e dissertações.

CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE LÁCTEO

A quantidade de efluentes gerados está relacionada diretamente ao volume de água consumida, tanto no processamento lácteo quanto no método de lavagem e higienização, a qualidade da água, gestão dos processos, e o tipo de produto (TRAVERSI *et al.*, 2013).

Os efluentes da indústria de laticínio apresentam elevadas cargas orgânicas e nitrogenadas, com concentrações de Demanda Química de Oxigênio (DQO) entre 3000 e 6000 mg/L e de Nitrogênio (Nitrogênio Kjeldahl Total - NKT) entre 15 e 180 mg/L (GONÇALVES, 2017). Na Tabela 1 são apresentados alguns parâmetros físico-químicos encontrados em efluentes de laticínios.

LEGISLAÇÃO PERTINENTE

Em nível federal, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio de sua Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, que complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005,

dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, fixando valores de concentração de parâmetros orgânicos e inorgânicos a serem obedecidos por qualquer fonte poluidora que lancem seus efluentes diretamente em corpos receptores (MORAES; SANTOS, 2019).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos encontrados em efluentes lácteos

Parâmetros	Faixas de Variação	
Sólidos Suspensos Voláteis	24-5700 mg/L	100-1000 mg/L
Sólidos Suspensos Totais	135-8500 mg/L	100-2000 mg/L
DQO	500-4500 mg/L	6000 mg/L
Proteína	210-560 mg/L	ND
Gorduras/Óleos e graxas	35-500 mg/L	95-550 mg/L
Carboidratos	252-931 mg/L	ND
Nitrogênio (NKT)	15-180 mg/L	116 mg/L
Fósforo	20-250 mg/L	0,1-46 mg/L
pH	5,3-9,4	1-12
Temperatura	12-40°C	20-30°C

Fonte: Adaptado de Gonçalves, 2017.

As principais condições de lançamento de efluentes são: pH entre 5 e 9; temperatura inferior a 40 °C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3 °C no limite da zona de mistura; materiais sedimentáveis até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes; regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente; e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO, sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor (FONSECA, 2016).

A legislação federal não apresenta um valor máximo a ser cumprido, aumentando a autonomia dos estados e possibilitando que estes adotem padrões que se adequem mais ao seu contexto ambiental e econômico. Com isso, os estados passam a adotar padrões de DQO para efluentes industriais e

sanitários, além de estabelecer concentrações próprias de acordo com a tipologia industrial ou do empreendimento (MORAES; SANTOS, 2019).

NÍVEIS DE PROCESSAMENTO DO EFLUENTE

O tratamento das águas residuais geradas pelas indústrias é essencial para manter o bom estado ecológico e ambiental dos meios receptores. Essa redução pode ser obtida com a reciclagem e a reutilização dos componentes presentes nas águas ou com a aplicação de tratamento de efluentes. Os tipos de tratamentos existentes são os físicos, químicos, as combinações de processos físico-químicos e biológicos, sendo eles aeróbios ou anaeróbios (BECKER, 2013).

Os processos do tipo físicos são aqueles em que há remoção parcial dos sólidos totais e são aplicados a fenômenos de natureza física como: gradeamento, filtração, peneiramento, sedimentação, floculação etc. Os métodos químicos são utilizados para a remoção de material coloidal, análises de cor e turbidez, odor, ácidos, álcalis, metais pesados e óleos, e são obtidos por meio de reações

químicas como a coagulação, precipitação, troca iônica, entre outros; e os biológicos que têm por finalidade a reação de matéria orgânica, podendo ser aeróbio ou anaeróbio (HENARES, 2015).

Os principais níveis de processamento são classificados em: preliminar, no qual temos a

retirada de sólidos grosseiros; primário, etapa de remoção de sólidos sedimentáveis; e o secundário, que tem como objetivo a degradação da matéria orgânica poluidora (HENARES, 2015). O esquema dessa sequência de tratamento é descrito na Figura 1.



Figura 1. Sequência de tratamento de efluentes lácteos
Fonte: Oliveira; Mustafa, 2015.

Na etapa preliminar, removem-se os sólidos maiores, por operações exclusivamente físicas (gradeamento, filtração, peneiramento, sedimentação etc.). Esse procedimento é utilizado para proteger bombas, tubulações e peças especiais na instalação industrial que possam sofrer entupimentos e degradações.

No tratamento primário utiliza-se a sedimentação dos sólidos do efluente precedida pela coagulação química. Para Rocha *et al.*, (2021) a coagulação consiste no processo de desestabilização química das partículas coloidais e em suspensão pela adição de agentes coagulantes e/ou polímeros. É um processo rápido, que ocorre nas unidades de mistura rápida, ou seja, com elevado gradiente de velocidade.

Para realização desse processo é necessário o uso de produtos capazes de reduzir as forças de interação que mantêm as partículas sólidas suspensas, resultando na aproximação entre elas. Esses produtos são denominados agentes coagulantes e, geralmente, são usados à base de ferro e alumínio como o sulfato de alumínio. Inicia-se então, o processo de floculação que consiste na agitação para formação de flocos visíveis a olho nu a

partir da colisão entre as partículas já coaguladas (ALMEIDA; GROSSI, 2014).

TIPOS DE TRATAMENTOS SECUNDÁRIOS

Dentre os níveis de tratamentos, a etapa secundária é a que possui uma grande variedade em relação às possibilidades empregadas atualmente. Os métodos mais utilizados são: lodo ativado, lagoas de estabilização, filtros biológicos e reatores anaeróbios. Atualmente, um novo método chamado Reator de Leito Móvel com Biofilme (MBBR) vem ganhando destaque devido à sua alta eficiência de tratamento.

O processo por meio biológico por lodo ativado (Figura 2), consiste na introdução de oxigênio nos tanques de aeração, o que permite que os microrganismos do tipo aeróbios (bactérias, protozoários e meta protozoários) cresçam em quantidades suficientes para que possam promover ao efluente uma rápida oxidação (TENEDINI, 2016).

A biomassa (matéria orgânica) é facilmente separada por meio de um decantador, isso se deve ao fato de as bactérias possuírem uma matriz que possibilita a aglutinação das partículas orgânicas,

permitindo assim, a sua floculação e sedimentação. (BECKER, 2013). Esses sólidos sedimentados são retornados ao reator aerado, com o intuito de aumentar a concentração de biomassa, fazendo com

que tal processo obtenha uma alta eficiência, que chega a ser 10 vezes superior quando comparado a um sistema de lagoa aerada de mistura completa, sem recirculação (SPERLING, 2014).

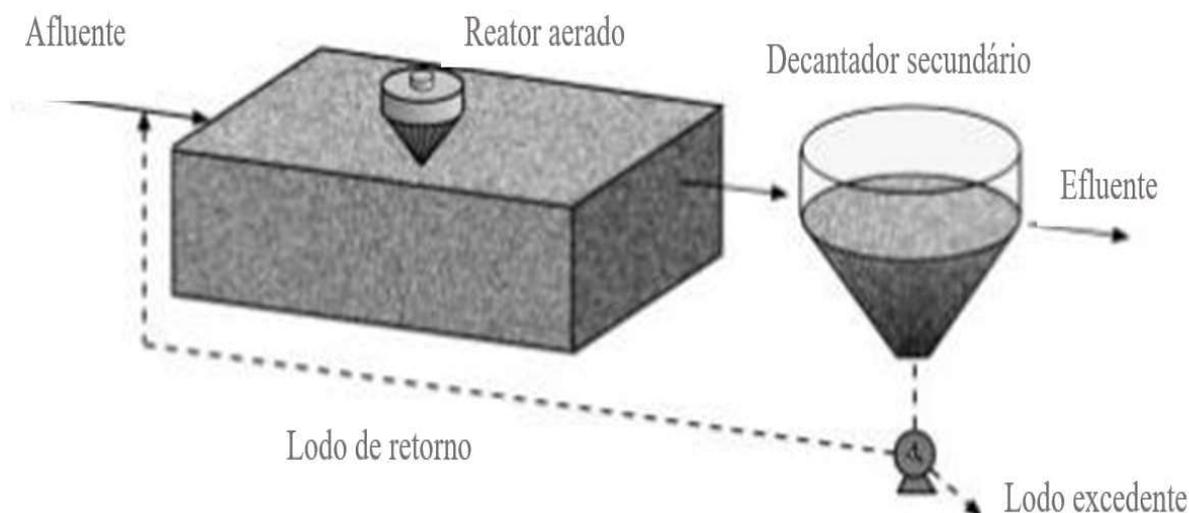


Figura 2. Esquema do tratamento por lodo ativado convencional
Fonte: Sperling, 2014.

Reator de Leito Móvel com Biofilme (MBBR)

O Reator de Leito Móvel com Biofilme (MBBR - Moving Bed Biofilm Reactor) é um processo de tratamento de resíduos avançado que utiliza biomassa suspensa, de forma similar ao Lodo Ativado Convencional (CAS). Para promover a aderência da biomassa, pequenos pedaços de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), conhecidos como transportadores, são adicionados ao tanque, onde o biofilme será formado e crescerá, permitindo a eliminação de lodo, normalmente exigida em sistemas convencionais. Este reator pode ser usado para processos aeróbicos ou anaeróbicos (SANTOS *et al.*, 2020). O sistema de tratamento não necessita de reciclagem de lodo, devendo apenas ser separada a biomassa excedente, o que constitui uma vantagem considerável sobre o CAS. No entanto, o custo elevado de aeração para promover a movimentação dos transportadores, é o principal revés deste sistema (DIAS *et al.*, 2022).

Santos *et al.* (2020) avaliaram o uso do MBBR no tratamento de um efluente sintético simulando o da indústria de laticínios. Os autores observaram que o MBBR demonstra um bom desempenho em

relação à redução de DQO, atingindo uma eficiência de remoção de 98% após 8 horas de tratamento.

O MBBR representa uma opção promissora para o tratamento de efluentes de laticínios, pois como a biomassa cresce em meios plásticos, a carga sólida suspensa que atinge o decantador final é inferior à dos sistemas de lodos ativados, que é constituído apenas por biomassa (SANTOS *et al.*, 2020).

Lagoas de estabilização

Esse método consiste em lagoas de baixa profundidade, destinadas ao tratamento de efluentes, onde ocorre o processo biológico de estabilização da matéria orgânica pela oxidação bacteriana e/ou redução fotossintética. Sua principal função é acelerar o processo de degradação da matéria orgânica através de microrganismos aeróbios ou anaeróbios (HENARES, 2015).

De acordo com o Guia Técnico Ambiental de Indústrias de Laticínios (FIEMG, 2014), a estabilização ocorre em todas as zonas da lagoa, sendo feita a mistura pelo fluxo do efluente. Desse modo, as lagoas de estabilização possuem princípios de

funcionamento semelhantes aos da técnica de lodo ativado.

Embora usadas em todo o mundo, as lagoas de estabilização são especialmente adequadas para países em desenvolvimento que têm climas quentes, pois são econômicas, altamente eficientes, totalmente naturais e altamente sustentáveis. Dependendo da qualidade do efluente final exigida, as lagoas podem ser usadas individualmente ou conectadas em série com uma lagoa anaeróbia, facultativa ou de maturação (KADRI *et al.*, 2021).

Biofiltros

O sistema de biofiltro é composto por um tanque preenchido por diversas camadas filtrantes e por minhocas vermelhas, sobre o qual o efluente atravessa essas camadas e é retirada a matéria orgânica existente e transformada em húmus (SILVA; EYNG, 2012).

O princípio de tratamento desse mecanismo está na capacidade dos microrganismos aeróbios decompor substâncias orgânicas em gás carbônico e água, transformando assim, essa carga poluente em produtos ou elementos mineralizados (SILVA; EYNG, 2012).

Esses microrganismos se reproduzem no suporte do sistema de biofiltro (leito filtrante) com condições de temperatura e umidades previamente estabelecidas, bem como a presença de oxigênio suficiente (COSTA, 2011).

Reatores anaeróbios (UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

Nesse tipo de reator, a matéria orgânica é biologicamente estabilizada de forma que não demande oxigênio, ou seja, o processo ocorre em meio anaeróbio (Figura 3). Após a estabilização da carga orgânica, ocorre a decomposição e produção de gás metano (COELHO, 2017).

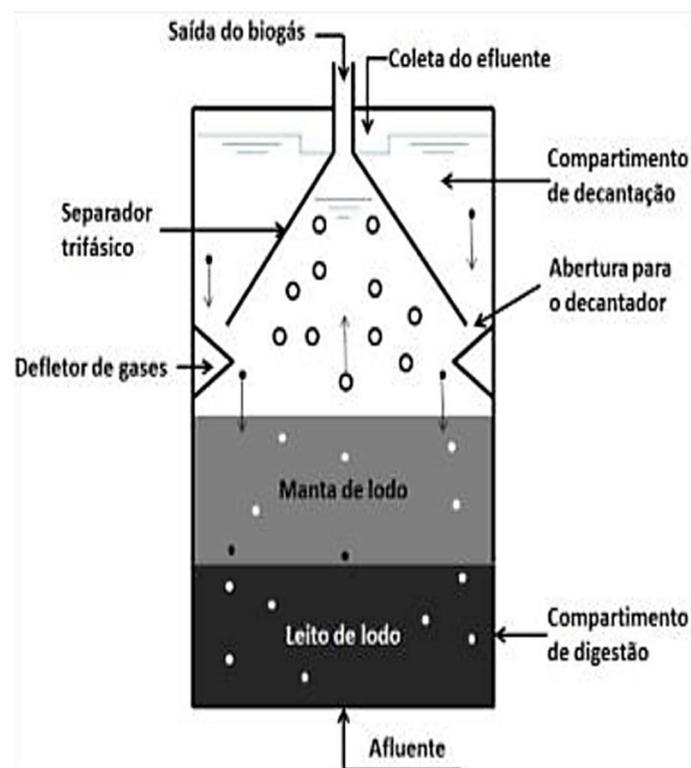


Figura 3. Esquema representativo do funcionamento de um reator UASB

Fonte: Coelho, 2017.

O processo anaeróbio de tratamento minimiza os custos de implantação e manutenção, por demandar uma pequena área de instalação, obtendo-se o gás como

subproduto energético. Portanto, é capaz de apresentar eficiência satisfatória e pode ser uma boa alternativa para empresas de pequeno e médio porte (SOUSA, 2019).

AValiação Comparativa entre os Sistemas

Após a descrição dos tipos de tratamento, sucedeu-se com uma avaliação comparativa entre os sistemas estudados recentemente por alguns autores. A Tabela 2 apresenta uma análise

comparativa dos principais tipos de processos mencionados: de lodo ativado, lagoas de estabilização e biofiltro, sobre as suas vantagens, desvantagens e a qualidade de efluente adquirido, que podem influenciar na escolha do processo durante o projeto de aplicação.

Tabela 2. Análise comparativa das vantagens, desvantagens e qualidade do efluente obtido nos processos de lodo ativado, lagoas de estabilização e biofiltro

Processo	Vantagens	Desvantagens	Qualidade do Efluente
<i>Lodo ativado</i>	Elevada eficiência; Baixos requisitos de área; Flexibilidade operacional; Menor possibilidade de maus odores e insetos.	Alto investimento; Alto custo operacional; Supervisão contínua; Tratamento do lodo.	Excelente
<i>Lagoas de estabilização</i>	Eficiência na remoção de DBO; Construção, operação e manutenção simples; Pouco equipamento mecânico; Pouco consumo de energia.	Alto custo de implantação; Dependência climática; Odores; Alta perda de carga.	Boa
<i>Biofiltro</i>	Eficiência na remoção de DBO; Baixos requisitos de área; Equipamentos simples; Baixo consumo energético e operacional; Simples operação.	Alto custo de implantação; Dependência climática; Odores; Alta perda de carga	Boa

Fonte: Adaptado de Guia Técnico Ambiental da Indústria de Laticínios (FIEMG, 2014).

Tenedini (2016) analisou sistemas biológicos aeróbios com lodos ativados na Serra Gaúcha, e obteve como resultado redução de 85,37% da DBO quando empregados às águas residuárias de laticínios, sendo uma melhor alternativa comparado ao sistema de lagoas.

Para Silva; Eyng (2012) a utilização do sistema de lagoas, além de alto custo de manutenção, alta demanda de espaço e odor indesejado, não possui resultados desejáveis pois as amostras analisadas obtiveram valores acima dos padrões exigidos na legislação. Ao comparar os métodos de tratamento de biofiltro com o sistema convencional de lagoas, os autores verificaram que o sistema de biofiltro apresentou a maior remoção dos parâmetros analisados, sendo eles DBO, DQO, pH, óleos, graxas e sólidos sedimentáveis. As análises de pH e DBO, se

apresentaram dentro dos padrões estabelecidos pelo Código Estadual de Meio Ambiente-SC, assim como os óleos e graxas, disciplinados pela Resolução CONAMA nº 357/05.

Dias *et al.* (2022) ressaltam que o sistema MBBR oferece simplicidade no processo de tratamento ao remover a linha de recirculação de lodo, diminuindo a necessidade de manutenção. Além disso, operar com menor concentração de biomassa em suspensão permite ter decantadores menores, sem comprometer a qualidade do tratamento. Esses motivos constituem uma oportunidade para reduzir investimentos e custos operacionais no tratamento de efluentes da indústria de laticínios atualmente.

Dessa forma, o maior desafio para a maioria das empresas de médio e pequeno porte, é o alto custo de implementação desses sistemas. Mas, visando

apenas a eficiência de tratamento, o MBBR é o que tem o maior poder de remoção de DQO nos efluentes lácteos atualmente, variando entre 80% e 97%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente estudo, verificou-se diversas etapas de tratamentos aos quais os efluentes lácteos podem ser submetidos. Foi observado que o tratamento secundário mais eficiente atualmente é o reator de leito móvel com biofilme, que tem uma maior taxa de remoção de matéria orgânica. Em virtude disso, é essencial o conhecimento das características dos efluentes, em conjunto com análises de outros aspectos ambientais, sociais e legais da bacia hidrográfica, para o planejamento do sistema mais adequado para ser implantado na indústria.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. J. M.; GROSSI, L. J. **Estudo do processo de tratamento de água da indústria de laticínios**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Minas Gerais, 2014.
- ALVES, M. P.; MOREIRA, R. O.; JÚNIOR, P. H. R.; MARTINS, M. C. F.; PERRONE, Í. T.; CARVALHO, A. F. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 212-226, 2014. DOI: 10.14295/2238-6416.v69i3.341
- BECKER, C. R. **Tratamento de soro de queijo por método físico-químico e por método biológico aeróbio**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Centro Universitário Univates, Lajeado, 2013.
- CAMMAROTA, M. C. **EQB-365 Biotecnologia ambiental**. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola de Química, Rio de Janeiro, 2013.
- CARVALHO, F.; PRAZERES, A. R.; RIVAS, J. Cheese whey wastewater: characterization and treatment. **Science of The Total Environment**, v. 445-446, p. 385-396, 2013. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.12.038
- CIDÓN, C. F.; THEIS, V.; SCHREIBER, D. Diagnóstico ambiental em uma empresa de laticínios baseado em indicadores ambientais. **Exacta**, v. 21, n. 1, p. 270-296, 2021. DOI: 10.5585/exactaep.2021.19250
- COELHO, P. Reatores UASB: funcionamento, vantagens e desvantagens desses reatores. **Blog de Engenharia Química ENGQUIMICASANTOSSP**. 2017. Disponível em: <https://www.engquimicasantoss.com.br/2017/05/reatores-uasb.html>. Acesso em: 2 abr. 2021.
- COSTA, D. C. **Caracterização e tratamento de efluentes resultantes da atividade de produção de queijo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.
- DIAS, R. B. *et al.* Comparison of biosolids production and system efficiency between activated sludge, moving bed biofilm reactor, and sequencing batch moving bed biofilm reactor in the dairy wastewater treatment. **Sustainability**, v. 14, n. 5, e2702, 2022. DOI: 10.3390/su14052702
- EMBRAPA. **Anuário Leite 2018**. Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094149/anuario-leite-2018-indicadores-tendencias-e-oportunidades-para-quem-vive-no-setor-leiteiro>. Acesso em: 03 mar. 2022.
- FIEMG – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Laticínios**. 2014. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/guia_laticinios.pdf. Acesso em: 11 nov. 2021.
- FONSECA, R. A. **Proposição de uma estação de tratamento de efluentes para um laticínio do município de Vazante – MG**. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Faculdade do Noroeste de Minas, Paracatu, 2016.
- GONÇALVES, B. Z. **Tratamento de efluente de laticínio em reator de leito estruturado aeróbio**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina. 2017.
- HENARES, J. F. **Caracterização do efluente de laticínio: análise e proposta de tratamento**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.
- KADRI, S. U. T. *et al.* Overview of waste stabilization ponds in developing countries. In: NASR, M.; NEGM, A. M. (ed.). **Cost-efficient Wastewater Treatment Technologies**. Cham: Springer, 2021. DOI: 10.1007/978-2021-790

- MORAES, N. W. S.; SANTOS, A. B. Análise dos padrões de lançamento hídrico de efluentes em corpos e de reuso de águas residuais de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, v. 67, n. 215, p. 40-55, 2019. DOI: 10.4322/dae.2019.004
- NUNES, L. A.; GERBER, J. Z.; COSTA, F. P.; SOUZA, R. J. S.; KALID, R. A. O soro do leite, seus principais tratamentos e meios de valorização. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 301-326, 2018. DOI: 10.17765/2176-9168
- OLIVEIRA, I. S. D.; MUSTAFA, G. S. Gerenciamento e tratamento de efluentes líquidos da produção de iogurtes com dimensionamento de uma estação de tratamento de efluentes. **Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, UNIFACS**, v. 14, 2015. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/artide/view/3815>. Acesso em: 08 set. 2021.
- SANTOS, A. D. I. *et al.* Moving bed biofilm reactor (MBBR) for dairy wastewater treatment. **Energy Reports**, v. 6, n. 8, p. 340-344. 2020. DOI: 10.1016/j.egy.2020.11.158
- SILVA, F. K.; EYNG, J. O tratamento de águas residuais de indústria de laticínios: um estudo comparativo entre os métodos de tratamento com biofiltro e com o sistema convencional de lagoas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 1, n. 2, p. 4-22, 2012. DOI: 10.19177/rgsa.v1e220124-22
- SLAVOV, A. K. General characteristics and treatment possibilities of dairy wastewater – a review. **Food Technology and Biotechnology**, v. 55, n. 1, p. 14-28, 2017. DOI: 10.17113/ftb.55.01.17.4520
- SOUSA, W. D. **Filtro anaeróbio tipo CYNAMON adaptado para tratamento de efluentes da indústria de laticínios**. 2019. 42 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal, 2019.
- TENEDINI, M. V. **Avaliação da eficiência do tratamento biológico, tipo lodo ativado, de uma indústria de laticínios**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.
- TRIVERSI, D. *et al.* Environmental advances due to the integration of food industries and anaerobic digestion for biogas production: perspectives of the Italian milk and dairy product sector. **Bioenergy Research**, v. 6, p. 851-863, 2013. DOI 10.1007/s12155-013-9341-4
- VIANA, C. C.; DE MENDONÇA, H. V.; OTENIO, M. H. Efluente da indústria de laticínios: qual tecnologia aplicar para tratamento? **Embrapa Gado de Leite**, v. 25, n. 150, p. 68-71, 2021.
- ROCHA, M. M. V. G.; PIANHERI, A.; PEDRO, M. A. M. Estudo da aplicação de biopolímeros no processo de coagulação-floculação no tratamento de efluentes da indústria de cosméticos. **Revista Científica**, v. 1, n. 1, 2021.
- SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.