

Erival Gonçalves Prata
Organizador



BIOLOGIA

ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

UMA ABORDAGEM DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO
NAS DIFERENTES ESFERAS DO SABER



editora científica

Erival Gonçalves Prata
Organizador



BIOLOGIA

ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

UMA ABORDAGEM DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO
NAS DIFERENTES ESFERAS DO SABER



1ª EDIÇÃO



editora científica

2021 - GUARUJÁ - SP

Copyright© 2021 por Editora Científica Digital

Copyright da Edição © 2021 Editora Científica Digital

Copyright do Texto © 2021 Os Autores

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

B615 Biologia: ensino, pesquisa e extensão [livro eletrônico] : uma abordagem do conhecimento científico nas diferentes esferas do saber / Organizador Erival Gonçalves Prata. – Guarujá, SP: Científica Digital, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-89826-18-7

DOI 10.37885/978-65-89826-18-7

1. Biologia – Pesquisa – Brasil. I. Prata, Erival Gonçalves.

CDD 570.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Parecer e Revisão Por Pares

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Editora Científica Digital, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

O conteúdo dos capítulos e seus dados e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. É permitido o download e compartilhamento desta obra desde que no formato Acesso Livre (Open Access) com os créditos atribuídos aos respectivos autores, mas sem a possibilidade de alteração de nenhuma forma ou utilização para fins comerciais.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).



editora científica

EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA

Guarujá - São Paulo - Brasil

www.editoracientifica.org - contato@editoracientifica.org

Avaliação da remoção de matéria orgânica por microorganismos em sistemas de tratamento de esgoto

| José Carlos Alves **Barroso Júnior**
FDB

| Maria Cristina de Almeida **Silva**
UFRGS

| Luiz Olinto **Monteggia**
UFRGS

| Nestor Leonel Muñoz **Hoyos**
UFRGS

| Vinícius Duarte **Soroka**
UFRGS

| Antônio Carlos de Oliveira **Martins Júnior**
UFRGS

RESUMO

A necessidade de inovação e avanço em projetos de desenvolvimento sustentável é essencial para o desenvolvimento no tratamento de efluentes do país. O tratamento de efluente por via biológica a partir de lagoas de alta taxa apresenta vantagens na remoção e recuperação de nutrientes, além de fornecer biomassa energética. Este trabalho avaliou dois sistemas de tratamento, sendo um somente com a LAT (Lagoa A) e o segundo composto de reator UASB seguido de LAT (Lagoa B). A vazão afluente utilizada foi de 1,5 m³/h para cada sistema, resultando em TDH de 12,2 horas no reator UASB e de 2,2 dias nas lagoas. Foram avaliadas a remoção de matéria orgânica (DBO, DQO e SSV) e nutrientes (NTK, nitrogênio amoniacal, fósforo total e ortofosfato). O sistema UASB seguido de LAT apresentou menores concentração no efluente final para os poluentes analisados, exceto para o nitrogênio amoniacal, onde a lagoa A apresentou valor final de $17,8 \pm 11,4$ e para a lagoa B de $21,1 \pm 13,9$, identificando a importância do reator UASB para auxiliar no sistema de tratamento. Para melhoria da qualidade do efluente final pode ser implantado sistema de remoção de microalgas como a flotação por ar dissolvido.

Palavras-chave: Microalgas, Lagoas de Alta Taxa, Microrganismos, UASB, Efluente Sanitário.



■ INTRODUÇÃO

A necessidade de inovação e avanço em projetos de desenvolvimento sustentável é essencial para o desenvolvimento no tratamento de efluentes do país. No Brasil, sistemas de tratamento de efluentes domésticos são vistos como de elevados gastos de instalação e manutenção, sendo em sua maioria financiados por verbas públicas (PECORA, 2006).

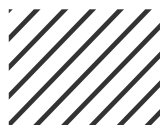
O tratamento de efluentes através de sistemas biológicos possuem diversas técnicas de tratamento, podendo ser aeróbios como lodos ativados, filtros biológicos e reatores sequenciais em batelada que apresentam satisfatório poder de remoção de matéria orgânica, baixa eficiência na remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e, principalmente, apresentam elevados gastos energéticos devido à necessidade de aeração, anaeróbios e anóxicos (VON SPERLING, 2002).

Entre os processos anaeróbios destacam-se os reatores tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor*), conhecido também como reator de manta de lodo, que apresentam moderada capacidade de remoção de matéria orgânica, com baixo consumo energético, reduzida produção de excesso de lodo e destaca-se a produção de biogás, porém normalmente necessita de pós tratamento do efluente líquido (MOLINUEVO-SALCES; GARCÍA-GONZÁLEZ; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, 2010), que pode ser uma importante fonte de energia através da sua queima ou através da venda de créditos de carbono (PECORA, 2006), deixando de ser uma fonte consumidora de energia para uma fonte produtora.

Comumente aliado a reatores anaeróbios são comuns a utilização de lagoas para o polimento final do efluente (TONON, 2016; BARROSO JÚNIOR, 2020), com o objetivo de reduzir as concentrações dos poluentes do efluente a ser lançado no corpo receptor, pode-se optar por um sistema de pós-tratamento ao processo anaeróbio.

As LAT (Lagoas de Alta Taxa de produção algal), podem apresentar eficiente remoção de nutrientes do efluente, melhorando a qualidade do mesmo, e tendo como vantagem a produção de biomassa algal, que possibilita o aproveitamento dessa biomassa como fonte de energia, devido a sua elevada concentração de lipídeos (BARROSO JÚNIOR, 2015), além de bactéria heterotróficas que auxiliam na remoção de matéria orgânica no pós-tratamento.

As LAT são uma variante das lagoas de estabilização, com profundidade de lâmina d'água entre 0,2 m a 1,0 m possuindo um sistema de mistura promovendo movimento na lagoa com velocidade entre 0,15 – 0,30 m/s, normalmente mecanizado (MEHRABADI; CRAGGS; FARID, 2015), que podem substituir de forma vantajosa as lagoas facultativas e de maturação (BENEMANN et al., 1977). As elevadas cargas de nutrientes e a baixa profundidade estimula o desenvolvimento de microalgas podendo atingir valores acima de 3.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de clorofila-a (Craggs et al., 2012).





As LAT permitem a redução de custos no cultivo de microalgas e para o tratamento de efluentes, permitindo a recuperação e remoção de nutrientes e uma biomassa energética que pode ser utilizada como matéria prima para geração de energia, as LAT's normalmente são operadas com valores de TDH entre 3 a 6 dias (ABDELAZIZ et al., 2014; BARROSO JÚNIOR, 2015), podendo chegar até 21 dias (JUÁREZ et al., 2018; MILITÃO et al., 2019).

Dessa forma, estações de tratamento de esgoto podem vir a apresentar baixos custos de manutenção e eventualmente ser auto-sustentável do ponto de vista energético. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de remoção de matéria orgânica (DBO e DQO), nutrientes (fósforo total, ortofosfato e amônia) e sólidos totais de dois sistemas utilizando LAT's para tratamento de esgoto com potenciais características sustentáveis.

■ MÉTODO

O presente estudo foi realizado através de um experimento em escala piloto em uma planta experimental localizada em uma Estação de Tratamento de Esgoto na cidade de Porto Alegre- RS em clima subtropical com precipitações médias anuais de de 1397 mm, bem distribuídos ao longo do ano com picos mais elevados entre os meses de junho a setembro.

O sistema de tratamento foi composto por tanque pulmão e em seguida dividido em duas linhas de tratamento, sendo uma com a LAT alimentada diretamente com efluente sanitário bruto (Lagoa A) e a segunda linha de tratamento composta por reator tipo UASB seguida de LAT (Lagoa B).

O reator UASB possui volume útil de 18,3m³, com altura de 4,0m. As duas LAT possuem as mesmas dimensões, com 40m de comprimento, 10m de largura e 0,75m de profundidade, com taludes inclinados à 45° e impermeabilizada para evitar perdas por infiltração. A lagoa foi operada com altura de lâmina d'água de 30cm, totalizando volume útil de 80m³. A Figura 1 apresenta as LAT do sistema de tratamento piloto.

Figura 1. Lagoas de Alta Taxa piloto em pleno funcionamento na ETE experimental.





As lagoas foram alimentadas com vazão de 1,5 m³/h e tempo de detenção hidráulico de 2,2 dias. O reator UASB também foi alimentado com vazão de 1,5m³/h resultando no tempo de detenção hidráulico de 12,2 horas, o que contribui principalmente para a remoção de matéria orgânica e conversão do nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal (MONTEGGIA, 1991; BUENO, 2011). O experimento foi realizado durante o período de 5 meses entre dezembro de 2011 a abril de 2012, compreendendo 20 amostras. As amostras de efluentes foram coletadas na entrada do sistema (esgoto bruto) e na saída (efluente das lagoas).

O desempenho dos sistemas de tratamento foi analisado a partir da caracterização das amostras nos pontos coletados, baseado nas análises físicas, químicas e biológicas, conforme metodologias descritas no *Standard Methods of Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2003): DBO₅ (5210 B); DQO (5220 D); sólidos suspensos voláteis (SSV) (2540 D e E); nitrogênio amoniacal (4500 B); fósforo total (4500 B) e fosfato (4110 B).

A análise estatística dos dados foi realizada através do teste de significância, segundo ANOVA, de acordo com o método de Tukey, com intervalo de confiança de 95% através do *software R*. Identificando se há diferença significativa entre os valores de entrada e saída do sistema de tratamento e entre o efluente das duas LAT, diferenciados pelas letras “a” “b” e “c”, sendo para letra “a” os valores mais elevados, seguido da letra “b” e assim sucessivamente.

■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras coletadas para análise de dados não foram submetidas a nenhum tratamento prévio, exceto pela análise de ortofosfato que foram filtrados em filtros com porosidade média de 0,2 µm antes de proceder a análise em cromatografo iônico. Assim, para as demais análises, as microalgas e microrganismos presentes na lâmina d’água são contabilizadas nos resultados.

O Quadro 1 apresenta as médias e o desvio padrão dos poluentes avaliados no esgoto bruto e nas lagoas.

Quadro 1. Valores médios e análise estatística das concentrações dos poluentes no esgoto bruto e nas lagoas.

Parâmetro	EB	Lagoa A	UASB+Lagoa B
DBO	338,9 ± 154,1 ^a	201,3 ± 64,5 ^b	158,1 ± 33,1 ^c
DQO	386,4 ± 189,2 ^a	209,6 ± 108,4 ^b	166,5 ± 120,2 ^c
SSV	153,8 ± 32,3 ^a	111,6 ± 26,0 ^b	52,8 ± 17,2 ^c
NTK	45,2 ± 16,3 ^a	33,8 ± 8,8 ^b	29,2 ± 10,5 ^c
Amônia	37,5 ± 15,2 ^a	17,8 ± 11,4 ^c	21,1 ± 13,9 ^b
Pt	6,1 ± 2,1 ^a	4,2 ± 1,8 ^b	2,9 ± 1,3 ^c
Ortofosfato	0,93 ± 0,33 ^b	1,71 ± 0,98 ^a	0,95 ± 0,54 ^b





Avaliação da Matéria Orgânica

Os valores nas concentrações de DBO, DQO e SSV obtidos nas lagoas apresentaram concentrações significativamente inferiores ao do esgoto bruto, mostrando que o sistema de lagoas apresenta remoções significativas de matéria orgânica. Além disto os valores de concentração de matéria orgânica obtidos na lagoa B são ainda inferiores as concentrações da lagoa A, isto devido ao fato da lagoa B receber o efluente do reator UASB o qual normalmente apresenta remoção de DBO e DQO acima de 50 % segundo a literatura (CAMPOS et al., 2004; TESSELE, 2011; BARROSO JÚNIOR, 2015).

A remoção de matéria orgânica nas lagoas ocorre provavelmente devido aos microrganismos presentes na lâmina d'água, visto que os seres fotossintetizantes utilizam carbono inorgânico, é possível também que ocorra devido a decantação que pode ocorrer ao fundo da lagoa.

Avaliação do Nitrogênio

A análise da parcela nitrogenada foi separada em NTK e nitrogênio amoniacal, facilitando a avaliação da via nitrogenada no sistema de tratamento. O NTK apresenta valores mais elevados no esgoto bruto seguido pela lagoa A e as menores concentrações são encontradas na lagoa B. Porém, o nitrogênio amoniacal não segue a mesma tendência do NTK, como é apresentado na Tabela 1 as menores concentração são obtidas na lagoa A, seguido pela lagoa B e as maiores concentrações no esgoto bruto. Isto ocorre devido a elevada remoção/conversão do nitrogênio amoniacal nas LAT, que pode ocorrer a partir da nitrificação e/ou volatilização de parcela do nitrogênio amoniacal (NASCIMENTO, 2001; BENJAWAN; KOOTTATEP, 2007).

Nas lagoas de alta taxa é comum valores de pH acima de 9,5 devido a elevada atividade fotossintética, assim com estes valores de pH é possível a volatilização de parcela do nitrogênio amoniacal (BENEMANN; OSWALD, 1996; FALLOWFIELD; CROMAR; EVISON, 1996; BARROSO JÚNIOR, 2015).

Além disso a conversão do nitrogênio amoniacal em nitrito e posteriormente a nitrato por processo de nitrificação, visto que as concentrações de oxigênio dissolvido nestes tipos de lagoas são elevadas durante o dia devido a atividade fotossintética, registrando valores acima de 20 mg/L. (VAN HAANDEL; MARAIS, 1999; POSADAS et al., 2014; WANG et al., 2014), podendo ocorrer ainda a geração de óxido nitroso (ALCÁNTARA et al., 2015).

Os valores de nitrogênio amoniacal apresentam-se mais elevados na lagoa B devido ao reator UASB, no qual há o processo de nitrificação, ou seja, a conversão de nitrogênio orgânico em amoniacal devido à quebra de cadeias orgânicas como aminoácidos e proteínas





(BUENO, 2011), desta forma há elevação no nitrogênio amoniacal no efluente do UASB que é direcionado para lagoa B.

Mesmo havendo maiores concentrações de nitrogênio amoniacal no afluente da lagoa B esta apresenta menores concentrações finais de NTK, devido a influência do reator UASB, assim o sistema UASB + LAT seria mais indicado para o tratamento de nitrogênio, levando-se em consideração o NTK.

Avaliação do Fósforo

As concentrações de fósforo total seguem a mesma tendência da matéria orgânica e NTK, apresentando valores mais elevados no esgoto bruto, seguido da lagoa A e com os valores menores a lagoa B. Assim como ocorre a elevação de nitrogênio amoniacal no reator UASB, há também a elevação do ortofosfato, devido à quebra das proteínas e aminoácidos (BUENO, 2011).

O reator UASB normalmente não apresenta elevada eficiência referente aos nutrientes (nitrogênio e fósforo), mas há a conversão de uma parcela das cadeias nitrogenadas e fosforadas em cadeias menores (VON SPERLING, 2002). A remoção do fósforo total ocorre em sua maior parte nas lagoas, podendo ser pela sorção do nutriente pelas microalgas (CRAGGS et al., 2014), podem também se ligar se ligar a íons de metal, como ferro e manganês, tornando-os insolúveis na água como os oxihidróxidos de ferro, que formam ligações químicas fortes com ânions fosfatos e assim diminuindo a disponibilidades deste fosfato para as plantas (HERNÁNDEZ; MEURER, 1995).

A remoção de fósforo pode ocorrer também devido ao biofilme que pode se formar nos taludes da lagoa, que podem sorver nutrientes para o desenvolvimento destes, removendo nitrogênio e fósforo do meio líquido (TELES, 2016; TONON, 2016; BARROSO JÚNIOR, 2020).

A concentração de ortofosfato é mais elevada na lagoa A e não há diferença estatística entre o esgoto bruto e a lagoa B. O que provavelmente ocorre durante o tratamento é a conversão do fósforo total em ortofosfato, o qual é mais facilmente assimilado pelas microalgas e microrganismos presentes nas lagoas e no UASB.

O valor mais elevado na lagoa A pode ser devido à quebra das cadeias orgânicas fosfóricas para que o fósforo se torne disponível para assimilação dos microrganismos, já para lagoa B como parte da quebra das cadeias orgânicas ocorreram no reator UASB os microrganismos nas lagoas já possuíam nutrientes disponíveis, além de se ter menos quantidades de cadeias a serem quebradas para liberação do ortofosfato.

Para que o processo de tratamento forneça um efluente clarificado e com menores concentrações de poluentes é necessário a remoção das microalgas do meio líquido. Uma das formas de remoção das microalgas é a utilização da técnica de flotação por ar dissolvido





(FAD), que apresenta eficiências de remoção de microalgas acima de 90% (TEIXEIRA; SOUSA; ROSA, 2010; BARROSO JÚNIOR, 2015; DAFLON et al., 2019).

Quando não há a remoção das microalgas do meio líquido, podem ser apresentadas baixas remoções de fósforo da lamina d'água atingindo valores entre 25-55% de remoção, porém elevadas remoções de nitrogênio total entre 40-90% (POWELL et al., 2010; BENÍTEZ et al., 2018; BARROSO JÚNIOR, 2020). A lagoa A obteve valores de remoção de NTK de 25,2%, nitrogênio amoniacal de 52,2% e de fósforo total de 31,1%, para o UASB + lagoa B a remoção de NTK foi de 35,4%, o de nitrogênio amoniacal de 43,7% e fósforo de 52,5%.

As porcentagens de remoção de fósforo total e de NTK da lagoa A está abaixo do registrado pela literatura, acredita-se que isto pode ser devido ao baixo TDH (2,2 dias) utilizado no experimento, já que o comum são valores acima de 3 dias. Para a lagoa B os valores de remoção se encaixam na literatura, porém isto é possível devido ao pré tratamento do efluente pelo reator UASB.

A melhoria do efluente final das lagoas pode ser obtida através da implementação de sistema de remoção de microalgas e a elevação no TDH operação das lagoas. BARROSO JÚNIOR (2020), utilizou lagoa de tratamento com presença de macrófitas para o polimento final do efluente da lagoa de microalgas, ao invés de sistemas mecanizados de remoção de microalgas. O efluente final se apresentou clarificado e com baixas concentrações de poluentes, sendo esta outra alternativa ao tratamento que apresenta menor custo de operação e manutenção, porém é necessária maior área disponível.

■ CONCLUSÕES

O sistema de lagoas apresentou-se eficiente para remoção de matéria orgânica e nutrientes, obtendo menores concentrações no efluente final para o sistema utilizando o reator UASB seguido da lagoa B.

O sistema de UASB seguido de LAT apresenta vantagem energética, pois é possível utilizar o biogás gerado no reator UASB e a biomassa energética de microalgas gerada na LAT, porém para a utilização desta biomassa é necessário a implementação de sistema de remoção das microalgas do meio líquido, como a FAD.

O tratamento a partir das lagoas permite ainda a recuperação de nutrientes por meio da biomassa algal, podendo ser utilizada na produção de adubo e redução das dosagens de nutrientes para co-digestão anaeróbia.

Para melhor entendimento e aprofundamento do tema pode-se avaliar a qualitativamente e quantitativamente a comunidade bacteriana das lagoas, estudando a interação entre as microalgas e os microrganismos presentes.





Os sistemas de UASB seguido de LAT ou somente de lagoas de alta taxa, apresentam diversas qualidades destacadas neste trabalho, possuindo ferramentas para que estes sejam sistemas mais sustentáveis quando comparados com os sistemas mecanizados para tratamento de efluentes, além de poderem apresentar menor custos de operação e manutenção.

■ AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

Este trabalho foi possível devido ao financiamento pelos órgãos da CNPq, CAPES e FAPERGS, deixando assim o agradecimento ao incentivo a pesquisa e desenvolvimento do país.

■ REFERÊNCIAS

1. ABDELAZIZ, A. E. M. et al. Screening microalgae native to Quebec for wastewater treatment and biodiesel production. **Bioresource Technology**, v. 157, p. 140–148, 2014. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.114>>.
2. ALCÁNTARA, C. et al. Nitrous oxide emissions from high rate algal ponds treating domestic wastewater. **Bioresource Technology**, v. 177, p. 110–117, 2015. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.10.134>>.
3. APHA. **American Public Health Association, et al. Standard methods for the examination of water and wastewater**. 2. ed. [s.l.] American Public Health Association., 2003. Disponível em <<https://doi.org/10.2105/AJPH.56.4.684-a>>
4. BARROSO JÚNIOR, J. C. A. PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE ALGAS EM LAGOAS DE ALTA TAXA ALIMENTADAS COM ESGOTO SANITÁRIO COM POSTERIOR SEPARAÇÃO POR FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO. **Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.**, 2015. Disponível em < <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/132836>>.
5. BARROSO JÚNIOR, J. C. A. **AVALIAÇÃO DE LAGOAS DE TRATAMENTO COM PRESENÇA DE MACRÓFITAS FLUTUANTES E MICROALGAS APLICADAS AO PÓS- TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM CONDIÇÕES DE CLIMA SUBTROPICAL**, 2020. Disponível em < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/211282>>.
6. BENEMANN, J. R. et al. **Energy production by microbial photosynthesis** *Nature*, 1977. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/268019a0>>
7. BENEMANN, J. R.; OSWALD, W. J. **Systems and Economic Analysis of Microalgae Ponds for Conversion of CO₂ to Biomass** Pittsburgh, PA Dept. of Energy Pittsburgh Energy technology Center, , 1996. Disponível em <<https://www.osti.gov/servlets/purl/493389>>.
8. BENÍTEZ, M. B. et al. Wastewater treatment for nutrient removal with Ecuadorian native microalgae. **Environmental Technology (United Kingdom)**, v. 3330, p. 1–9, 2018. Disponível em < <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09593330.2018.1459874?journalCode=tent20>>.





9. BENJAWAN, L.; KOOTTATEP, T. Nitrogen removal in recirculated duckweed ponds system. **Water Science and Technology**, v. 55, n. 11, p. 103–110, 2007. Disponível em < <https://doi.org/10.2166/wst.2007.360>>.
10. BUENO, R. D. F. Nitrificação e Desnitrificação Simultânea em Reator com Biomassa em Suspensão e Fluxo Contínuo de Esgoto. p. 148, 2011. Disponível < <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-09092011-153620/pt-br.php>>.
11. CAMPOS, C. M. M. et al. Avaliação da eficiência do reator UASB tratando efluente de laticínio sob diferentes cargas orgânicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p. 1376–1384, 2004. Disponível em < <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000600021>>.
12. CRAGGS, R. et al. High rate algal pond systems for low-energy wastewater treatment, nutrient recovery and energy production. **New Zealand Journal of Botany**, v. 52, n. 1, p. 60–73, 2014. Disponível < <https://doi.org/10.1080/0028825X.2013.861855>>.
13. CRAGGS, R.; SUTHERLAND, D.; CAMPBELL, H. Hectare-scale demonstration of high rate algal ponds for enhanced wastewater treatment and biofuel production. **Journal of Applied Phycology**, v. 24, n. 3, p. 329–337, 2012. Disponível em <DOI10.1007/s10811-012-9810-8>.
14. DAFLON, T. D. M. et al. Incrementos Na Produção De Biomassa Total De Citronela Por Estresse Severo No Sistema Radicular. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 51, p. 95–111, 2019. Disponível em < <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820190438>>.
15. FALLOWFIELD, H.; CROMAR, N.; EVISON, L. Coliform die-off rate constants in a high rate algal pond and the effect of operational and environmental variables. **Water Science and Technology**, v. 34, n. 11, p. 141–147, 1996. Disponível em < <https://doi.org/10.2166/wst.1996.0273>>.
16. JUÁREZ, J. M. et al. Effect of pretreatments on biogas production from microalgae biomass grown in pig manure treatment plants. **Bioresource Technology**, v. 257, n. February, p. 30–38, 2018. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.02.063>>.
17. MEHRABADI, A.; CRAGGS, R.; FARID, M. M. Wastewater treatment high rate algal ponds (WWT HRAP) for low-cost biofuel production. **Bioresource Technology**, v. 184, p. 202–214, maio 2015. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.11.004>>.
18. MILITÃO, F. P. et al. Nutritional value changes in response to temperature, microalgae mono and mixed cultures. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 31, n. 0, 2019. Disponível < <https://doi.org/10.1590/s2179-975x7118>>.
19. MOLINUEVO-SALCES, B.; GARCÍA-GONZÁLEZ, M. C.; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, C. Performance comparison of two photobioreactors configurations (open and closed to the atmosphere) treating anaerobically degraded swine slurry. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 14, p. 5144–5149, 2010. Disponível <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.006>>.
20. MONTEGGIA, L. O. The Use of Specific Methanogenic Activity for Controlling Anaerobic Reactors. . **Ph.D. diss., University of Newcastle**, 1991. Disponível em < <https://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.308393>>.
21. POSADAS, E. et al. Microalgae-based agro-industrial wastewater treatment: a preliminary screening of biodegradability. **Journal of Applied Phycology**, v. 26, n. 6, p. 2335–2345, 2014. Disponível em <DOI 10.1007/s10811-014-0263-0>.





22. POWELL, N. et al. Luxury uptake of phosphorus by microalgae in full-scale waste stabilisation ponds. **Water Science and Technology**, 2010. Disponível em < <https://doi.org/10.2166/wst.2011.116>>.
23. TEIXEIRA, M. R.; SOUSA, V.; ROSA, M. J. Investigating dissolved air flotation performance with cyanobacterial cells and filaments. **Water Research**, v. 44, n. 11, p. 3337–3344, 2010. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.03.012>>.
24. TELES, C. C. **AVALIAÇÃO DE LAGOAS DE LEMNAS PARA O POLIMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO COM FOCO NA MICROBIOTA ASSOCIADA**. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2016. Disponível em < <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/167663>>.
25. TESSELE, F. DA S. Tratamento de efluente de reator anaeróbio de manto de lodos de fluxo ascendente (UASB) por flotação não convencional e desinfecção ultravioleta. p. 94, 2011. Disponível em < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/49153>>.
26. TONON, G. **AVALIAÇÃO DE LAGOAS DE LEMNAS PARA O POLIMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO: EMISSÕES DE GEE E VALORIZAÇÃO DE BIOMASSA NA PRODUÇÃO DE BIOMETANO**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/171996>>.
27. VAN HAANDEL, A. C.; MARAIS, G. V. R. O. Comportamento do Sistema de Lodo Ativado: Teoria e Aplicações para Projetos e Operações. **Campina Grande: epgraf**, p. 472, 1999. Disponível em < <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=443533&indexSearch=ID>>.
28. VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2002. Disponível em < <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/190M.PDF>>.
29. WANG, M. et al. Kinetics of nutrient removal and expression of extracellular polymeric substances of the microalgae, *Chlorella* sp. and *Micractinium* sp., in wastewater treatment. **Bio-resource Technology**, v. 154, p. 131–137, 2014. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.047>>.

