

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA AMBIENTAL



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA AMBIENTAL



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Coleção desafios das engenharias: engenharia ambiental

Diagramação: Gabriel Motomu Teshima
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia ambiental /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-799-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.991212112>

1. Engenharia ambiental. I. Paniagua, Cleiseano
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2021

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção desafios das engenharias: Engenharia ambiental” apresenta onze capítulos de livros que foram divididos em duas temáticas: *i)* recuperação e preservação do meio ambiente em seus diferentes ecossistemas e *ii)* desenvolvimento e aplicação de diferentes técnicas de tratamento para remoção de diferentes contaminantes nas mais diversas matrizes aquáticas e os riscos à saúde pela poluição atmosférica proveniente da combustão de biocombustíveis, madeira e tabaco.

O primeiro tema é constituído por seis capítulos que apresentam estudos bem diversificados. O capítulo I apresenta um estudo de caso em relação à compensação ambiental proveniente da instalação de barragem de terra. No segundo, foi investigado a proposta de implementar um programa de recuperação ecológica dos manguezais. Já o terceiro apresenta um estudo de revisão em relação ao descarte inadequado de medicamentos e as inúmeras consequências aos diferentes ecossistemas e organismos vivos. O quarto capítulo apresentou um estudo que avaliou a abertura de novas fontes de águas termais com o intuito de atrair turistas e possibilitar a geração de emprego e renda a partir da abertura destas novas fontes de águas termais localizados em uma região de Portugal. Já o quinto capítulo apresenta um estudo que avaliou a implantação de um sistema fotovoltaico com o intuito de utilizar uma fonte de energia inesgotável em substituição às hidrelétricas e as térmicas que são extremamente caras e oferecem um enorme impacto ambiental se comparado a solar. Por fim, o capítulo VI se dedicou a correlacionar as mudanças climáticas com aspectos hidrofísicos em relação a morfologia das inúmeras bacias hidrográficas.

O segundo tema apresenta cinco capítulos que investigaram diferentes formas de tratamento de matrizes aquosas e os riscos provenientes da combustão de matéria orgânica. O capítulo VII avaliou a aplicação do tratamento hidrotérmico para reduzir a podridão peduncular, o que resultaria no maior tempo para estar se consumindo o fruto o que levaria a redução no descarte deste alimento. O capítulo VIII avaliou o tratamento de águas residuárias de um laticínio utilizando um Reator de Leito Móvel com Biofilme (MBBR). Já o capítulo IX apresenta um trabalho que teve como finalidade realizar o tratamento de efluentes provenientes do setor agroindustrial dentro do cenário brasileiro. Por outro lado, o capítulo X aborda o emprego de Processos Oxidativos Avançados (POAs) para realizar a remoção de antibióticos e hormônios detectados em águas superficiais e efluentes domiciliares. Por fim, o capítulo XI que traz à tona a poluição atmosférica provenientes da combustão de biocombustíveis, lenha, tabaco e outros e sua relação com os inúmeros problemas de saúde em especial os respiratórios.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos

com garantia de qualidade e excelência em forma de livros e capítulos de livros que são disponibilizados no site da Editora e em outras plataformas digitais com acesso gratuito.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

COMPENSAÇÃO AMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO NA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA BARRAGEM DE TERRA

Eduardo Antonio Maia Lins
Karina Moraes de Albuquerque
Adriane Mendes Vieira Mota
Andréa Cristina Baltar Barros
Maria Clara Pestana Calsa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121121>

CAPÍTULO 2..... 14

RECUPERAÇÃO ECOLÓGICA DE MANGUEZAIS EM SISTEMA DE CONFINAMENTO CELULAR (GEOCÉLULAS): ESTUDO DE CASO EM ÁREA PORTUÁRIA NO GOLFÃO MARANHENSE, BRASIL

Flávia Rebelo Mochel
Ivanilson Luís Alves Fonsêca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121122>

CAPÍTULO 3..... 27

DESCARTE INCORRETO DE MEDICAMENTOS: MAU HÁBITO SOCIAL, IRRESPONSABILIDADE NA LOGÍSTICA REVERSA, AUSÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO/ LEGISLAÇÃO E OS INÚMEROS DANOS AMBIENTAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Bruno Elias dos Santos Costa
Anelise dos Santos Mendonça Soares
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121123>

CAPÍTULO 4..... 38

ESTUDOS HIDROGEOAMBIENTAIS NUMA REGIÃO DO INTERIOR DE PORTUGAL PARA POTENCIALIZAR O NASCIMENTO DE UMAS NOVAS TERMAS

André Manuel Machado Fonseca
Luís Manuel Ferreira Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121124>

CAPÍTULO 5..... 52

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO – ESTUDO DE CASO

Eduardo Antonio Maia Lins
Juliana Viana Machado de Castro
Adriane Mendes Vieira Mota
Andréa Cristina Baltar Barros
Maria Clara Pestana Calsa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121125>

CAPÍTULO 6.....58

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS NA HIDROFÍSICA DA MORFOLOGIA QUANTITATIVA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Lazaro Nonato Vasconcellos de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121126>

CAPÍTULO 7.....69

TRATAMENTO HIDROTÉRMICO NO CONTROLE DE PRODRIDÃO PEDUNCULAR EM MAMÃO PAPAYA

Gabriela Sales Mangolin

Érica Tiemi Konda

Rafaella Zambelli Baptista

Rosely dos Santos Nascimento

Daniel Terao

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121127>

CAPÍTULO 8.....77

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIO EM REATORES DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME (MBBR)

Cíntia Clara Viana

Marcelo Henrique Otenio

Henrique Vieira de Mendonça

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121128>

CAPÍTULO 9.....93

WETLANDS CONSTRUÍDOS COMO SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA APLICADOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS NO BRASIL

Heloísa Dalla Rosa

Gabriel André Tochetto

Gean Delise Leal Pasquali

Adriana Dervanoski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121129>

CAPÍTULO 10.....109

TECNOLOGIAS AVANÇADAS PARA A REMOÇÃO DE ANTIBIÓTICOS E HORMÔNIOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E EFLUENTES DOMÉSTICOS

Aline Paula Scussel

Gabriel André Tochetto

Adriana Dervanoski

Gean Delise Leal Pasquali

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99121211210>

CAPÍTULO 11.....126

LA CONTAMINACIÓN INTRAMUROS DEL HUMO DE BIOMASA

Demetrio Soto Carbajal

Andrés Zózimo Ñahui Gaspar

Hipólito Vargas Sacha
Eden Soto Aparco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99121211211>

SOBRE O ORGANIZADOR:	140
ÍNDICE REMISSIVO	141

CAPÍTULO 8

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIO EM REATORES DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME (MBBR)

Data de aceite: 01/11/2021

Cíntia Clara Viana

Universidade Federal de Juiz de Fora
<http://lattes.cnpq.br/4004860221361021>

Marcelo Henrique Otenio

Embrapa Gado de Leite
<http://lattes.cnpq.br/7429610959671819>

Henrique Vieira de Mendonça

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/8897355054570578>

RESUMO: No presente trabalho foi avaliada a eficiência de um sistema de tratamento de efluentes de um laticínio por meio de sistema biológico composto por Reator de Leito Móvel com Biofilme “*Moving Bed Biofilm Reactor*” (MBBR). O sistema avaliado opera em escala real em um laticínio localizado na região da Zona da Mata no estado de Minas Gerais. O MBBR opera com volume útil de 180 m³, tempo de retenção hidráulica de 14 (±2) horas, recebendo uma vazão de 13,5 (±2,6) m³/hora. Foram realizadas coletas do efluente primário após flotor, antes dos reatores biológicos e na saída do decantador para o monitoramento do sistema. Um estudo de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi realizado em ambos para se conhecer a microbiologia do sistema e supor a qualidade e quantidade dos microrganismos. Os referenciais legais para análise de eficiência foram baseados na Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 que

estabelece padrões para lançamento de efluente em curso de água. O sistema MBBR mostrou ser uma alternativa eficiente para o tratamento do efluente, mantendo o pH com média de 7,6, com eficiência média na remoção de DBO₅ e DQO de 98%. As remoções de óleos e graxas e sólidos também foram adequados. Este estudo em escala real confirma a eficácia de tratamento do sistema MBBR para tratamento de águas residuárias de laticínios após passagem por sistema de flotação.

PALAVRAS-CHAVE: agroindústria, tratamento biológico, controle de poluição.

DAIRY WASTEWATER TREATMENT IN MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR)

ABSTRACT: In present work, the efficiency of a dairy effluent treatment system was evaluated by means of a biological system composed Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). The evaluated system operates on a full scale in a dairy located at Zona da Mata region in the state of Minas Gerais. The MBBR operates with a useful volume of 180 m³, hydraulic retention time of 14 (±2) hours, receiving a flow of 13.5 (±2.6) m³/day. Collections of the primary effluent were carried out after the floater, before the biological reactors and at the exit of the decanter to monitor the system. A Scanning Electron Microscopy (SEM) study was carried out in both to understand the microbiology of the system and assume the quality and quantity of the microorganisms. The legal references for the analysis of efficiency were based on the joint Normative Deliberation COPAM/CERH nº 01/2008 (MG-BR), which

establishes standards for effluent discharge into watercourse. The MBBR system proved to be an efficient alternative for the treatment of effluent, maintaining the pH with an average of 7.6, with an efficiency in the removal of BOD₅ and COD of 98%. Removals of oils and greases and solids were also suitable. This full-scale study confirms the treatment effectiveness of the MBBR system for treatment of dairy wastewater after passing through a flotation system.

KEYWORDS: agroindustry, biological treatment, pollution control.

1 | INTRODUÇÃO

Conforme dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) existem tendência de crescimento na produção de leite no Brasil. As projeções realizadas pelo Governo estimam um aumento entre 2,0 e 2,8% para os próximos 10 anos. Essa tendência refletirá no aumento da atual produção que é de 34,4 bilhões de litros para 42,0 a 46,8 bilhões de litros (BRASIL, 2019).

A cadeia produtiva do leite e derivados possui importante papel social e econômico (CARVALHO; PRAZERES; RIVAS, 2013), pois ofertam trabalho e contribuem para aumento do PIB gerando empregos e renda.

Por outro lado, as indústrias de laticínios exercem uma atividade potencialmente poluidora, podendo impactar negativamente o meio ambiente, principalmente os recursos hídricos (FAGUNDES; VEIGA; SOUZA, 2020). As agroindústrias de laticínios geram de 1 a 3 L de água residuárias para cada litro de leite processado, em média, e este resíduo contém relevantes concentrações de matéria orgânica e nutrientes (MENDONÇA et al., 2015; MENDONÇA et al., 2017).

Sendo assim, a água residuária de laticínios (ARL), requerem tratamentos eficientes para remoção de sólidos, matéria orgânica, nutrientes, óleos e graxas entre outros (LONGARETTI et al., 2016). Em Minas Gerais, estado brasileiro que mais produz leite, os sistemas mais comuns utilizados para tratamento da ARL são: lodos ativados por aeração prolongada, lodos ativados em bateladas, lagoas facultativas aeradas e sistemas conjugados com sistema anaeróbio (lagoa anaeróbia, filtro anaeróbio) seguido de lagoas facultativas (convencionais ou aeradas).

Em 1980, na Noruega, foi desenvolvido o sistema *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Tal tecnologia visa elevar a eficácia do tratamento de águas residuárias pela conjugação do processo de produção de biomassa bacteriana suspensa com aderida, formadora de biofilme (SILVA et al., 2020).

Esse processo de tratamento tem como fundamento o desenvolvimento de biofilme em leito móvel que associado à biomassa em suspensão (que também é típica do sistema de lodos ativados), vão degradar a matéria orgânica (FUJII et al., 2013).

Este trabalho teve como objetivo, a realização de uma análise temporal sobre o tratamento da ARL por meio do sistema *MBBR* em escala real, comparando-se os resultados com a legislação vigente para lançamento de efluentes em curso hídrico no

estado de Minas Gerais.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Parâmetros analisados

Os parâmetros avaliados no presente estudo foram: pH, DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxigênio/5 dias), DQO (Demanda Química de Oxigênio), óleos e graxas, SST (Sólidos Suspensos Totais) e microbiologia por microscopia de varredura.

2.2 Coleta das amostras

O efluente utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho foi coletado em um laticínio localizado na região da Zona da Mata no estado de Minas Gerais pelo período de nove meses consecutivos. A coleta mensal do efluente foi realizada em dois pontos: 1º) depois do flotor, caracterizando-se como afluente do sistema MBBR e 2º) após decantador secundário (após os reatores aeróbios MBBR), caracterizando-se como efluente.

2.3 Procedimentos analíticos

O pH foi analisado em campo através do pHmetro de bancada Simpla PH140 com sonda. A determinação da DBO_5 , DQO, óleos e graxas e SST foi realizada por metodologia colorimétrica 5220 de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). O procedimento utilizado para o estudo de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) seguiu as recomendações de DEDAVID, GOMES e MACHADO, 2007, gerando imagens com aumento de 1000 vezes.

2.4 Descrição dos reatores

Foram operados dois reatores construídos em concreto e em série. As dimensões dos reatores eram de 4,75 metros de largura, 9,5 metros de comprimento e 5,0 metros de altura total, sendo 4,0 metros de nível líquido. O volume útil total era de 180 m³. O tempo de retenção hidráulica (TRH) médio era de 14 h (± 1 h) considerando-se vazão média de entrada de aproximadamente 13,5 m³/ hora. A vazão afluente aos reatores era regulada por meio de bomba hidráulica submersa em tanque de equalização. Os reatores MBBR eram aerados por soprador de ar da marca Atlas com vazão de 1.200 Nm³/h. O ar é conduzido por tubulações de aço inox até chegar aos difusores com furos de 4 mm, gerando bolhas de tamanho médio. O sistema foi preenchido com 60% de biomedias que equivale a 108 m³. As biomedias são do tipo BWT-X fornecidas pela Biowater/Noruega e possuem área específica 650m²/m³ de PEAD com peso específico de 0,95 kg/L.



Figura 1. Aspecto dos reatores *MBBR* monitorados e efluente clarificado após o decantador secundário.

2.5 Parâmetros operacionais

A tabela abaixo descreve as faixas dos parâmetros típicos de operação de reatores *MBBR* e os valores utilizados durante o período de avaliação do presente trabalho (adotados).

Parâmetro	Valores típicos	Valores adotados
Tempo de Retenção Hidráulica (h)	4-36	14 (± 1)
Relação F/M - ($kgDBO/kgSSVT$)	0,007 a 0,5	0,1 ($\pm 0,02$)
COV ($kgDBO/m^3tanque.d$)	0,35 a 3,0	1,8 ($\pm 0,2$)
Índice Volumétrico de Lodo – IVL	>150	200 (± 50)
Idade do lodo	20 a 40 dias	30 (± 2)
SSTA (mg/L)	1000 a 6000	2000 (± 50)

Tabela 1. Parâmetros típicos de operação dos sistemas *MBBR* para águas residuárias de laticínios e valores adotados na operação avaliada na presente pesquisa.

A partir dos dados sumarizados na Tabela 1, foram obtidos os resultados operacionais de controle e monitoramento do sistema *MBBR*.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 pH

O valor médio de pH para o efluente do sistema *MBR* foi de aproximadamente 5,1 ($\pm 0,67$). A presença de ácidos utilizados para limpeza de equipamentos e tubulações alteram o pH da água residuária, tornando o pH ácido o que pode interferir no crescimento bacteriano (SILVA; SIQUEIRA; NOGUEIRA, 2018). Quando o pH diminui, é aumentada a

concentração de óxidos de nitrogênio, especialmente N_2O , que é tóxico em determinadas concentrações (XIE, WAN e WU, 2020). Conforme Ribeiro, 2017, dentro do sistema de tratamento aeróbio, as emissões de N_2O podem variar e esta variação se relaciona diretamente à dinâmica das condições operacionais (variabilidade da carga orgânica, taxa de aeração e temperatura).

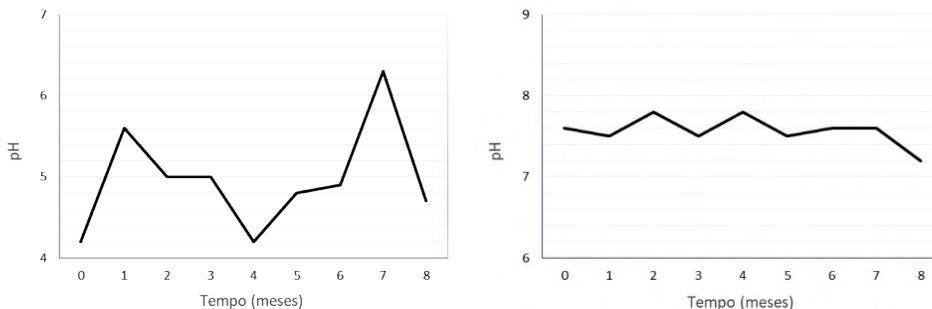


Figura 2. Comportamento temporal do pH ao longo de 9 meses na entrada dos reatores (esquerda) e saída do decantador secundário (direita).

Para o efluente de saída, o valor médio obtido foi de 7,6 ($\pm 0,18$). O valor encontrado atende aos parâmetros estabelecidos pela Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 (BRASIL, 2008) que está na faixa de 6,0 a 9,0. Notadamente a água residuária com pH baixo na entrada do sistema sofreu tamponamento no interior dos reatores, principalmente pela considerável concentração de matéria orgânica biodegradável contida no afluente.

Um estudo onde foram avaliadas lagoas em série, anaeróbia e aeróbia, o pH atingiu valor médio final de 8,12 (POKRYWIECKI et al., 2013), maior que o da presente pesquisa.

O valor de pH ideal para processos de nitrificação está na faixa de 8,0 a 9,0 (XIE, WAN e WU, 2020). Nitrificação é a expressão utilizada para explicar a primeira fase do processo, que é a remoção biológica do nitrogênio, ao mesmo tempo em que a amônia é biologicamente convertida a nitrito e o nitrito à nitrato.

Valores de pH abaixo de 7,0 afetam o rendimento da desnitrificação (XIE, WAN e WU, 2020), reduzindo a remoção de compostos nitrogenados. A desnitrificação é um processo, executado por bactérias heterotróficas, no qual ocorre a remoção biológica do nitrato que é convertido à óxido nítrico, óxido nitroso e gás nitrogênio (N_2). Nesse processo atuam, principalmente, os gêneros de bactérias *Alcaligenes*, *Paracoccus*, *Pseudomonas*, *Thiobacillus* e *Thiosphaera* (ZOPPAS; BERNARDES; MENEGUZZI, 2016).

3.2 DBO₅

O valor médio de DBO₅ encontrado para o afluente foi de 1.863,4 mg/L ($\pm 1.050,2$)

e para o efluente foi de 37,2 mg/L ($\pm 24,8$). Conforme Batista e Aguiar (2018), a DBO_5 é um dos principais parâmetro de monitoramento de estações de tratamento de efluentes, por refletir impactos negativos ao meio aquático quando lançada em concentrações suficientes para alterar a classe do curso d'água ou consumir O_2 a ponto causar mortalidade de vida aquática.

Assim como nesse estudo, Pokrywiecki (2013) investigou o tratamento de efluentes de laticínios em tratamentos convencionais compostos por duas lagoas em série (anaeróbia/aeróbia), e registrou concentrações médias de DBO_5 na entrada dos sistemas de 2.267,25 mg/l e 90% de remoção. Bakar et al. (2020) ao investigar o *MBBR* no tratamento de efluentes de uma fábrica de óleo de palma, registrou valores de DBO_5 na entrada do sistema de 3.000 mgL^{-1} e remoção deste parâmetro em até 80%. Os valores de DBO_5 , segundo Calderón et al. (2012) podem ser alterados conforme o volume de enchimento e concentração de substrato.

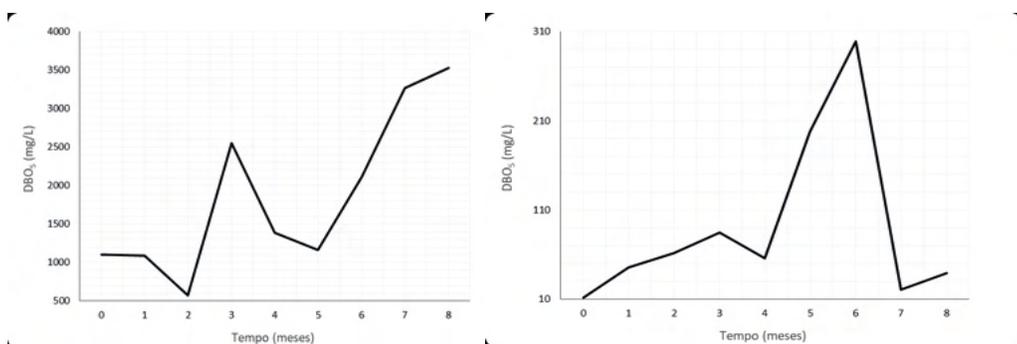


Figura 3. Comportamento temporal da DBO_5 ao longo de 9 meses na entrada dos reatores (esquerda) e saída do decantador secundário (direita).

Para o sistema estudado, observou-se 98% ($\pm 0,02$) de remoção de DBO_5 em média. Nos meses 6 e 7, as remoções foram as menores registradas durante o estudo, com valor de 94%. Mesmo os menores valores na remoção de DBO_5 , atendem aos parâmetros estabelecidos pela Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH n° 01/2008 (BRASIL, 2008) que é de no mínimo 75%, com média anual de 85%, para fins de lançamento do efluente tratado em curso de água. Os valores encontrados por Boeri (2019) foram similares ao desse estudo, 1.137,50 mg/L com remoção de 95,35% no tratamento biológico de um abatedouro de bovinos utilizando reator do tipo lodos ativados com TRH de 76 horas (microbiologia anóxica/aeróbia).

3.3 DQO

Para DQO, no afluente foi de 4.620,3 mg/L ($\pm 1.854,6$). A DQO pode se apresentar elevada (até 5.000 mg/L) em indústrias de laticínios, devido à grande concentração de

matéria orgânica, proveniente do resíduo característico desta indústria com remanescente de leite, gorduras, carboidratos, proteínas (ROCHA; CARDOSO; VIEIRA, 2018). Valores de DQO maiores que 5.000 mg/L indicam entrada de soro de leite ao sistema, o que pode prejudicar a eficiência dos sistemas de tratamento, além de tornar inviável economicamente a áreação de reatores com valores tão elevados de DQO.

Vale ressaltar que, de acordo com Batista e Aguiar (2018), é por meio do teste de DQO que é medida a quantidade de oxigênio consumida devido a oxidação química da matéria orgânica, ao mesmo tempo em que se mede indiretamente o teor de matéria orgânica presente.

A média encontrada para o efluente de saída foi de 95,1 mg/L \pm 50,2.

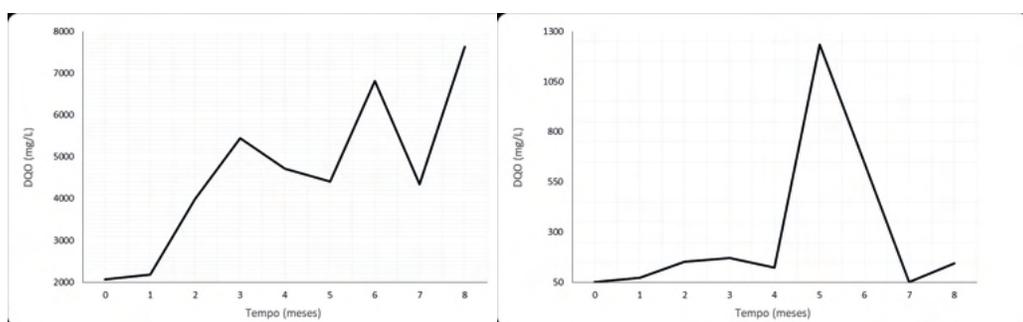


Figura 4. Comportamento temporal ao longo de 9 meses de DQO de entrada (esquerda) e saída (direita) dos reatores.

No mês 6 e 7, ocorreu uma elevação nos teores de DQO devido a mudanças nos processos produtivos do laticínio, que consistiram em maior produção de queijos. Neste período a eficiência caiu da casa dos 90% para 74%, indicando que a microbiologia do reator estava se adaptando a nova situação imposta pela afluente com novas características e composição orgânica.

No estudo em questão, verifica-se 98% (\pm 0,05) de eficiência de remoção. Acima do estabelecido pela Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 que é de no mínimo 70%, com média anual de 75%.

No estudo de Pokrywiecki, 2013, foram registradas remoções de até 94% em sistemas de lagoas em série anaeróbio/aeróbio. Embora eficiente tal sistema necessita de tempos de retenção hidráulica na casa de dias, enquanto o MBBR proporciona estes resultados de remoção em horas. Boeri (2019) reportaram a eficácia de remoção do sistema de lodo ativado (94,53%) ao tratar águas residuárias de um abatedouro de bovinos indicando eficiência próxima ao sistema de lagoas, mas ainda um pouco menor em comparação ao MBBR.

3.4 Óleos e Graxas

Os resultados para óleos e graxas no afluente e efluente foram de 12,6 mg/L ($\pm 5,60$) e 14,7 mg/L ($\pm 4,40$), respectivamente. Esses valores se encontram dentro do estabelecido pela Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 que é de 50 mg/L.

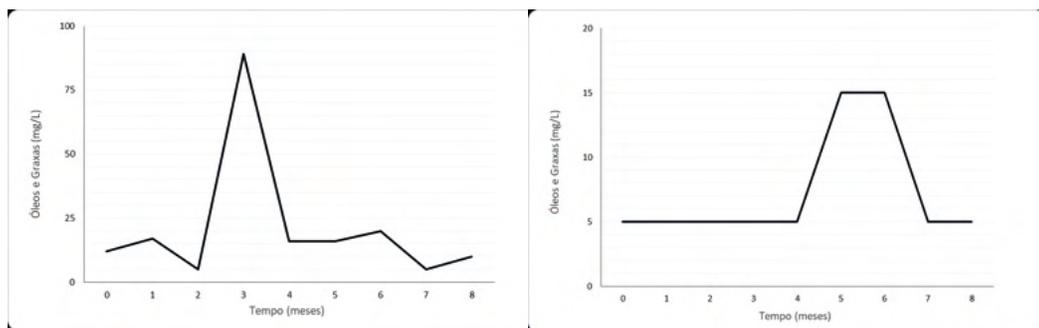


Figura 5. Comportamento temporal ao longo de 9 meses de óleos e graxas de entrada (esquerda) e saída (direita) dos reatores MBBR.

Já Morais et al. (2020) usando um reator aeróbio para avaliar as águas residuárias de agroindústrias inclusive laticínios, encontraram valores de óleos e graxas de 94,6 mg/L. Altos valores de óleos e graxas presentes no afluente podem provocar problemas operacionais, tais como: comprometimento na circulação de líquidos e entupimentos em tubulações.

Na última edição disponível para o segmento laticínios a publicação do SENAI, Senai Cimatec (2019), ressalta que separar óleos e graxas do efluente é essencial para melhorar o funcionamento de fases posteriores do tratamento, pois volumes altos dessas substâncias podem prejudicar o desempenho dos reatores de tratamento biológico.

3.5 SST

Os resultados de SST foram de 239,5 mg/L ($\pm 136,17$) e 15,9 mg/L ($\pm 10,80$) para o afluente e efluente (após decantador), respectivamente.

Morais et al. (2020) e Fujii et al. (2013) ressaltam que os SST interferem na turbidez da amostra, na DQO e na DBO. Neste caso, a diminuição dos SST tende a reduzir também as formas particuladas de matéria orgânica no sistema.

Os resultados desse trabalho evidenciaram que o sistema MBBR em média atende a determinação da Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 (BRASIL, 2008) para remoção de SST, ou seja, até 100 mg/L. Entretanto foi observado que entre o 5º e o 7º mês de operação a quantidade de sólidos esteve acima de 100 mg/L, o que pode ter sido provocado pelo excesso de lodo (sólidos suspensos) nos decantadores. Neste sentido, e comparável aos outros parâmetros analisados, parece ser o controle de sólidos

na saída dos decantadores o principal desafio para controle pleno deste parâmetro na saída dos clarificadores secundários.

Em caso destes sólidos serem formados por flocos leves de lodo (de difícil decantação), muitas vezes é necessário adição de algum coagulante (de preferência orgânico) para melhorar a sua sedimentação, ou dimensionamento de decantadores com taxas de escoamento superficial na casa de 12 a 24 m²/m³ (METCALF & EDDY, 2016).

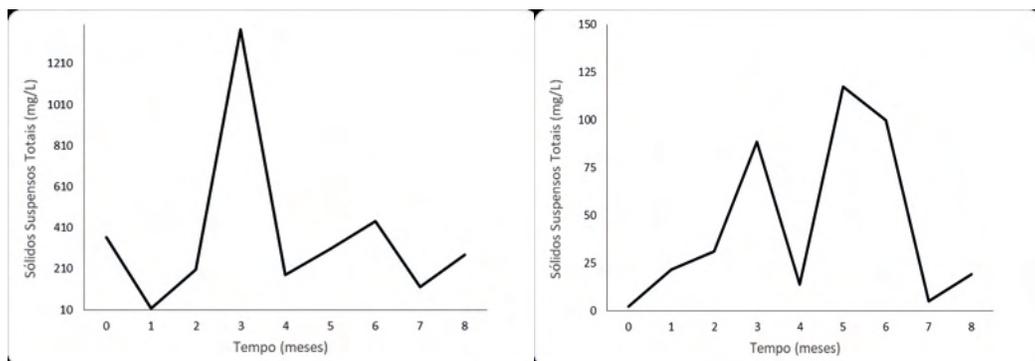


Figura 6. Comportamento temporal ao longo de 9 meses de sólidos suspensos totais de entrada (esquerda) dos reatores e saída do decantador secundário (direita).

Outro fato é, que as biomedias com sua elevada área específicas proporciona formação de biofilme na sua estrutura, convertendo os sólidos dissolvidos em massa de bactérias aderidas, diminuindo a formação de lodo em suspensão.

4 | MICROSCOPIA

Segundo Schlegel, Paul e Jaeger (2016), exames microscópicos da biomassa de um sistema de lodos ativados demonstram sua constituição como comunidade heterogênea de microrganismos. Essa população sofre flutuações de concentração e composição, constantemente em decorrência das variações na composição do afluente e das condições ambientais. O funcionamento adequado do sistema de tratamento requer uma microbiota saudável, o seu acompanhamento é importante no monitoramento do sistema. Assim é possível identificar problemas no processo de tratamento decorrentes da composição microbiológica do lodo.

Tsitouras (2021), em um estudo sobre morfologia do biofilme e microbioma em reatores de biofilme de leito móvel tratando águas residuais da produção de queijos, afirma que há relação significativa entre taxas de remoção de carga orgânica, morfologia do biofilme e microbioma da comunidade em estágios de anaerobiose mais longos.

4.1 Flocos biológicos

Conforme Gossler (2019), a formação dos flocos em lodos ativados depende do metabolismo, crescimento, propriedades físicas das células microbianas presentes e condições ambientais. A fase de crescimento exponencial é considerada como essencial e é caracterizada pela formação de microrganismos com velocidade máxima que pode ser representada por uma função exponencial por utilização exógena de substrato disponível em abundância no meio, além de condições ambientais adequadas para a sobrevivência da população. Neste sentido, ocorre a taxa máxima de remoção de substrato.

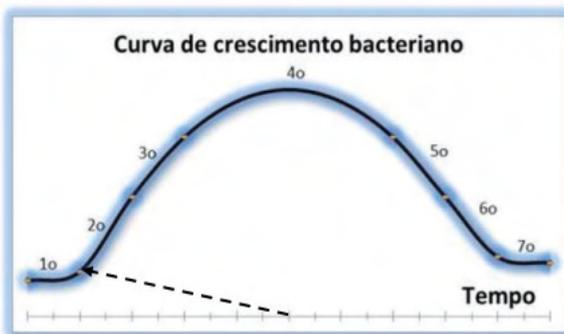


Figura 7. Curva de crescimento bacteriano do sistema

Oliveira (2014) ressaltou que a comunidade biológica presente no reator promove o agrupamento de flocos que proporciona melhor sedimentação do lodo. Além disso, na presença de oxigênio dissolvido, os sólidos em suspensão da água residuária são adsorvidos na superfície do floco de lodo ativado quando em contato com os microrganismos. Neste sentido, este autor afirma que nos flocos, encontram-se além de microrganismos, matéria inerte e material orgânico. O diagnóstico interno classifica o sistema com baixa qualidade flocular devido ao excesso de lodo e de filamentosas que acabam agrupando os flocos, podendo interferir na sedimentação.

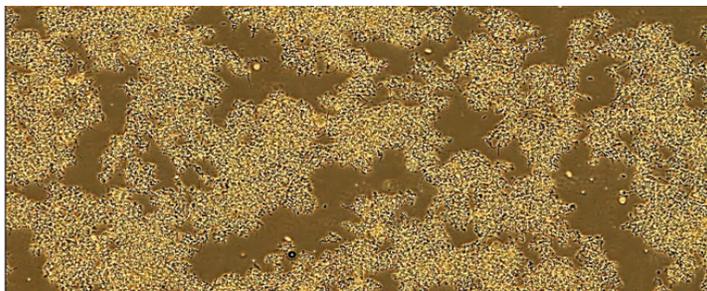


Figura 8. Microfotografia para identificação de flocos biológicos.

Von Sperling, 1996, afirma que em algumas espécies de bactérias, a parede celular é envolvida por uma outra camada externa, formada por um material gelatinoso, chamada cápsula. Acredita-se que a aderência ocorra por exopolissacarídeos (polímeros naturais) presentes nessa camada. Finalmente, há a aderência a protozoários que colonizam o floco e eliminam consomem o muco colaborando na coesão do floco.

4.2 Bactérias Filamentosas

Os principais gêneros de bactérias presentes no lodo ativado são: *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium*, *Nitrossomonas* e *Nitrobacter*, responsáveis pela nitrificação, e formas filamentosas como *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Lecicothrix* e *Geotrichum* (SANTOS, 2014).

No presente estudo, o diagnóstico interno detectou a presença de três tipos predominantes de bactérias filamentosas, são elas: *H. hydrossis*, tipo 0914 e *Thiothrix I*.

Segundo Nicolau et al. (2002), ao identificar bactérias filamentosas que se desenvolvem nas estações de tratamento, pode-se prever e resolver problemas decorrentes do crescimento desenfreado desses microrganismos.

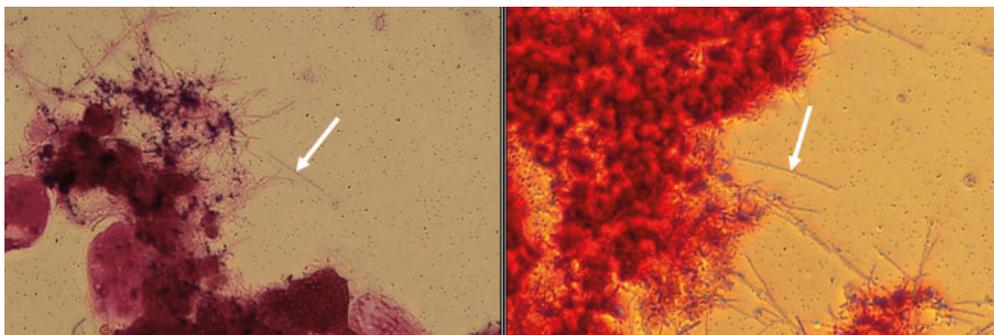


Figura 9. Presença da bactéria filamentosa *H. hydrossis* (aumento 1000x).

As setas indicam presença de bactéria filamentosa *H. hydrossis*.

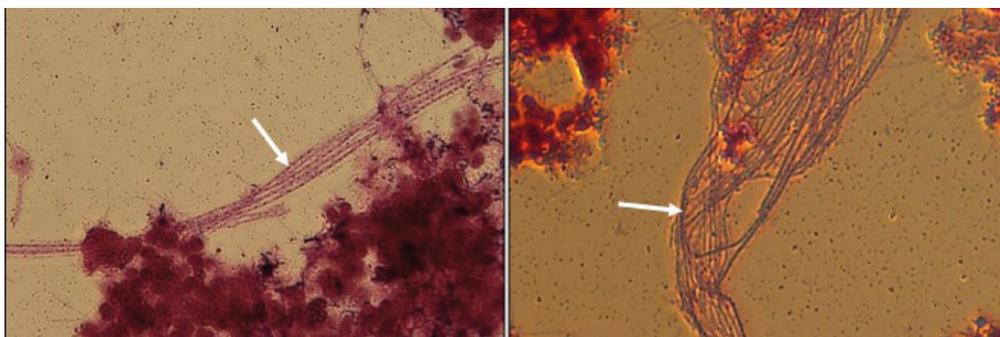


Figura 10. Presença da bactéria filamentosa tipo 0914 (aumento 1000x).

As setas indicam presença de bactéria filamentososa tipo 0914.

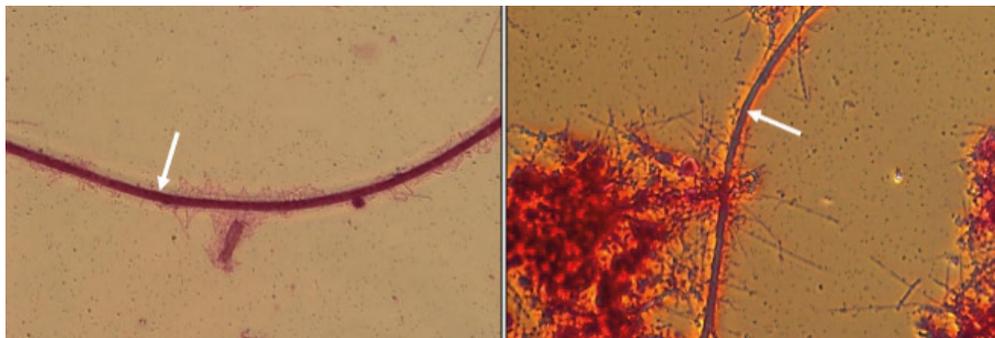


Figura 21. Presença da bactéria filamentososa Thiothrix I (aumento 1000x).

As setas indicam presença de bactéria filamentososa Thiothrix I.

Nossos achados corroboram com o que foi desenvolvido por Eikelboom (1981) que identificou e descreveu os microrganismos filamentosos mais presentes em lodos ativados, conforme Quadro 1 abaixo:

Sphaerotillus natans	Tipo 0092	Tipo 0411
Tipo 1701	Tipo 0961	Tipo 0914
Tipo 021N	Nocardia SP	Tipo 1863
Thiothrix I	Nostocoida limicola I	Tipo 0211
Thiotrix II	Nostocoida limicola II	Fungos
Beggiatoa sp	Nostocoida limicola III	Streptococcus
Tipo 1851	Haliscomenobacter hydrossis	Tipo 0675
Tipo 0803	Tipo 0581	Tipo 1852

Quadro 1 – Principais organismos filamentosos em lodos ativados

Fonte: Adaptação de EIKELBOOM (1981).

4.3 Protozoários Flagelados

Conforme Jenkins et al. (2003), os flagelados representados pelos protozoários, representam cerca de a 5% da biomassa encontrada nos sistemas de lodos ativados e são representados por aproximadamente 200 espécies. Neste nosso estudo também foram encontrados os mesmos gêneros de flagelados encontrados por Figueiredo et al (2008), no caso com identificação do gênero Entosiphon.

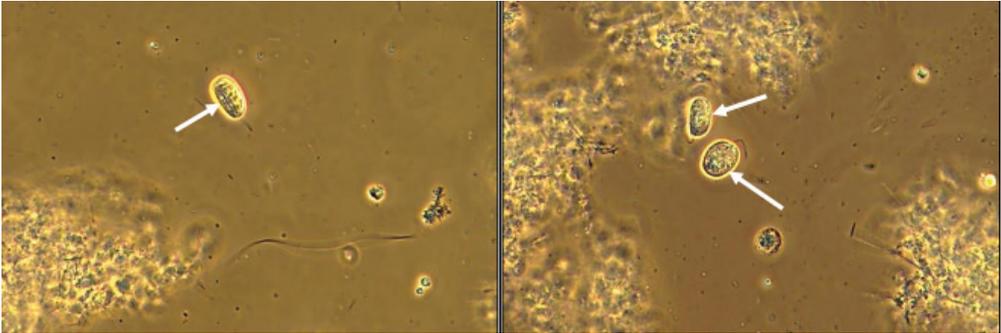


Figura 11. Presença do protozoário do gênero Entosiphon (aumento 400x).

As setas indicam presença de protozoário do gênero Entosiphon.

De acordo com Jenkins et al. (2003), os protozoários promovem a remoção de bactérias dispersas, o que contribui para a qualidade do efluente. Ademais, tais organismos contribuem para a floculação, quando produzem muco. Ainda pela motilidade promovem a quebra de grandes flocos, proporcionando, uma biomassa mais ativa.

5 | CONCLUSÃO

Conclui-se que a partir de uma análise temporal sobre o tratamento de efluentes de uma indústria de laticínio por meio do sistema *MBBR* é adequada e eficiente. Comparando-se os resultados com a legislação vigente para lançamento de efluentes em curso hídrico no estado de Minas Gerais, o reator biológico de leite móvel *MBBR* demonstrou eficiência satisfatória. Os parâmetros de pH, DBO_5 , DQO, óleos e graxas e SST se encontram dentro do estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 para lançamento em curso hídrico.

A avaliação microbiológica por microscopia, realizada no sistema de tratamento destaca a estabilidade e vivacidade do lodo e sua essencial atuação na remoção da matéria orgânica do resíduo.

Como perspectivas futuras, sugere-se um período mais longo na análise temporal para que seja possível avaliar uma maior quantidade de dados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12209/2011**. Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

BAKAR, S. N. H. A. et al. **Performance of a laboratory-scale moving bed biofilm reactor (MBBR) and its microbial diversity in palm oil mill effluent (POME) treatment**. Process Safety and Environmental Protection, 142, p. 325-335, 2020.

BATISTA, N. B. S.; AGUIAR, A. **Estudo de parâmetros físico-químicos e suas correlações para efluentes de laticínios do Estado de Minas Gerais**. Anais. XXII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VIII Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba, 23 a 25 de outubro de 2018.

BOERI, T. **Remoção biológica de DQO, DBO₅, fósforo e nitrogênio utilizando um sistema de lodos ativados**. 2019. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari. Lajeado, 2019.

BRASIL. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n. 1**, de 5 de maio de 2008. Disponível em: <http://www.compe.org.br/estadual/deliberacoes/conjunta/1-2008.pdf> Acesso em: 14 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo**. Brasília: MAPA/ACE, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2018-2019-2028-2029> Acesso em: 15 out. 2018.

BROTTO, A. C. et al. **Emissão de óxido nitroso de estação de tratamento de esgoto de lodos ativados por aeração prolongada – estudo preliminar**. Química Nova, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 628-623, 2010.

CALDERÓN, K. et al. **Comparative analysis of the bacterial diversity in a lab-scale moving bed biofilm reactor (MBBR) applied to treat urban wastewater under different operational conditions**. Bioresource Technology, v. 121, p. 119-126, 2012.

CARVALHO, F.; PRAZERES, A. R.; RIVAS, J. **Efluente de soro de queijo: caracterização e tratamento**. The Science of the Total Environment, v. 445-446, p. 385-396, 2013.

CASTRO, R. P. V. **Pré-tratamento físico-químico e enzimático para efluente e abatedouro**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 24, n. 5, p. 975-981, set./out. 2019.

EIKELBOOM, D. H. E VAN BUIJSEN, H. J. J. **Microscopic sludge investigation manual**. Report A94, TNO Research Institute for Environmental Hygiene, Delft, Holanda, 1981.

FAGUNDES, C. M. C.; VEIGA, L. B. E.; SOUZA, S. L. Q. de. **Produção Mais Limpa em uma indústria de laticínios: boas práticas de gestão ambiental**. Alimentos. Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 45-63, 2020.

FIGUEIREDO, M.G., DOMINGUES, V.B.R.(2008). **Microbiologia de Lodos Ativados**. CETESB. São Paulo.

FUJII, F. Y. et al. **Desempenho de reator integrado de lodo ativado com biofilme em leito móvel**. Revista de Engenharia Sanitária Ambiental, v. 18, n. 4, p. 349-358, out./dez. 2013.

GOSSLER, S. C. **Avaliação de metazoários e protozoários como bioindicadores de eficiência em lodos ativados de uma indústria de termoprocessado de proteína animal a base de frango**. 2019. 71 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Química) – Centro Universitário Facvest – Unifacvest. Lages, 2019.

JENKINS, D.; RICHARD, M. G.; DAIGGER, G. T. (2003). **Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming, and other solids separation problems**. 3rd ed. Boca Raton: Lewis Publishers.

LENZI, M. R. **Microbiologia**. Uniasselvi: Indaial, 2012.

LONGARETTI, G. et al. **Revisão sobre o tratamento de efluentes industriais contendo alto teor de lipídeos**. Anais. 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves, RS, 5 a 7 de abril de 2016.

METCALF, L.; EDDY, H. P. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. Tradução de Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. 5. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2016.

MENDONÇA, H. V.; RIBEIRO, C. B. M.; BORGES, A. C.; BASTOS, R. R. **Sistemas alagados construídos em bateladas: remoção de demanda bioquímica de oxigênio e regulação de pH no tratamento de efluentes de laticínios**. Revista Ambi-Água, v. 10, n. 2, p. 442-453, 2015.

MENDONÇA, H. V. de et al. **Remoção de matéria orgânica e nutrientes de águas residuais de laticínios em sistemas alagados construídos**. Revista de Ciências Agrárias, v. 40, p. 12-22, 2017.

MORAIS, N. W. S. et al. **Caracterização físico-química e determinação de coeficientes cinéticos aeróbios de remoção da matéria orgânica de águas residuárias agroindustriais**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 489-500, jan./mai. 2020.

NICOLAU, A. et al. **Importância da identificação das espécies responsáveis pelo crescimento filamentosos nas ETARS**. In: ENCONTRO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO; SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2002. [cd-rom]. [s.l.: s.n., 2002].

OLIVEIRA, P. H. S. **Influência da intensidade de aeração na formação do floco de lodo ativado e na eficiência de remoção de matéria orgânica**. 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

POKRYWIECKI, T. S. et al. **Avaliação do processo de tratamento de efluentes de laticínios**. Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais, Curitiba, v. 11, Supl. 1, p. S155-S161, 2013.

RIBEIRO, R. P. **Emissões de óxido nitroso em diferentes condições operacionais de sistema de tratamento de esgoto por lodos ativados em escala real e de bancada**. Universidade Federal Fluminense – Niterói 2017.

ROCHA, A. C.; CARDOSO, V. L.; VIEIRA, P. A. **Avaliação da Eficiência do coagulante Tanfloc no tratamento de efluente gerado de indústria láctica**. Simpósio de Tecnologia Ambiental e de Biocombustíveis. Ciência & Tecnologia: Fatec-JB, Jaboticabal, v. 10, p. 73-77, 2018

SANTOS, E. V. M. **Estratégias para predominância de organismos acumuladores de fósforo em sistemas de lodo ativado e respirometria aplicada à biodesfotação [manuscrito]**. 2014. 268 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, 2014.

SCHLEGEL, A. E.; PAUL, L. R.; JAEGER, E. V. Análise da eficiência do sistema de lodos ativados por meio de microscopia. **Revista Eletrônica do Alto do Vale do Itajaí – REAVI**, v. 4, n. 5, p. I-F, mar. 2016.

SENAI CIMATEC. **Segmento de laticínios**. 2019. Disponível em: <http://www.senaicimatec.com.br/wp-content/uploads/2019/12/Segmento-de-Laticinios.pdf> Acesso em: 21 jun. 2021.

SILVA, A. S. A. da et al. **Extração de biomassa aderida ao meio-suporte de um reator de leito móvel com biofilme: agitação mecânica e ultrassom**. Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 1-8, nov. 2020.

SILVA, R. R. da; SIQUEIRA, E. Q de; NOGUEIRA, I. de S. **Impactos ambientais de laticínios em curso d'água na Bacia do Rio Pomba**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 2, p. 217-228, mar./abr. 2018.

SPERLING, M. V. **Princípios de tratamento de águas residuárias: Lodos Ativados**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. 4. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: UFMG, 2016.

SPERLING, M. V. (1996). **Princípios Básicos de Tratamento de Esgotos. Série Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**, Volume 2. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, Brasil, 211 p.

TSITOURAS, A. (2021). **Biofilm morphology and microbiome of sequencing batch moving bed biofilm reactors treating cheese production wastewater**. University of Ottawa, Canadá, 2021.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Produção brasileira de laticínios deve crescer**. Nov. 2019. Disponível em: <https://usdabrazil.org.br/producao-brasileira-de-laticinios-deve-crescer/> Acesso em: 5 dez. 2019.

VAZOLLER, R.F. **Microbiologia de lodos ativados**. São Paulo. CETESB, 1989. 23p.

XIE, Y.; WAN, A.; WU, Y. **Numerical simulation and experimental investigation on the effect of a new suspended carrier filler on mass transfer in MBBR**. Chem. Eng. Process. Process Intensif. 2020, 156, 108104.

ZOPPAS, F. M.; BERNARDES, A. M.; MENEGUZZI, Á. **Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea**. Revista de Engenharia Sanitária Ambiental, v. 21, n. 1, 29-42, jan/mar. 2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 102, 109, 118, 119, 120, 121

Agência Nacional de Águas - ANA 2

Agroindústria 77

Águas residuárias 4, 7, 77, 78, 80, 83, 84, 91, 92, 93, 94, 96, 98, 99, 100, 101, 103, 105, 106, 107, 121

Águas superficiais 4, 7, 33, 95, 109, 111, 113, 115

Água subterrânea 38, 43, 45, 47, 49

Água sulfúrea 38, 46, 47, 50

Áreas de Preservação Permanente - APP 2, 6

Aterros sanitários 28, 29, 33, 112

Atividades agropecuárias 27

Atividades ecológicas 14, 18

Atividades portuárias 14

Automedicação 27, 32, 33

B

Bacias hidrográficas 4, 7, 58, 61, 62, 63, 66, 67

Barragens 1, 2, 13

Biocombustíveis 126, 127, 129, 131, 132, 136, 137, 138

Biodegradabilidade 29, 33, 109, 112, 116

Bioma 2, 3, 5, 9, 12, 13

Biomassa 7, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139

Biota aquática 109, 110

C

Compensação ambiental 4, 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13

Conselho Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco - CONSEMA/PE 4

Contaminação 7, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139

Corpos hídricos 15, 93, 94

D

Decantador 77, 79, 80, 81, 82, 84, 85

Desenvolvimento sustentável 1, 12, 93, 107

Desreguladores endócrinos 109, 111, 114, 122, 123

E

Ecosistema 14, 15, 18, 21, 53, 114

Educação Ambiental 27, 29, 32, 34, 35, 140

Efluentes domésticos 7, 109

Energia elétrica 52, 53, 54, 55, 56, 57

Energia solar 52, 53, 56, 57

Energias renováveis 53

Erosão 15, 25, 59, 61, 62, 65, 66, 67

Espécie humana 29, 35

Eutrofização 93, 94, 95

F

Fármacos 27, 29, 33, 34, 110, 111, 112, 113, 121, 122, 123

Filtração por membranas 109, 119, 121

Flotação 77

G

Geoambiental 16, 58, 60

Geológicos 38, 41, 51

Geomorfológicos 38, 41

H

Hidrogeoambientais 6, 38, 43

Hidrogeofísicos 58

Hidrologia 50, 58, 67

Hormônios 4, 7, 109, 111, 114, 116, 117, 119, 120

Humo 7, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139

I

Impactos ambientais 2, 4, 29, 30, 33, 53, 92

Indústrias farmacêuticas 28, 29, 31

Infecciones respiratorias 126, 128, 129, 132, 133

L

Logística reversa 6, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37

M

Macrófitas 93, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104

Mamão Papaya 7, 69

Manguezais 4, 6, 14, 15, 16, 21, 26

Medicamentos 4, 6, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 112, 114

Meio ambiente 4, 4, 12, 13, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 36, 37, 52, 53, 58, 69, 71, 72, 78, 90, 91, 93, 94, 109, 110, 111, 112, 113, 122, 124

Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV 77, 79

Mudanças Climáticas 4, 7, 39, 40, 58, 61, 62

P

Patógenos 71, 109, 114

Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD 15, 26

Podridão Peduncular 69, 71, 72, 73, 74, 75

Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS 28, 30, 35, 37

Processos Oxidativos Avançados - POAs 4, 109, 116, 121, 123, 140

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA 28

R

Reatores biológicos 77

Reatores de Leito Móvel com Biofilme - MBBR 7, 77

Reciclagem 28

Recuperação ecológica 4, 6, 14, 15, 26

Recursos hídricos 27, 29, 31, 33, 39, 78, 93, 109, 114, 123, 124

Rede de Drenagem 59, 61

Resolução CONAMA 2

Reutilizar 28

S

Sistema de Confinamento Celular (Geocélulas) 6, 14, 15, 16, 17, 21, 25

Sistema Fotovoltaico 4, 6, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Supressão vegetal 2, 4, 5, 11, 13

T

Tratamento hidrotérmico 4, 7, 69, 70, 71, 74, 75, 76

U

Usinas hidrelétricas 52, 53

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA AMBIENTAL



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA AMBIENTAL

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br