

TRATAMENTO DE EFLUENTES EM LATICÍNIOS DE GRANDE PORTE NO ESTADO DE MINAS GERAIS: CARACTERIZAÇÃO E REÚSO

Isabelly Leite de Souza¹

Wesley Cardoso Costa²

Luís Antônio Coimbra Borges³

Mateus Pimentel de Matos⁴

Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos (sólidos e líquidos)

Resumo

Os efluentes de laticínios podem causar alteração da qualidade da água dos corpos receptores, visto a elevada carga orgânica, concentração de sólidos e óleos e graxas, pH, além de altas concentrações nutrientes como o nitrogênio e fósforo. O objetivo deste trabalho foi relacionar os modelos de tratamento utilizados pelas maiores indústrias mineiras de lácteos e as eficiências de remoção encontradas na literatura e apontar técnicas de reuso das águas residuárias e adequação ao modelo de tratamento. Para coleta de dados referente às técnicas de tratamento de efluentes de laticínios, foi realizada uma seleção de artigos científicos disponíveis em bancos de dados online. Foram avaliados os dezesseis processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos de classe 4. Observou-se nos dados coletados que entre as empresas pesquisadas todas adotam conjugação entre processos físicos e/ou físico-químicos como pré-tratamento e tratamento primário, e processos microbiológicos como tratamento secundário dos efluentes. Verificou-se que quatro (25%) das empresas utilizam tratamento em nível terciário ao efluente, com uma etapa de polimento. A utilização de sistemas de lagoas de estabilização é alta, visto que nove (56,25%) empresas empregam esta tecnologia nos seus processos. O reuso da água é pouco realizado pelas empresas estudadas. Em contrapartida, a literatura consultada traz resultados satisfatórios para destinação final ambientalmente adequada para o lodo gerado, além da possibilidade de aproveitamento energético do biogás gerado nas lagoas anaeróbias. O efluente tratado pode ser reutilizado nos processos de lavagem e torre de resfriamento, evitando a sobrecarga de fontes de água potável e o soro de leite pode ser utilizado para produzir alimentos para consumo humano e animal.

Palavras-chave: ARL, agroindústria, licenciamento ambiental, reuso, tratamento biológico.

¹Mestranda em Engenharia Ambiental – PPGEAMB, Universidade Federal de Lavras, UFLA, isabellyleitecvo@gmail.com

²Mestrando em Engenharia Ambiental – PPGEAMB, Universidade Federal de Lavras, UFLA, wesley.costa1@estudante.ufla.br

³Prof. Dr. Universidade Federal de Lavras – Campus Lavras-MG, Departamento de Engenharia Ambiental - DAM, luis.borges@ufla.br

⁴Prof. Dr. Universidade Federal de Lavras – Campus Lavras-MG, Departamento de Engenharia Ambiental - DAM, mateus.matos@ufla.br

Realização





INTRODUÇÃO

A crescente preocupação mundial com desenvolvimento sustentável e a qualidade dos recursos hídricos, tem demandado das indústrias ações para que minimizem os impactos ambientais da sua produção. As agroindústrias utilizam grandes quantidades de água no processamento de seus produtos e conseqüentemente geram grandes quantidades de efluentes líquidos que precisam ser tratados antes de serem dispostos. Dentre os setores industriais potencialmente poluidores e causadores de impactos ambientais, destaca-se a agroindústria de laticínios.

A produção leiteira é reconhecida mundialmente devido à grande utilização dos produtos derivados da atividade agroindustrial, tais como iogurtes, queijos, manteiga e doces. O Brasil ocupa a quinta posição no ranking mundial, tendo o estado de Minas Gerais como o maior produtor de leite (IBGE, 2016). Entretanto, apesar das contribuições econômicas e sociais substanciais, as atividades de laticínios estão associadas ao alto consumo de água e grande geração de efluentes líquidos e sólidos (CARVALHO, 2013).

Considerando os diversos impactos ambientais gerados pelas agroindústrias de laticínios, este estudo tem sua importância pautada na avaliação do modelo de tratamento de efluentes utilizados, visto que são gerados de 1,0 a 6,0 m³ de água residuária para cada m³ de leite processado em laticínios sem queijaria, e para aqueles que possuem, de 4,0 a 10,0 m³ (MATOS; MATOS, 2017). Quando não tratados adequadamente, esses efluentes podem causar alteração da qualidade da água dos corpos receptores, visto a elevada carga orgânica, concentração de sólidos e óleos e graxas, pH, além de altas concentrações nutrientes como o nitrogênio e fósforo (BAI et al., 2018).

Cabe à Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 definir valores de referência para mitigação dos impactos. Em suma, a supracitada dispõe sobre a classificação de corpos d'água, diretrizes ambientais para condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2008). Para atender aos padrões de lançamento dos efluentes é necessário um programa de monitoramento bem estabelecido e eficiência no sistema implementado. Para Almeida (2016), existe uma grande dificuldade em manter os

Realização





padrões de lançamento por parte dos poluidores, que frequentemente evitam o investimento no controle da poluição, que reflete na eficiência do tratamento implementado.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi relacionar os modelos de tratamento utilizados pelas maiores indústrias mineiras de lácteos e as eficiências de remoção encontradas na literatura. Assim, busca-se apontar técnicas de reuso das águas residuárias e adequação ao modelo de tratamento, com o fito de aumentar a remoção de contaminantes e atender a legislação vigente.

METODOLOGIA

Segundo a DN COPAM 217 de 2017, a atividade da indústria de lácteos possui potencial poluidor médio e seu porte é definido de acordo com a capacidade instalada, em litros. Os laticínios com capacidade entre 500 l a 30.000 l de leite/dia, 30.000 l a 120.000 l leite/dia e maior que 120.000 l de leite/dia possuem porte pequeno, médio e grande, respectivamente. No território mineiro, estão regularizados 55 laticínios, sendo 5 classificados como Classe 2, 35 de Classe 3, 16 enquadrados como Classe 4.

Para desenvolver a pesquisa foram avaliados os dezesseis processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos de classe 4. Os empreendimentos se enquadram nos códigos “D-01-06-1 Fabricação de produtos de laticínios, exceto envase de leite fluido” e “D-01-07-4 Resfriamento e distribuição de leite em instalações industriais e/ou envase de leite fluido.”, com Potencial Poluidor Médio e Classe 4, de acordo com a Deliberação Normativa COPAM N° 217/2017. Dentre os empreendimentos estudados, um deles ainda se encontra na fase de instalação, sendo a licença de instalação deferida pelo órgão ambiental.

A geração de efluentes líquidos possuem significativo potencial poluidor no corpo receptor se despejados sem tratamento. A partir dos dados dispostos no texto das licenças de cada empreendimento, foram listados os modelos de tratamento utilizados por cada empreendimento. Todas as licenças foram concedidas pelas SUPRAMs e foram obtidas, juntamente com os relatórios de automonitoramento no site do Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM).

Realização



Para coleta de dados referente às técnicas de tratamento de efluentes de laticínios, foi realizada uma seleção de artigos científicos disponíveis em bancos de dados online como Google Scholar e Portal de Periódicos da Capes, bem como teses, livros, literatura nacional e internacional, além da legislação vigente encontrados na rede mundial de computadores. Para tal, foram utilizadas palavras-chave para melhor delimitação da bibliografia, tais como: “laticínios”, “tratamento de ARL”, “tratamento de efluentes”, “águas residuárias de laticínios” e “reuso de ARL” e termos equivalentes em inglês.

Por fim, verificou-se a relação de eficiência encontrados na literatura para os parâmetros DBO, DQO, pH, oxigênio dissolvido, temperatura, nitrogênio, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, coliformes termotolerantes. Ainda, fez-se o apontamento das vantagens e possibilidades de reuso das águas residuárias de laticínios.

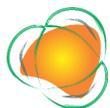
RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIOS

As águas residuárias provenientes das agroindústrias de laticínios resultam das atividades desenvolvidas no processo produtivo e são constituídas por leite e derivados, açúcar, pedaços de frutas, condimentos, essenciais, além de detergentes, desinfetantes, areia, lubrificantes (MACHADO et al., 2002). Segundo Brião (2006), os laticínios têm como fonte de geração de efluentes descarte de subprodutos, lavagem de equipamentos e instalações, derramamentos, descarte de produtos rejeitados, soluções de limpeza, entre outros. As águas de refrigeração e as águas de caldeiras geralmente são recirculadas, então não são consideradas como águas residuárias.

Dentre os principais efluentes lácteos e agentes poluidores, tem-se o soro, que é cerca de cem vezes mais poluente que o esgoto doméstico devido a elevada carga orgânica e altas concentrações de nutrientes. Na produção de 1 queijo, gera-se 9 litros de soro para 10 litros de leite utilizados no processo (LEITE; BARROZO; RIBEIRO, 2012). O soro é um efluente que não permite estocagem por muito tempo e possui alta carga orgânica, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) do soro varia de 25.000 a 120.000 mg.L⁻¹, são necessárias medidas que permitam um tratamento e descarte adequado, além

Realização



de meios de aproveitamento deste subproduto (SERPA, 2005).

Os efluentes líquidos decorrentes dos processos empregados pela indústria de laticínios a sua composição é influenciada pelos processos industriais utilizados e volume de leite processado (SILVA, 2011). Segundo CETESB (2006), a indústria de laticínios pode produzir um volume de 1 a 6 litros de efluente a cada litro de leite processado, um litro de leite possui cerca de 110000 mg de DBO e 210000 mg de DQO (MARGANHA, 2006). O leite, é composto em 87% por água, proteína em 3 a 4%, 3,5 a 6% de gordura, 5% de lactose e alguns minerais (SEREIA, 2014). Na Tabela 1 estão apresentados valores médios das principais variáveis físicas, químicas e bioquímicas dos efluentes industriais de fábricas de laticínios.

Tabela 1. Características das águas residuárias de laticínios segundo a literatura

Variáveis	Unidade	Água Residuárias de Laticínios (1)	Processamento do leite (2)	Soro (3)	Tanque de resfriamento de leite (4)
pH	-	5,5 - 13,0	4,0-7,0	4,5-4,9	5,6
DBO5	(mg L-1)	600-20.000	3.000-5.000	7.700- 40.000	403
DQO	(mg L-1)	600-56.000	5.000-1.0000	60.000- 68.000	702
Nitrogênio (N)	(mg L-1)	35-70	20-150	1.120	26
Fósforo (P)	(mg L-1)	<10 – 10	50-70	500	10
Sólidos Totais (ST)	(mg L-1)	300 - 10.000	3.000-7.000	1.350- 59.000	570
Óleos e Graxas	(mg L-1)	260-7.800	-	9.400	115

Fonte: (1) Matos e Matos (2017); (2 e 3) Karadag et al. (2015); (4) Saraiva et al. (2018).

TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LATICÍNIOS EM PROCESSOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Pelo levantamento realizado apontou-se a existência de 16 empresas do ramo de laticínios na região estudada. Observou-se nos dados coletados que entre as empresas pesquisadas nenhuma utiliza processos estritamente físicos/físico-químicos no tratamento de seus efluentes. Portanto, todas adotam conjugação entre processos físicos e/ou físico-químicos como pré-tratamento e tratamento primário, e processos microbiológicos como tratamento secundário dos efluentes. Processos para completa remoção de

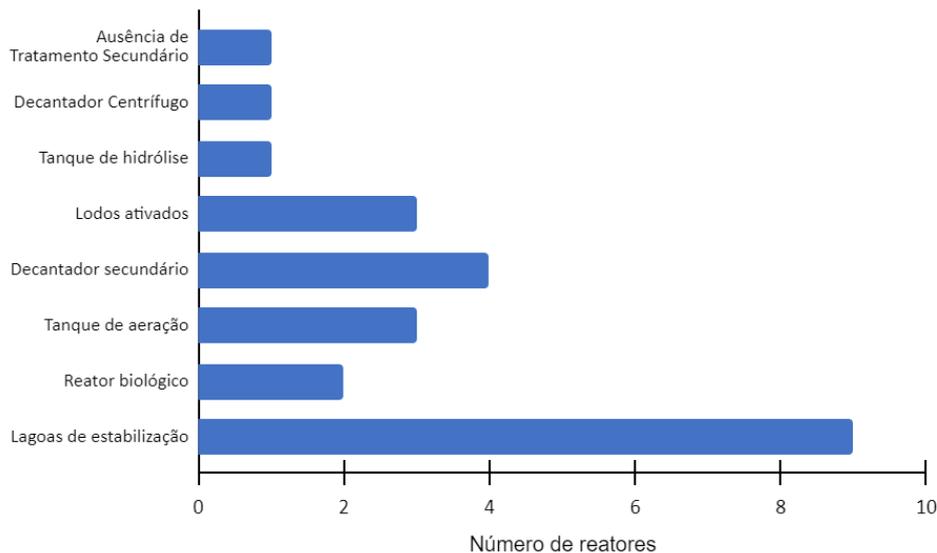
Realização



nutrientes ocorrem por meio da conjugação entre etapas aeróbias e anaeróbias do tratamento (SPERLING, 2002).

Outrossim, verificou-se que quatro (25%) das empresas utilizam tratamento em nível terciário ao efluente, com uma etapa de polimento. É nítido a predominância de processos anaeróbios e/ou conjugados aplicados como tratamento secundário, visto que somente uma das empresas utilizam vias estritamente aeróbias no tratamento dos seus efluentes. A figura 1, apresenta a quantidade de cada tecnologia de tratamento secundário presente nos laticínios analisados.

Figura 1. Tecnologias de tratamento secundário encontradas nos processos de licenciamento ambiental.



A utilização de sistemas de lagoas de estabilização é alta, visto que nove (56,25%) empresas empregam esta tecnologia nos seus processos. Sistemas de lagoas apresentam baixa complexidade, tanto construtiva quanto operacional, não necessitando de mão de obra qualificada alocada especificamente ao tratamento dos seus efluentes (SPERLING, 2002).

Segundo Sperling (2002), um dos maiores obstáculos na construção de lagoas de estabilização é a necessidade de grandes áreas para construção. Entretanto, observou-se que 14 (87,5%) dos laticínios estudados estão localizados em zona rural, com grande

Realização



disponibilidade de área.

Os poluentes presentes no soro do leite não são destinados para estação de tratamento de efluentes. À exceção do soro, todos os demais efluentes podem ser tratados conjuntamente, incluindo aqueles com presença de detergentes e desinfetantes (Mendonça et. al, 2015). Destarte, todos os processos analisados declararam que o soro é encaminhado para nutrição animal, doação ou venda para terceiros. A Tabela 2, elenca os principais resultados encontrados na literatura para as tecnologias de tratamento de ARL e eficiência de remoção dos contaminantes.

Tabela 2. Tecnologias de tratamento encontradas na literatura e eficiências médias de remoção

Autor	Tecnologias	Eficiência de Remoção (%)					
		DBO	DQO	ST	NTK	PT	O&G
Abreu et al. (2016)	Lagoas de estabilização	93,99	93,57	83,84	-	-	-
Azzolini (2013)	Lodos ativados e Lagoas de Estabilização	99,71	99,24	76,45	-	84,57	99,39
Rosendo (2021)	Lagoas de Estabilização	90,15	94	-	-	-	-
Mendonça et. al (2015)	Sistemas Alagados Construídos (SAC's)	86,5	-	-	-	-	-
Silva et al. (2018)	Sistemas Alagados Construídos (SAC's)	32,5	26,3	97	-	-	-
Britz et al. (2006)	Reator em batelada	-	93,5	63	-	-	-
AMINI et al. (2013)	UASB	-	71	-	95	96,5	-

Abreu et al. (2016), atestaram a viabilidade das lagoas de estabilização no tratamento de águas residuárias de laticínios. Segundo os autores, o sistema de tratamento de efluente, compreendido por grade de retenção, caixa de gordura, e lagoas de estabilização, é eficiente na remoção da concentração da matéria orgânica presente, bem como óleos e graxas. Foram apresentadas eficiências de 93,99%, 93,57%, 83,84% e 80,00%, para respectivamente, DBO, DQO, sólidos totais e sólidos sedimentáveis (Abreu et al., 2016).

Outrossim, Azzolini (2013) avaliou a eficiência do sistema de tratamento de efluentes por lodo ativado e lagoas de estabilização. O autor obteve eficiências de remoção de turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais, Óleos e Graxas, Cor, Fosfato,

Realização



Ferro, DBO, DQO e Surfactantes, na ordem de 99,84; 98,82; 76,45; 99,39; 94; 84,57; 86,94; 99,24; 88,08; 99,71; 99,57 e; 97,71%, respectivamente.

Com o fito de comparar os resultados de análise de água de dois processos de tratamento de efluentes, sendo o sistema convencional de lagoas e o filtro biológico, Silva (2012) identificou que o sistema de biofiltro apresentou melhor desempenho em relação ao uso de lagoas, com uma maior remoção em todos os parâmetros analisados.

No trabalho realizado por Rosendo (2021), teve por objetivo avaliar a eficiência de uma estação de tratamento de efluentes de laticínio usando métodos convencionais de tratamento constituído por duas lagoas, uma anaeróbia e outra aeróbia. O processo de tratamento empregado se mostrou eficiente na remoção de poluentes, uma vez que os valores médios de pH (8,12), DQO (94%) e DBO (90,15%). O autor conclui que a ARL é potencialmente biodegradável e sugere a avaliação de outros parâmetros, tais como, sólidos e nutrientes.

Para que a maior remoção de nutrientes ocorra, é indicado a da conjugação entre etapas aeróbias e anaeróbias do tratamento, entretanto alguns estudos indicam tecnologias capazes de realizar a remoção de nutrientes em uma única etapa de tratamento. Diante do exposto, o sistema Upflow anaerobic anoxic flocculated sludge bioreactor (UAASB) tem destaque, apresentando remoção de 71% para DQO, 95% para nitrogênio total e 96,5% para fósforo (AMINI et al., 2013). Não obstante, os processos de oxidação avançada têm sido considerados uma boa alternativa no tratamento de efluentes complexos como os de laticínios, podendo ser utilizados como pré-tratamento, aumentando a biodegradabilidade, pós-tratamento ou até como etapa única (MENDES, 2014).

REÚSO DAS ARL E APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS

Dentre as novas alternativas para disposição final do lodo gerado em estações de tratamento de efluentes, tem-se a reutilização para o uso em solos agrícolas e florestais, a exemplo da silvicultura de eucaliptos. O estudo realizado por Singh (2013), revelou que o lodo gerado pela indústria de laticínios é eficaz para o crescimento de rizóbios. Segundo os autores, 60% de lodo lácteo é um meio adequado para o crescimento obtendo melhores resultados quando comparado ao meio padrão usado para Rhizobium. Assim, concluíram

Realização



que o custo de produção de biofertilizantes será reduzido com a reutilização do lodo da indústria de laticínios como substrato (SINGH et al., 2013).

Outro aspecto relevante das indústrias de laticínios é que podem ser caracterizadas como grandes consumidores de energia. Klumb e Sainz (2018), aborda a reutilização dos lodos para geração de energia térmica. De acordo com os dados, os lodos gerados no tratamento de ARL possuem elementos que através da oxidação têm capacidade de gerar calor. Portanto, é possível convertê-lo em combustível, a partir da queima em caldeiras. Vale ressaltar que independente da finalidade, a utilização de lodo não estabilizado é vetada pela Resolução CONAMA 375/2006. Portanto, deve-se considerar as substâncias patogênicas, presença de metais pesados e o método para estabilização.

Portanto, a digestão anaeróbia serve como uma alternativa para recuperação da energia contida nos resíduos, possibilitando a geração de biogás (FELDKIRCHER, 2015). De acordo com Chernicharo (2007), oriundo da digestão anaeróbia pode ser utilizado, tanto para o complemento de energia elétrica como na produção de calor. O autor explica que o biogás é constituído principalmente por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), amônia (NH₃) e gás sulfídrico (H₂S) (CHERNICHARO, 2001). Cruz (2019), em pesquisa realizada sobre a co digestão de lodo de laticínios, afirma que os biodigestores possuem potencial para o tratamento do lodo. A estrutura possui condições adequadas para que as estabilizações da matéria orgânica pelas bactérias, gerando o biogás.

No que tange aos efluentes líquidos, as indústrias de laticínios, o reuso de surge como uma alternativa sustentável para redução do consumo de água na lavagem de pátios, equipamentos, estruturas, torres de resfriamento, condensadores e alimentação da caldeira (FERNANDES e NAVAL, 2017). Ainda, o reciclo evita a sobrecarga nos sistemas de tratamento e atua como um instrumento na diminuição de custos (QUAGLIA et al., 2013). Devido à qualidade nutricional, rendimento e capacidade de contaminação do soro, é fundamental identificar alternativas que aproveitem ao máximo o soro (GIROTO e PAWLOWSKY, 2001). O soro de leite é utilizado há muitos anos para produzir alimentos para consumo humano e animal, 89% dos laticínios da Zona da Mata mineira utilizam o soro de leite para fabricação destes produtos (SILVA e CASTRO, 2006). Burke et al. (2001) observaram um aumento significativo da massa muscular em adultos jovens que

Realização



suplementaram com whey protein e realizaram em comparação com um grupo que não recebeu suplementação. O uso do soro de leite como fertilizante é uma técnica muito comum em alguns países, pois este subproduto é fonte de nitrogênio, fósforo e potássio (GHERI et al., 2003). O soro de leite é utilizado industrialmente para produzir ácido láctico por meio de processos fermentativos é o substrato mais utilizado para esse fim (AZEVEDO et al., 2007).

CONCLUSÕES

Em consonância com os resultados obtidos, foi possível concluir que as empresas utilizam sistema primário de tratamento de efluentes baseados em métodos predominantemente físicos. O tratamento em nível secundário, biológico, apresenta predominância de sistemas conjugados para maior remoção de nutrientes. Os sistemas compostos por lagoas de estabilização, foram utilizados por 56,5% das empresas, o que pode ser reflexo da alta disponibilidade de área, visto que 87,5% dos laticínios de grande porte em Minas Gerais estão instalados em zona rural.

O reuso da água é pouco realizado pelas empresas estudadas. Em contrapartida, a literatura consultada traz resultados satisfatórios para destinação final ambientalmente adequada para o lodo gerado, tais como queima em caldeiras e aplicação como biofertilizante. Não obstante, há a possibilidade de aproveitamento energético do biogás gerado nas lagoas anaeróbias. Por fim, o efluente tratado pode ser reutilizado nos processos de lavagem e torre de resfriamento, evitando a sobrecarga de fontes de água potável, e o soro de leite pode ser utilizado para produzir alimentos para consumo humano e animal.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ABREU, Cristiane et al. Estimativa do desempenho das lagoas de estabilização em um laticínio. *Synergismus scientifica UTFPR*, v. 1, n. 1, p. 278-284, 2016.

Realização



AMINI, M.; YOUNESI, H.; LORESTANI, A. A. Z.; NAJAFPOUR, G. Determination of optimum conditions for dairy wastewater treatment in UAASB reactor for removal of nutrients. **Bioresource Technology**, v.145, p. 71-79, 2013.

AZEVEDO, F. L. A. A. et al. Enriquecimento Nutricional de Pão de Forma com Soro de Leite em Pó. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 27., 2010, Juiz de Fora. **Anais do Congresso Nacional de Laticínios**. Juiz de Fora: EPAMIG/ILCT, 2010. 1 CD-ROM.

AZZOLINI, José Carlos; FABRO, Lucas Fernando. Monitoramento da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de um laticínio da região meio-oeste de Santa Catarina. **Unoesc & Ciência-ACET**, v. 4, n. 1, p. 43-60, 2013.

BRIÃO, V. B. Estudo de Prevenção à Poluição de Resíduos Líquidos em uma Indústria de Laticínios. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2006.

CARVALHO, F; PRAZERES, A. R.; RIVAS, J. Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. Science of the total environment, v. 445, p. 385-396, 2013

FERNANDES, T. A.; NAVAL, L. P. Potencial de utilização de efluentes tratados de laticínios. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais – RBCIAMB**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 12, p. 46- 59, 2017.

GHERI, E. O.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.6, p.753-760, 2003.

GIROTO, J. M.; PAWLOWSKY, U. O soro de leite e as alternativas para o seu beneficiamento. **Brasil Alimentos**, v.2, n.5, p. 43-46, 2001.

GOTTSCHALL, N., Boutin, C., Crolla, A., Kinsley, C., & Champagne, P. The role of plants in the removal of nutrients at a constructed wetland treating agricultural (dairy) wastewater, Ontario, Canada. **Ecological Engineering**, 29(2), 154–163, 2007.

JORDÃO, E. P., PESSOA, C., A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 8ª ed. Rio de Janeiro. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017. 916p.

MACHADO, R.M.G.; FREIRE,V.H.; SILVA, P.C.; FIGUERÊDO, D.V.; FERREIRA, P.E. Controle ambiental nas pequenas e médias indústrias de laticínios. Projeto Minas Ambiente, Belo Horizonte, 224p., 2002.

MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S. S.; LO MONACO, P. A. V. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias de indústria de laticínios. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1144-1155, 2012.

MATOS, A.T; MATOS, P.M. Disposição de Água Residuária no solo e em Sistemas Alagados Construídos: 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2017.

MENDONÇA, H. V. D.; RIBEIRO, C. B. D. M.; BORGES, A. C.; BASTOS, R. R. Sistemas Alagados Construídos em Batelada: remoção de demanda bioquímica de oxigênio e regulação de

Realização



pH no tratamento de efluentes de laticínios. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 442-453, 30 abr. 2015. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi).

MENDES, P. R. A.; ZIZAS, L. N.; FARIA, L. F. F. Utilização de processo oxidativo avançado do tipo foto-fenton na degradação de efluente da produção de queijos. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA – COBEQ, 20., 2014, Florianópolis. **Anais**. v. 1, 2014, p. 24.674.

O'NEILL, A., Foy, R. H., & Phillips, D. H. Phosphorus retention in a constructed wetland system used to treat dairy wastewater. **Bioresource Technology**, 102(8), 5024–5031, 2011.

QUAGLIA, A.; PENNATI, A.; BOGATAJ, M.; KRAVANJA, Z.; SIN, G.; GANI, R. Industrial process water treatment and reuse: a framework for synthesis and design. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 53, n. 5, p. 5160-5171, 2013.

ROSENDO, T. F. et al. Avaliação do sistema alagado construído (SAC) no tratamento de efluentes oriundos de agroindústrias de laticínios. 2021.

SARAIVA, C. B. et al. influence of substrate and species arrangement of cultivated grasses on the efficiency of horizontal subsurface flow constructed wetlands. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 3, p. 417-425, 2018.

SCHIERANO, M. C., Maine, M. A., & Panigatti, M. C. . Dairy farm wastewater treatment using horizontal subsurface flow wetlands with *Typha domingensis* and different substrates. **Environmental Technology**, 38(2), 192–198, 2017.

SILVA, D. J. P.; CASTRO, V. C. Perfil das micro e pequenas indústrias de laticínios da Zona da Mata mineira. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.61, n.2, p.249-253, 2006.

SEREIA, M. J. Planos de Aula- Tecnologia de Leites e Derivados, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

SILVA, A. C. F. M. Tratamento de resíduos líquidos de laticínios em Reator Anaeróbio Compartimentado seguido de Leitos Cultivados. Tese (Doutorado), FEAGRI – Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, Campinas-SP, 2011.

VON SPERLING, M. Lagoas de estabilização. In: **Lagoas de estabilização**. 2002. p. 196-196.

VON SPERLING, M.; SALAZAR, B. L. Determination of capital costs for conventional sewerage systems (collection, transportation and treatment) in a developing country. **Water, Sanitation and Hygiene for Development**, v.3, n.3, p. 365-374, set. 2013.

Realização

