

UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL
DOUTORADO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GESTÃO E TECNOLOGIA AMBIENTAL

FÁBIO RODRIGO DE OLIVEIRA

**USO COMBINADO DE MICROALGAS E *WETLAND* CONSTRUÍDO
PARA A REMOÇÃO DE CARGA ORGÂNICA, NUTRIENTES E
FÁRMACOS DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS URBANAS**

Santa Cruz do Sul

2024

Fábio Rodrigo de Oliveira

**USO COMBINADO DE MICROALGAS E *WETLAND*
CONSTRUÍDO PARA A REMOÇÃO DE CARGA ORGÂNICA,
NUTRIENTES E FÁRMACOS DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS
URBANAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental - Doutorado, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito para o título de Doutor em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Leandro Machado

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Lutterbeck

Santa Cruz do Sul
2024

RESUMO

O aumento da população e a ocupação cada vez maior dos espaços urbanos, torna o tratamento das águas residuárias urbanas um desafio de escala mundial. No Brasil, praticamente 50% da população não tem acesso à rede de esgoto e muitos dos sistemas de tratamento existentes são arcaicos e pouco eficientes. Nesse sentido, sistemas baseados na natureza (SBN) podem ser uma alternativa capaz de proporcionar uma boa eficiência na remoção dos principais poluentes presentes nos efluentes urbanos e com menor custo de implantação e operação. Nesse contexto, inserem-se a produção de microalgas (PM) em águas residuárias e os *wetlands* construídos (WC). Este trabalho de doutorado, teve por objetivo, avaliar o uso combinado da PM, juntamente com WC, para a remoção de carga orgânica, nutrientes e contaminantes emergentes, como os fármacos, de águas residuárias urbanas, oriundas da Universidade de Santa Cruz do Sul. Foi avaliado em laboratório a ação da microalga da espécie *Scenedesmus subspicatus* para a remoção de fármacos, contidos em um mix, utilizando análises por cromatografia. Além disso, foi implantada uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) experimental contendo reator anaeróbico, sistema de produção de microalgas e o *wetland* construído, onde foram monitorados parâmetros ambientais relacionados à carga orgânica e nutrientes, durante um ano, assim como avaliada a eficiência do sistema para a remoção de fármacos encontrados no efluente bruto. Os resultados obtidos mostraram que a microalga da espécie *Scenedesmus subspicatus*, atua diretamente na remoção de substâncias como propranolol e sulfometoxazol e indiretamente na remoção de ácido salicílico, acetaminofeno, atenolol e albendazol. Além disso, o sistema experimental implantado para o tratamento dos efluentes urbanos demonstraram eficiência de 68,5% na remoção de nitrogênio total (NT), 70% de eficiência na remoção de nitrogênio amoniacal (NA), 68% na remoção de carbono orgânico total (COT), 53% de eficiência na remoção de DQO, além de 95% na remoção de turbidez. Os resultados também mostraram a presença de nove substâncias farmacológicas no efluente bruto, sendo que o sistema foi capaz de eliminar totalmente oito dessas substâncias e 99% do fármaco dipirona. Nesse sentido, com os resultados obtidos, é possível afirmar que o sistema combinado de MA+WC é bastante promissor, não só para a remoção de carga orgânica e elementos eutrofizantes, como também para alguns contaminantes emergentes, podendo contribuir com acréscimo

de tecnologia na área do saneamento. Pesquisas futuras podem ser desenvolvidas para combinação de outras configurações de sistemas combinados entre MA e WC, além de aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos de ação envolvidos na remoção dos contaminantes emergentes encontrados no efluente bruto de águas residuárias urbanas, que utilizam tal sistema para o seu tratamento.

Palavras-chave: sistemas baseados na natureza, microalgas, *wetlands* construídos, nutrientes, fármacos.

ABSTRACT

The increase in population and the increasing occupation of urban spaces makes the treatment of urban wastewater a challenge on a global scale. In Brazil, practically 50% of the population does not have access to the sewage network and many of the existing treatment systems are archaic and inefficient. In this sense, nature-based systems (SBN) can be an alternative capable of providing good efficiency in removing the main pollutants present in urban effluents and with lower implementation and operation costs. In this context, the production of microalgae (PM) in wastewater and constructed wetlands (CW) are included. This doctoral work aimed to evaluate the combined use of PM, together with WC, for the removal of organic load, nutrients and emerging contaminants, from urban wastewater, originating from the University of Santa Cruz do Sul. It was evaluated in the laboratory the action of microalgae of the species *Scenedesmus subspicatus* for the removal of drugs. Furthermore, an experimental Effluent Treatment Station (ETS) was implemented containing an anaerobic reactor, a microalgae production system and the constructed wetland, where environmental parameters related to organic load and nutrients were monitored for a year, as well as the efficiency evaluated. of the system to remove drugs found in the raw effluent. The results obtained showed that the microalgae of the species *Scenedesmus subspicatus* acts directly in the removal of substances such as propranolol and sulfometoxazole and indirectly in the removal of salicylic acid, acetaminophen, atenolol and albendazole. Furthermore, the experimental system implemented for the treatment of urban effluents demonstrated an efficiency of 68.5% in the removal of total nitrogen (TN), 70% efficiency in the removal of ammoniacal nitrogen (AN), 68% in the removal of total organic carbon (TOC), 53% efficiency in removing COD, in addition to 95% in removing turbidity. The results also showed the presence of nine pharmacological substances in the raw effluent, and the system was able to completely eliminate eight of these substances and 99% of the drug dipyrone. In this sense, with the results obtained, it is possible to state that the combined MA+CW system is very promising, not only for the removal of organic load and eutrophication elements, but also for some emerging contaminants, and can contribute to the increase in technology in the area. of sanitation. Future research can be developed to combine other system configurations combined between MA and CW, in addition to

deepening knowledge about the mechanisms of action involved in removing emerging contaminants found in raw urban wastewater effluent, which use such a system for their treatment.

Keywords: nature-based systems, microalgae, constructed wetlands, nutrients, pharmaceutical.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Wetlands</i> naturais no Rio Paraná (A), na Argentina e Rio da Prata (B), no Uruguai.....	22
Figura 2. Crescimento de microalgas em um lago natural (A e B).....	23
Figura 3. Imagem aérea Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da Unisc, com a identificação da unidade experimental.....	35
Figura 4. Fluxograma do sistema experimental para o tratamento de efluentes urbanos, metodologia utilizada para o Artigo 2.....	35
Figura 5. Desenho ilustrativo do sistema, referente à configuração para o Artigo 2.....	37
Figura 6. Sistema montado para a produção de microalgas em efluentes urbanos.....	37
Figura 7. Produção de inóculos de microalgas para serem adicionadas ao tanque de produção na ETE experimental.....	38
Figura 8. Desenho representativo de <i>wetland</i> de fluxo vertical, primeiro estágio do sistema francês.....	39
Figura 9. Preenchimento do WC com os elementos filtrantes (A) e implantação da vegetação (B).....	39
Figura 10. Fluxograma do sistema experimental para o tratamento de efluentes urbanos, metodologia utilizada para o Artigo 3.....	41
Figura 11. Desenho ilustrativo do sistema, referente à configuração para o Artigo 3.....	41
Figura 12. Preenchimento do WC com areia grossa e poda da vegetação para início da operação conforme a metodologia do Artigo 3.....	43
Figura 13. Implantação de misturador hidráulico e decantador para a remoção das microalgas.....	43
Figura 14. Remoção (%) de ácido salicílico (A), acetaminofeno (B) e propranolol (C), sulfametoxazol (D) e atenolol (E), por fotólise, hidrólise e fitorremediação.....	52
Figura 15. Formação de metabólitos a partir de albendazol.....	54
Figura 16. Resultados analíticos relacionados à remoção de carbamazepina (A) e cafeína (B).....	55

Figura 17. Resultados analíticos relacionados à remoção de ciprofloxacina (A), ofloxacina (B) e norfloxacina (C).....	57
Figura 18. Crescimento da microalga <i>S. subspicatus</i> com e sem a presença de fármacos.....	58
Figura 19. Desenho esquemático da unidade experimental implantada.....	64
Figura 20. Resultados obtidos nas análises realizadas para COT (A) e NT (B), turbidez (C), SDT (D), CE (E) e pH (F).....	67
Figura 21. Desenho esquemático da unidade experimental implantada.....	77
Figura 22. Sistema experimental implantado na ETE da Unisc, considerando as etapas de reator anaeróbio, produção de microalgas, decantação e <i>wetland</i> construído.....	78
Figura 23. Valores médios e desvio padrão obtidos nas análises para DQO (A) e DBO (B).....	80
Figura 24. Valores médios e desvio padrão obtidos nas análises de NA (A) e FT (B).....	81
Figura 25. Valores médios e desvio padrão obtidos nas análises de CE (A) e pH (B).....	85
Figura 26. Valores médios e desvio padrão obtidos nas análises de turbidez (A) e SDT (B).....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição do experimento.....	34
Tabela 2. Condições experimentais para a fitorremediação de mistura de CFAs com <i>S. subspicatus</i> com comparações de fotólise e hidrólise.....	51
Tabela 3. Concentrações de fármacos encontrados no efluente bruto e nas etapas do sistema de tratamento.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS

Arg	Arginina
ATV	Antivirais
COT	Carbono Orgânico Total
Cys	Cistina
C/N	Carbono/Nitrogênio
CV	Cavalo vapor
CO ₂	Gás carbônico
CE	Condutividade elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DNA	Ácido desoxirribonucleico
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FT	Fósforo total
GRAs	Genes de resistência à antibióticos
Glu	Ácido glutâmico
LARP	Laboratório de análise de resíduos de pesticidas
MA	Microalgas
NA	Nitrogênio amoniacal
NPK	Nitrogênio fósforo potássio
NT	Nitrogênio total
OD	Oxigênio dissolvido
pH	Potencial de hidrogênio
Pro	Prolina
RPM	Rotações por minuto
SBNs	Sistemas baseados na natureza
SDT	Sólidos dissolvidos totais
UASB	<i>Upflow anaerobic sludge blanket</i>
UFMS	Universidade Federal de Santa Maria
UNISC	Universidade de Santa Cruz do Sul

UHPLC-MS/MS Cromatografia líquida de altíssimo desempenho acoplada à espectrometria de massa - *Ultra-high performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry*

UICN União Internacional para Conservação da Natureza

WC *Wetland* construído

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo geral.....	18
2.2. Objetivos específicos.....	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1. Poluentes emergentes em efluentes urbanos.....	19
3.2. Sistemas baseados na natureza para o tratamento de efluentes.....	21
3.3. Microalgas para o tratamento de efluentes.....	23
3.4. <i>Wetlands</i> construídos para o tratamento de efluentes.....	29
4. METODOLOGIA.....	33
4.1. Experimento remoção de fármacos pela microalga <i>Scenedesmus subspicatus</i>	33
4.2. Estação de tratamento de efluentes urbanos experimental.....	35
4.2.1. Configuração do sistema para os estudos relacionados ao Artigo 2....	35
4.2.2. Configuração do sistema para os estudos relacionados ao Artigo 3....	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1. Artigo 1 – Potencial de <i>Scenedesmus subspicatus</i> para a remoção de compostos farmacológicos da água.....	46
5.2. Artigo 2 – Uso sequencial de microalgas e <i>wetlands</i> construído e o seu potencial para remover carga orgânica, nutrientes, ecotoxicidade e produtos farmacêuticos de águas residuárias urbanas.....	60
5.3. Artigo 3 – Sistema de produção de microalgas para o tratamento de efluentes urbanos e <i>wetlands</i> construídos para o tratamento da biomassa gerada no processo.....	73
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

RESUMO

O aumento da população e a ocupação cada vez maior dos espaços urbanos, torna o tratamento das águas residuárias urbanas um desafio de escala mundial. No Brasil, praticamente 50% da população não tem acesso à rede de esgoto e muitos dos sistemas de tratamento existentes são arcaicos e pouco eficientes. Nesse sentido, sistemas baseados na natureza (SBN) podem ser uma alternativa capaz de proporcionar uma boa eficiência na remoção dos principais poluentes presentes nos efluentes urbanos e com menor custo de implantação e operação. Nesse contexto, inserem-se a produção de microalgas (PM) em águas residuárias e os *wetlands* construídos (WC). Este trabalho de doutorado, teve por objetivo, avaliar o uso combinado da PM, juntamente com WC, para a remoção de carga orgânica, nutrientes e contaminantes emergentes, como os fármacos, de águas residuárias urbanas, oriundas da Universidade de Santa Cruz do Sul. Foi avaliado em laboratório a ação da microalga da espécie *Scenedesmus subspicatus* para a remoção de fármacos, contidos em um mix, utilizando análises por cromatografia. Além disso, foi implantada uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) experimental contendo reator anaeróbio, sistema de produção de microalgas e o *wetland* construído, onde foram monitorados parâmetros ambientais relacionados à carga orgânica e nutrientes, durante um ano, assim como avaliada a eficiência do sistema para a remoção de fármacos encontrados no efluente bruto. Os resultados obtidos mostraram que a microalga da espécie *Scenedesmus subspicatus*, atua diretamente na remoção de substâncias como propranolol e sulfometoxazol e indiretamente na remoção de ácido salicílico, acetaminofeno, atenolol e albendazol. Além disso, o sistema experimental implantado para o tratamento dos efluentes urbanos demonstraram eficiência de 68,5% na remoção de nitrogênio total (NT), 70% de eficiência na remoção de nitrogênio amoniacal (NA), 68% na remoção de carbono orgânico total (COT), 53% de eficiência na remoção de DQO, além de 95% na remoção de turbidez. Os resultados também mostraram a presença de nove substâncias farmacológicas no efluente bruto, sendo que o sistema foi capaz de eliminar totalmente oito dessas substâncias e 99% do fármaco dipirona. Nesse sentido, com os resultados obtidos, é possível afirmar que o sistema combinado de MA+WC é bastante promissor, não só para a remoção de carga orgânica e elementos eutrofizantes,

como também para alguns contaminantes emergentes, podendo contribuir com acréscimo de tecnologia na área do saneamento. Pesquisas futuras podem ser desenvolvidas para combinação de outras configurações de sistemas combinados entre MA e WC, além de aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos de ação envolvidos na remoção dos contaminantes emergentes encontrados no efluente bruto de águas residuárias urbanas, que utilizam tal sistema para o seu tratamento.

Palavras-chave: sistemas baseados na natureza, microalgas, *wetlands* construídos, nutrientes, fármacos.

ABSTRACT

The increase in population and the increasing occupation of urban spaces makes the treatment of urban wastewater a challenge on a global scale. In Brazil, practically 50% of the population does not have access to the sewage network and many of the existing treatment systems are archaic and inefficient. In this sense, nature-based systems (SBN) can be an alternative capable of providing good efficiency in removing the main pollutants present in urban effluents and with lower implementation and operation costs. In this context, the production of microalgae (PM) in wastewater and constructed wetlands (CW) are included. This doctoral work aimed to evaluate the combined use of PM, together with WC, for the removal of organic load, nutrients and emerging contaminants, from urban wastewater, originating from the University of Santa Cruz do Sul. It was evaluated in the laboratory the action of microalgae of the species *Scenedesmus subspicatus* for the removal of drugs. Furthermore, an experimental Effluent Treatment Station (ETS) was implemented containing an anaerobic reactor, a microalgae production system and the constructed wetland, where environmental parameters related to organic load and nutrients were monitored for a year, as well as the efficiency evaluated. of the system to remove drugs found in the raw effluent. The results obtained showed that the microalgae of the species *Scenedesmus subspicatus* acts directly in the removal of substances such as propranolol and sulfometoxazole and indirectly in the removal of salicylic acid, acetaminophen, atenolol and albendazole. Furthermore, the experimental system implemented for the treatment of urban effluents demonstrated an efficiency of 68.5% in the removal of total nitrogen (TN), 70% efficiency in the removal of ammoniacal nitrogen (AN), 68% in the removal of total organic carbon (TOC), 53% efficiency in removing COD, in addition to 95% in removing turbidity. The results also showed the presence of nine pharmacological substances in the raw effluent, and the system was able to completely eliminate eight of these substances and 99% of the drug dipyrone. In this sense, with the results obtained, it is possible to state that the combined MA+CW system is very promising, not only for the removal of organic load and eutrophication elements, but also for some emerging contaminants, and can contribute to the increase in technology in the area. of sanitation. Future research can be developed to combine other system configurations combined between MA and CW, in addition to deepening knowledge about the mechanisms of action

involved in removing emerging contaminants found in raw urban wastewater effluent, which use such a system for their treatment.

Keywords: nature-based systems, microalgae, constructed wetlands, nutrients, pharmaceutical.

1. INTRODUÇÃO

Os principais problemas que a humanidade enfrenta e enfrentará no século 21 são questões relacionadas à qualidade da água e abastecimento de energia. A população do mundo durante esse século, precisará de 70% a mais de alimentos, 50% de energia, 50% de água e ao mesmo tempo reduzir entre 50-80% das emissões de dióxido de carbono (CO₂) para sustentar políticas sociais e promover a segurança climática (SALAMA *et al.*, 2017). A poluição das águas superficiais tornou-se o principal desafio ambiental em todo o mundo. Além dos já existentes problemas de escassez, a contaminação de grandes corpos de água doce, torna a água imprópria para uso humano. Esse fato, é uma séria preocupação nos países em desenvolvimento, onde a saúde humana está em perigo, como consequência da rápida poluição dos suprimentos de água por metais pesados, eutrofização, poluentes orgânicos persistentes, esgoto e acidificação (SALAMA *et al.*, 2017).

Apesar dos esforços contínuos feitos para promover a implementação de sistemas de tratamento de águas residuais, cerca de 2,5 bilhões de pessoas no mundo ainda estão sem acesso a saneamento adequado (GARFÍ *et al.*, 2017).

Um dos impactos mais comuns, relacionados às águas residuais domésticas é a eutrofização, geralmente associada com um aumento na concentração de nutrientes orgânicos e inorgânicos (principalmente substâncias à base de nitrogênio e/ou fósforo) em corpos d'água (RUGNINI *et al.*, 2019).

Além da elevada concentração de matéria orgânica e nutrientes em águas residuais urbanas, as atividades antrópicas com o uso irracional de produtos farmacêuticos e antibióticos, além da liberação contínua dessas substâncias por suas indústrias de fabricação, levaram à um aumento nas concentrações de poluentes persistentes em diferentes tipos de efluentes e em ecossistemas aquáticos (CHANDEL *et al.*, 2022). Avanços no campo da ciência da saúde

trouxeram consigo maior longevidade e um melhor estilo de vida para humanos, juntamente com o aumento do consumo e uso irracional de antimicrobianos e produtos farmacêuticos. A maioria desses compostos sofrem reações metabólicas dentro do corpo humano (hidroxilação e clivagens). No entanto, estudos farmacocinéticos revelaram que a maioria não é totalmente metabolizada e, em vez disso, é excretada via fezes/urina na forma original ou como produtos de degradação. Esses produtos em última análise, atingem os ambientes aquáticos através das águas residuais e podem poluir os ecossistemas, causando riscos à saúde humana e à outras espécies (CHANDEL *et al.*, 2022).

As estratégias tradicionais de saneamento consistem na implementação de sistemas de coleta de esgoto e sistemas de tratamento centralizados convencionais em estações de tratamento de efluentes. O tratamento convencional compreende uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos, para remover basicamente sólidos, matéria orgânica e nutrientes. As configurações mais comuns incluem um tratamento primário, seguido de sistema anaeróbio, ou sistema de lodos ativados. Este último é composto por um tanque de aeração e um tanque de decantação secundário. Tais sistemas são caros para construir e operar; requerem profissionais qualificados para operação e manutenção e um alto consumo de energia (GARFÍ *et al.*, 2017).

Durante as últimas décadas, as tecnologias naturais (também conhecidas como tecnologias baseadas na natureza) vêm ganhando interesse para o tratamento de águas residuais, uma vez que são uma alternativa atraente aos sistemas convencionais de tratamento (GARFÍ *et al.*, 2017). Essas soluções baseadas na natureza (SBN) baseiam-se no conceito de exploração de serviços ecossistêmicos encontrados na natureza para desenvolver tecnologias eficientes e sustentáveis que sejam capazes de substituir as tecnologias convencionais que exigem elevada demanda de energia e recursos. SBN são soluções inovadoras que podem melhorar a saúde e a resiliência dos ecossistemas e promover sociedades mais sustentáveis (SERRA *et al.*, 2023).

O conceito de reciclagem de águas residuárias para o cultivo de microalgas tem atraído muita atenção nas últimas décadas. Esse cenário é ideal devido ao potencial das microalgas em tratar efluentes e simultaneamente produzir biomassa que pode ter um elevado valor agregado (KHALID *et al.*, 2019). Os nutrientes são assimilados na célula da microalga e assim impedidos de entrar nos corpos d'água receptores. Além disso, essa abordagem de cultivo é uma maneira viável de reduzir o custo da produção de biomassa de microalgas, reduzindo as necessidades de meio de crescimento sintético, que são demasiadamente caros (KHALID *et al.*, 2019).

Da mesma forma, as zonas úmidas construídas são sistemas projetados usados para tratar águas residuais por vários processos físicos e bioquímicos como assimilação, biodegradação, metabolismo, adsorção, precipitação, sedimentação, volatilização, absorção pelas plantas e degradação microbiana (NANDAKUMAR *et al.*, 2019). Parâmetros como pH, alcalinidade, temperatura, oxigênio e nutrientes (carbono, nitrogênio e fósforo) desempenham um papel vital durante o processo de tratamento. Os pantanais geralmente utilizam vegetação local e operam com energia solar, sendo sistemas ecológicos, de baixo custo, pouca exigência de profissionais e manutenção. Além disso, melhora a estética e promove a conservação da biodiversidade. Os sistemas de zonas úmidas construídas foram utilizados com sucesso para tratamento de diversos tipos de efluentes e são relatados como eficientes na remoção de contaminantes como a demanda química e bioquímica de oxigênio (DQO e DBO, respectivamente), sólidos em suspensão, mas principalmente a remoção de nutrientes (fósforo e nitrogênio). Além da vegetação do pantanal, os micróbios também desempenham um papel vital na remoção de carga contaminante das águas residuais. Essa capacidade de simultaneamente alcançar melhorias na qualidade da água e aumentar a biodiversidade gerou um interesse crescente na construção de áreas úmidas usadas para tratamento de água poluída (NANDAKUMAR *et al.*, 2019).

Esta tese, em consonância com a linha de pesquisa Tecnologias de Tratamento de Águas de Abastecimento e Residuárias buscou, no entanto, avaliar a ação de uma espécie de microalga na remoção de uma gama de fármacos definidos e que geralmente são encontrados em águas residuárias. Além disso, em uma unidade de tratamento de efluentes experimental, avaliou-se a eficiência de um sistema combinado de microalgas e *wetland* construído para a remoção de carga orgânica (COT, DQO e DBO) de nutrientes (N e P), e de fármacos identificados em efluente urbano do setor de serviços, oriundo da Universidade de Santa Cruz do Sul. Poucos estudos são encontrados em referências internacionais sobre o uso combinado de SBNs para o tratamento de águas residuárias dos mais variados tipos. Nesse sentido, essa tese visa contribuir para o crescimento da investigação desse tipo de tecnologia, no nível de pesquisa, como também promover a utilização desse tipo de sistema como potencial alternativa para aplicação na sociedade, visando o tratamento descentralizado de águas residuárias urbanas e a universalização do tratamento de esgoto no Brasil.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitem afirmar que o sistema combinado de produção de microalgas e *wetland construído* é bastante promissor para o tratamento de efluentes urbanos. Em uma primeira análise verificou-se que a microalga da espécie *Scenedesmus subspicatus* é capaz de eliminar de forma direta e indireta diversas substâncias farmacológicas (Artigo 1). O sistema combinado, além de proporcionar uma eficiência considerável na remoção de carga orgânica e nutrientes, como o nitrogênio, principalmente, também proporcionou uma resposta positiva no que diz respeito à remoção de fármacos (Artigo 2). Já os resultados do Artigo 3, mostraram que a utilização do sistema de microalgas aliado à remoção das mesmas por etapa de decantação é eficiente para a remoção de carga orgânica e nitrogênio amoniacal e que o *wetland* construído é capaz de receber e tratar com eficiência o lodo (biomassa) gerado no processo de decantação. Abordagens sobre tempos de detenção hidráulica (TDHs), outros mecanismos de separação da microalga, espécies de microalgas e plantas a serem utilizadas, assim como meios de suporte/filtração em WC podem ser explorados em trabalhos futuros. De forma geral, a tecnologia de sistemas baseados na natureza, conforme foi constituído no desenvolvimento da tese, se mostra promissora para utilização, principalmente em sistemas descentralizados de tratamento de efluentes sanitários, pois comparado aos sistemas convencionais utilizados atualmente, proporcionam elevada eficiência, possuem baixos requisitos de energia e de operação, além de sua implantação não requerer grande complexidade. Já que o sistema se mostrou eficiente não só na remoção de carga orgânica e nutrientes, como também de produtos farmacológicos, se mostra promissor para a sua utilização em escala real, onde se poderia trabalhar com áreas menores para a implantação do *wetland* devido à etapa anterior de tratamento pelas microalgas. Nesse sentido, o sistema também poderia ser avaliado em questões relacionadas à custos de implantação, quando comparado a outros sistemas convencionais, como reatores anaeróbios e de lodo ativado, amplamente utilizados no Brasil.

6. REFERÊNCIAS

ABDELFATTAH, A.; ALI, S. S.; RAMADAN, H.; EL-ASWAR, I.; ETAWAB, S, H.; ELSAMAHY, T.; LI, S.; EL-SHEEKH, M. M.; KORNAROS, M. SUN, J. Microalgae-based wastewater treatment: mechanism, challenges, recente advances, and future prospects. *Environmental Science and Ecotechnology*. v 13, 2023. ISSN 2666-4984. <https://doi.org/10.1016/j.esse.2022.100205>.

ABDELFATTAH, A.; EL-SHAMY, M. Review on the escalating imperative of zero liquid discharge (ZLD) technology for sustainable water management and environmental resilience. *Journal of Environmental Management*. v 351, 2024, 119614, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119614>.

ABOU-SHADY, A.; SIDDIQUE, M. S.; YU, W. A critical review of recente progress in global water reuse during 2019-2021 and perspective to overcome future water crisis. *Environments*. 2023, 10, 159. <https://doi.org/10.3390/environments10090159>

AL FALAHI, O. A.; ABDULLAH, S. R. S.; HASAN, H. A.; OTHMAN, A. R.; EWADH, H. M.; KURNIAWAN, S. B.; IMRON, M. F. Occurrence of pharmaceuticals and personal care products in domestic wastewater, available treatment technologies, and potential treatment using constructed wetland: A review. *Process Safety and Environmental Protection*, n. 168. p. 1067–1088. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.10.082>

ALPHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 22nd ed. Washington, 2012. 1496 p.

AMADU, A. A.; ABBEW, A.-W.; QIU, S.; ADDICO, G. N. D. *et al.* Advanced treatment of food processing effluent by indigenous microalgae-bacteria consortia: Population dynamics and enhanced nitrogen uptake. *Algal Research*, 69, p. 102913, 2023/01/01/2023. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102913>.

AMARAL, E. T.; BENDER, L. B. Y. C.; RIZZETTI, T. M.; SCHNEIDER, R. D. C. D. S. Removal of organic contaminants in water bodies or wastewater by microalgae of the genus *Chlorella*: A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. n. 8, 100476. 2023.

AMENORFENYO, D.K.; HUANG, X.; ZHANG, Y.; ZENG, Q.; ZHANG, N.; REN, J.; HUANG, Q. Microalgae Brewery Wastewater Treatment: Potentials, Benefits and the Challenges. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019, 16, 1910. <https://doi.org/10.3390/ijerph16111910>

AMORIM, F.; FIA, R.; FRANÇA, F. A.; TERRA, L. M.; FIA, F. R. L. Unidades combinadas RAFA-SAC para tratamento de água residuária de suinocultura – parte I carga orgânica removida. *Engenharia Agrícola*. v. 35. n. 6. p. 1149-1159. 2015.

AMORIM, F.; FIA, R.; SILVA, J. R. M.; CHAVES, C. F. M.; PASQUALIN, P. P. Unidades combinadas REFA-SAC para tratamento de água residuária de suinocultura – parte II nutrientes. *Engenharia Agrícola*. v. 35. n. 5. p. 931-940. 2015.

ANDRADE, C. F.; VON SPERLING, M.; MANJATE, E. S. Treatment of septic tank of sludge in a vertical flow constructed *wetland* system. *Engenharia Agrícola*. v. 37. n. 4. p. 811-819. 2017.

ARDILA, J.A.; DE ALVARENGA JUNIOR, B.R., DURANGO, L. C.; SOARES, F. L. F.; PERLATTI, B.; CARDOSO, J. O.; OLIVEIRA, R. V.; FORIM, M.R.; CARNEIRO, R. L. Design of experiments applied to stress testing of pharmaceutical products: A case study of Albendazole. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. n. 165, 105939. 2021.

BERMUDEZ, J. A. Z; COSTA, J. C. S.; NORONHA, J. C. Desafio ao acesso de medicamentos no Brasil. *Edições Livres*. 1ª Ed. 190 p. 2020.

BELTRÁN-ROCHA, J. C.; GUAJARDO-BARBOSA, C.; D. BARCELÓ-QUINTAL, I. D.; LÓPEZ-CHUKEN, U. J. Biotratamiento de efluentes secundarios municipales utilizando microalgas: Efecto del pH, nutrientes (C, N y P) y enriquecimiento con CO₂. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. vol. 52. n 3. p. 417-427. 2017.

BHATT, P.; BHANDARI, G.; BHATT, K.; SIMSEK, H. Microalgae-based removal of pollutants from wastewaters: Occurrence, toxicity and circular economy. *Chemosphere*, 306, p. 135576, 2022/11/01/ 2022. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135576>

BISWAL, B. K.; BOLAN, N.; ZHU, Y.-G.; BALASUBRAMANIAN, R. Nature-based Systems (NbS) for mitigation of stormwater and air pollution in urban areas: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 186, p. 106578, 2022/11/01/ 2022. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106578>.

CASELLES-OSÓRIO, A.; MENDOZA, G.; SIMANCA, M.; ROMERO-BORJA, I.; MOSQUERA, J. E.; ESLAVA, P. Tomato (*Lycopersicon sculentum*) production in sub surface flow constructed wetlands for domestic wastewater treatment in rural a colombian Community. *Ingeniería Investigación y Tecnología*. vol. XIX. n. 4. p 1-10. 2018.

CASSINI, S. T.; FRANCISCO, S. A.; ANTUNES, P. W. P.; OSS, R. N. *et al.* Harvesting Microalgal Biomass grown in Anaerobic Sewage Treatment Effluent by the Coagulation-Flocculation Method: Effect of pH. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 60, 2017.

CASTELLANO-HINOJOSA, A.; GALLARDO-ALTAMIRANO, M. J.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, J.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, A. Anticancer drugs in wastewater and natural environments: A review on their occurrence, environmental persistence, treatment, and ecological risks. *Journal of Hazardous Materials*, 447, p. 130818, 2023/04/05/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.130818>

CHANDEL, N.; AHUJA, V.; GURAV, R.; KUMAR, V. *et al.* Progress in microalgal mediated bioremediation systems for the removal of antibiotics and pharmaceuticals from

wastewater. *Science of The Total Environment*, 825, p. 153895, 2022/06/15/ 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153895>

CINQ-MARS, M.; BOURDEAU, N.; MARCHAND, P.; DESGAGNÉ-PENIX, I. *et al.* Characterization of two microalgae consortia grown in industrial wastewater for biomass valorization. *Algal Research*, 62, p. 102628, 2022/03/01/ 2022. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102628>

CLIMATEMPO, <https://www.climatempo.com.br/climatologia/365/santacruzdosul-rs>. 2023. Acessado em 26/10/2023.

COLARES, G. S.; DELL'OSBEL, N.; CONRAD, I.; PARANHOS, G.; VAZ, S. B.; OLIVEIRA, G.; MESACASA, L.; FOCHI, D.; KONRAD, O.; RODRIGUES, L. R.; LUTTERBECK, C. A.; RODRIGUEZ, A. L.; VYMAZAL, J.; SEZERINO, P. H.; MACHADO, Ê. L. Influence of loading rates and feeding conditions on hybrid constructed wetlands integrated with microbial fuel. *Ecological Engineering*, n. 194, 107014. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.107014>

COSTA, J. F., DE PAOLI, A. O.; VON SPERLING, M.; SEIDL, M. Avaliação do desempenho de sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial tratando efluente de reator UASB, com base em quatro anos de monitoramento. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.23. n.1. p 191-200. 2018.

CUI, L.; XIE, H.; ZHANG, S.; HU, Z. *et al.* Microscale Constructed Wetlands with Different Particulate Matters in their Substrates Exhibit Opposite Nitrogen Removal Performances. *Water*, 15, n. 3, p. 434, 2023.

DAS, P.; THAHER, M. I.; ABDUL HAKIM, M. A. Q. M.; AL-JABRI, H. M. S. J. *et al.* Microalgae harvesting by pH adjusted coagulation-flocculation, recycling of the coagulant and the growth media. *Bioresource Technology*, 216, p. 824-829, 2016/09/01/ 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.06.014>

DE JESUS OLIVEIRA SANTOS, M.; OLIVEIRA DE SOUZA, C.; MARCELINO, H. R. Blue technology for a sustainable pharmaceutical industry: Microalgae for bioremediation and pharmaceutical production. *Algal Research*, 69, p. 102931, 2023/01/01/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102931>

DE OLIVEIRA, M.; ATALLA, A. A.; FRIHLING, B. E. F.; CAVALHERI, P. S. *et al.* Ibuprofen and caffeine removal in vertical flow and free-floating macrophyte constructed wetlands with *Heliconia rostrata* and *Eichornia crassipes*. *Chemical Engineering Journal*, 373, p. 458-467, 2019/10/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.05.064>

DE SOUZA, R. C., GODOY, A. A., KUMMROW, F., DOS SANTOS, T. L., BRANDÃO, C. J., PINTO, E. Occurrence of caffeine, fluoxetine, bezafibrate and levothyroxine in surface freshwater of São Paulo State (Brazil) and risk assessment for aquatic life protection. *Environmental Science and Pollution Research*. n. 28(16). p. 20751–20761. 2021 <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11799-5>

DE SOUZA CELENTE, G., COLARES, G. S., DA SILVA ARAÚJO, P., MACHADO, Ê. L., LOBO, E. A. Acute ecotoxicity and genotoxicity assessment of two wastewater

treatment units. *Environmental Science and Pollution Research*. n. 27(10). p. 10520–10527. 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07308-y>

DE SOUZA CELENTE, G., COLARES, G. S., MACHADO, Ê. L., LOBO, E. A. Algae turf scrubber and vertical constructed wetlands combined system for decentralize secondary wastewater treatment. *Environmental Science and Pollution Research*. n. 26(10). p. 9931–9937. 2019. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04425-6>

DELL'OSBEL, N., COLARES, G. S., OLIVEIRA, G. A., RODRIGUES, L. R., DA SILVA, F. P., RODRIGUES, A. L., LÓPEZ, D. A. R., LUTTERBECK, C. A., SILVEIRA, E. O., KIST, L. T., MACHADO, Ê. L. Hybrid constructed wetlands for the treatment of urban wastewaters: Increased nutrient removal and landscape potential. *Ecological Engineering*. n. 158. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.10607216>

DING, Y.; WANG, W.; LIU, X.; SONG, X. *et al.* Intensified nitrogen removal of constructed wetland by novel integration of high rate algal pond biotechnology. *Bioresource Technology*, 219, p. 757-761, 2016/11/01/ 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.08.044>

DOWLING, S.; MCBRIDE, E. M.; MCKENNA, J.; GLAROS, T. *et al.* Direct soil analysis by paper spray mass spectrometry: Detection of drugs and chemical warfare agent hydrolysis products. *Forensic Chemistry*, 17, p. 100206, 2020/03/01/ 2020. <https://doi.org/10.1016/j.forc.2019.100206>

EVANS, S. E.; DAVIES, P.; LUBBEN, A.; KASPRZYK-HORDERN, B. Determination of chiral pharmaceuticals and illicit drugs in wastewater and sludge using microwave assisted extraction, solid-phase extraction and chiral liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 882, p. 112-126, 2015/07/02/ 2015. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.03.039>

FADANELLI, L. E. A.; ANDRADE FILHO, A. G.; WIECHTECK, G. K.; DÖLL, M. M. R. Considerations on design and implementation parameters of domestic wastewater treatment by subsurface flow constructed wetlands. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 24. N. 4. p 809-819. 2019.

FELDMANN, D. F., ZUEHLKE, S., HEBERER, T. Occurrence, fate and assessment of polar metamizole (dipyron) residues in hospital and municipal wastewater. *Chemosphere*. n. 71(9), p. 1754–1764. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.11.032>

FENG, W., WANG, T., ZHU, Y. Chemical composition, sources, and ecological effect of organic phosphorus in water ecosystems: a review. *Carbon Res*. 2, 12. 2023. <https://doi.org/10.1007/s44246-023-00038-4>

FERREIRA, J. S., MACHADO, Ê. L., LOBO, E. A. (). Nutrient removal efficiency using microalgae in different photoperiod cycles, combined with constructed wetland in a wastewater treatment plant. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 16(5), 1–14. 2021. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2692>

FONSECA, J. C. J.; SILVA, M. R. A.; BAUTITZ, I. R.; NOGUEIRA, R. F. P.; MARCHI, M. R. R. Assessment of the analytical reliability of the total organic carbon (TOC) determinations. *Eclética Química*, v. 31, n.3, p. 47-52, 2006.

GAGNON, V.; CHAZARENC, F.; KOIV, M.; BRISSON, J. Effect of plant species on water quality at the outlet of a sludge treatment wetland. *Water research*. n. 46. p. 5305-5315. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2012.07.007>

GAO, F.; PENG, Y.-Y.; LI, C.; YANG, G.-J. *et al.* Simultaneous nutrient removal and biomass/lipid production by *Chlorella* sp. in seafood processing wastewater. *Science of The Total Environment*, 640-641, p. 943-953, 2018/11/01/ 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.380>

GARFÍ, M.; FLORES, L.; FERRER, I. Life Cycle Assessment of wastewater treatment systems for small communities: Activated sludge, constructed wetlands and high rate algal ponds. *Journal of Cleaner Production*, 161, p. 211-219, 2017/09/10/ 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.116>

GOJKOVIC, Z.; LINDBERG, R.H.; TYSKLIND, M.; FUNK, C. Northern green algae have the capacity to remove active pharmaceutical ingredients. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. n. 170, 644-656. 2019.

GOMMA, M.; ZIEN-ELABDEEN, A.; HIFNEY, A. F.; ADAM, M. S. Phycotoxicity of antibiotics and non-steroidal anti-inflammatory drugs to green algae *Chlorella* sp. and *Desmodesmus spinosus*: Assessment of combined toxicity by Box–Behnken experimental design. *Environmental Technology & Innovation*. n. 23, 101586. 2021.

GONZALEZ-FLO, E.; ROMERO, X.; GARCÍA, J. Nature based-solutions for water reuse: 20 years of performance evaluation of a full-scale constructed wetland system. *Ecological Engineering*, 188, p. 106876, 2023/03/01/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106876>

GUO, X.; CUI, X.; LI, H. Effects of fillers combined with biosorbents on nutrient and heavy metal removal from biogas slurry in constructed wetlands. *Science of The Total Environment*, 703, p. 134788, 2020/02/10/ 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134788>

HAMILTON, M. A., RUSSO, R. C., THURSTON, R. V. Trimmed Spearman-Kärber method for calculation of EC50 and LC50 values in bioassays. *Burlington Research*, n. 7(11): 114- 119. 1979.

HAN, K.; LIU, Y.; HU, J.; JIA, J.; SUN, S. Effect of live and inactivated *Chlamydomonas reinhardtii* on the removal of tetracycline in aquatic environments. *Chemosphere*. n. 309, 136666. 2022.

HERAWATI, N.; HATTA DAHLAN, M.; YUSUF, M.; IQBAL, M. M. *et al.* Removal of total dissolved solids from oil-field-produced water using ceramic adsorbents integrated with reverse osmosis. *Materials Today: Proceedings*, 2023/04/04/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.624>

HIJOSA-VALSERO, M., FINK, G., SCHLÜSENER, M. P., SIDRACH-CARDONA, R., MARTÍN-VILLACORTA, J., TERNES, T., BÉCARES, E. Removal of antibiotics from urban wastewater by constructed wetland optimization. *Chemosphere*, 83(5), 713–719. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.004>

HIJOSA-VALSERO, M., MATAMOROS, V., SIDRACH-CARDONA, R., PEDESCOLL, A., MARTÍN-VILLACORTA, J., GARCÍA, J., BAYONA, J. M., BÉCARES, E. Influence of design, physico-chemical and environmental parameters on pharmaceuticals and fragrances removal by constructed wetlands. *Water Science and Technology*. n. 63(11). p. 2527–2534. 2011. <https://doi.org/10.2166/wst.2011.500>

HUAYNATE, A. O.; GALLEGOS M. C.; FLORES, R. L.; SOTO A. R. Evaluación del potencial de *Desmodesmus asymmetricus* y *Chlorella vulgaris* para la remoción de nitratos y fosfatos de aguas residuales. *Revista peruana de biología*. vol 28. 2021.

HUO, S.; CHEN, J.; ZHU, F.; ZOU, B. *et al.* Filamentous microalgae *Tribonema* sp. cultivation in the anaerobic/oxic effluents of petrochemical wastewater for evaluating the efficiency of recycling and treatment. *Biochemical Engineering Journal*, 145, p. 27-32, 2019/05/15/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2019.02.011>

IASIMONE, F.; PANICO, A.; DE FELICE, V.; FANTASMA, F. *et al.* Effect of light intensity and nutrients supply on microalgae cultivated in urban wastewater: Biomass production, lipids accumulation and settleability characteristics. *Journal of Environmental Management*, 223, p. 1078-1085, 2018/10/01/ 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.024>

JI, Z.; WENZHONG, T.; PEI, Y., Constructed wetland substrates: A review on development, function mechanisms, and application in contaminants removal. *Chemosphere*. v 286, Part 1, 2022, 131564, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131564>.

JIANG, J.-J.; LEE, C.-L.; BRIMBLECOMBE, P.; VYDROVA, L. *et al.* Source contributions and mass loadings for chemicals of emerging concern: Chemometric application of pharmaco-signature in different aquatic systems. *Environmental Pollution*, 208, p. 79-86, 2016/01/01/ 2016. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.06.039>

JIANG, Z.; TANG, S.; LIAO, Y.; LI, S.; WANG, S.; ZHU, X.; JI, G. Effect of low temperature on contributions of ammonia oxidizing archaea and bacteria to nitrous oxide in constructed wetlands. *Chemosphere*. n 313. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137585>

JOSA, I.; GARFÍ, M. Social life cycle assessment of microalgae-based systems for wastewater treatment and resource recovery. *Journal of Cleaner Production*, 407, p. 137121, 2023/06/25/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137121>

KAN, X.; FENG, S.; MEI, X.; SUI, Q. *et al.* Quantitatively identifying the emission sources of pharmaceutically active compounds (PhACs) in the surface water: Method development, verification and application in Huangpu River, China. *Science of The Total Environment*, 815, p. 152783, 2022/04/01/ 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152783>

KHALID, A. A. H.; YAAKOB, Z.; ABDULLAH, S. R. S.; TAKRIFF, M. S. Assessing the feasibility of microalgae cultivation in agricultural wastewater: The nutrient characteristics. *Environmental Technology & Innovation*, 15, p. 100402, 2019/08/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100402>.

KHOMENKO, O.; DOTRO, G.; JEFFERSON, B.; COULON, F.; FERNÁNDEZ, Y. B. Influence of sludge layer properties on the hydraulic behaviour of gravelbased vertical flow constructed wetlands for primary treatment of sewage. *Science of the Total Environment*. n. 691. p. 1137-1143. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.121>

KIKI, C.; RASHID, A.; WANG, Y.; LI, Y.; ZENG, Q.; YU, C. P.; SUN, Q.. Dissipation of antibiotics by microalgae: Kinetics, identification of transformation products and pathways. *Journal of Hazardous Materials*. n. 387, 121985. 2020.

KUMAR, M., AMBIKA, S., HASSANI, A., NIDHEESH, P. V. (). Waste to catalyst: Role of agricultural waste in water and wastewater treatment. *Science of The Total Environment*. n. 858. 159762. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159762>

LEI, Y.; WAGNER, T.; RIJNAARTS, H.; DE WILDE, V. *et al.* The removal of micropollutants from treated effluent by batch-operated pilot-scale constructed wetlands. *Water Research*, 230, p. 119494, 2023/02/15/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119494>

LI, M.; GE, S.; ZHANG, J.; WU, S. *et al.* Mechanism and performance of algal pond assisted constructed wetlands for wastewater polishing and nutrient recovery. *Science of The Total Environment*, 840, p. 156667, 2022/09/20/ 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156667>

LI, Z.; GAO, X.; BAO, J.; LI, S. *et al.* Evaluation of growth and antioxidant responses of freshwater microalgae *Chlorella sorokiniana* and *Scenedesmus dimorphus* under exposure of moxifloxacin. *Science of The Total Environment*, 858, p. 159788, 2023/02/01/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159788>

LIMA, S.; VILLANOVA, V.; GRISAFI, F.; CAPUTO, G.; BRUCATO, A.; SCARGIALI, F. Autochthonous microalgae grown in municipal wastewaters as a tool for effectively removing nitrogen and phosphorous. *Journal of Water Process Engineering*. n. 38. 2020.

LIMA, S.; GRISAFI, F.; CAPUTO, G.; BRUCATO, A.; SCARGIALI, F. Inoculum of indigenous microalgae/activated sludge for optimal treatment of municipal wastewaters and biochemical composition of residual biomass for potential applications. *Journal of Water Process Engineering*. n. 49. 2022.

LIU, J.; WU, Y.; WU, C.; MUYLAERT, K. *et al.* Advanced nutrient removal from surface water by a consortium of attached microalgae and bacteria: A review. *Bioresource Technology*, 241, p. 1127-1137, 2017/10/01/ 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.054>

LIU, X.; WANG, K.; ZHANG, J.; WANG, J. *et al.* Ammonium removal potential and its conversion pathways by free and immobilized *Scenedesmus obliquus* from wastewater. *Bioresource Technology*, 283, p. 184-190, 2019/07/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.038>

LIU, X.; XIA, J.; ZU, J.; ZENG, Z. *et al.* Spatiotemporal variations and gradient functions of water turbidity in shallow lakes. *Ecological Indicators*, 147, p. 109928, 2023/03/01/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109928>

LOBO, E. A., RATHKE, F. S., BRENTANO, D. M. Ecotoxicologia aplicada: o caso dos produtores de tabaco na bacia hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil. p. 41-68. In: Etges, V. E. Ferreira, M. A. F. A produção do tabaco: impacto no ecossistema e na saúde humana na região de Santa Cruz do Sul, RS. 418 Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2006.

LU, W.; XU, C.; LIU, F.; SU, M. *et al.* Antibiotic removal efficiency by microalgae: A systematic analysis combined with meta-analysis. *Process Safety and Environmental Protection*, 174, p. 912-920, 2023/06/01/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.05.001>

LUTTERBECK, C. A., COLARES, G. S., OLIVEIRA, G. A., MOHR, G., BECKENKAMP, F., RIEGER, A., LOBO, E. A., RODRIGUES, L. H. R., MACHADO, Ê. L. Microbial fuel cells and constructed wetlands as a sustainable alternative for the treatment of hospital laundry wastewaters: Assessment of load parameters and genotoxicity. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. n. 10(3). 108105. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108105>

LUTTERBECK, C. A., WILDE, M. L., BAGINSKA, E., LEDER, C., MACHADO, E. L., KÜMMERER, K. Degradation of cyclophosphamide and 5-fluorouracil by UV and simulated sunlight treatments: Assessment of the enhancement of the biodegradability and toxicity. *Environmental Pollution*. n. 208. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.10.016>

LYU, T.; HE, K.; DONG, R.; WU, S. The intensified constructed wetlands are promising for treatment of ammonia stripped effluent: Nitrogen transformations and removal pathways. *Environmental Pollution*. n. 236. p. 273-282. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.056>

LV, M.; ZHANG, D.; NIU, X.; MA, J. *et al.* Insights into the fate of antibiotics in constructed wetland systems: Removal performance and mechanisms. *Journal of Environmental Management*, 321, p. 116028, 2022/11/01/ 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116028>

MA, J.; CUI, Y.; LI, A.; ZHANG, W.; MA, C.; LUOSANG, Z.; CHEN, Z.; ZHAO, K. Tracking macrolides, sulfonamides, fluoroquinolones, and tetracyclines in sludge treatment wetlands during loading and resting periods. *Separation and Purification Technology*. n. 279. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119599>

MARKOU, G.; WANG, L.; YE, J.; UNC, A. Using agro-industrial wastes for the cultivation of microalgae and duckweeds: Contamination risks and biomass safety

concerns. *Biotechnology Advances*, 36, n. 4, p. 1238-1254, 2018/07/01/ 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.04.003>

MASSANO, M.; SALOMONE, A.; GERACE, E.; ALLADIO, E. *et al.* Wastewater surveillance of 105 pharmaceutical drugs and metabolites by means of ultra-high-performance liquid-chromatography-tandem high resolution mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1693, p. 463896, 2023/03/29/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2023.463896>

MATAMOROS, V., GUTIÉRREZ, R., FERRER, I., GARCÍA, J., BAYONA, J. M. (). Capability of microalgae-based wastewater treatment systems to remove emerging organic contaminants: A pilot-scale study. *Journal of Hazardous Materials*. n. 288. p. 34–42. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.02.002>

MATAMOROS, V.; UGGETTI, E.; GARCÍA, J.; BAYONA, J. M. Assessment of the mechanisms involved in the removal of emerging contaminants by microalgae from wastewater: a laboratory scale study. *Journal of Hazardous Materials*. n. 301. p 197-205. 2016.

MÉRIDA, L. G. R.; PADRÓN, R. A. R. Application of microalgae in wastewater: opportunity for sustainable development. *Front. Environ. Sei.* v 13. 2023. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1238640>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Relação Nacional de Medicamentos Essenciais - Rename*. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/daf/relacao-nacional-de-medicamentos-essenciais>.

MIZUKAWA, A.; FILIPPE, T. C.; PEIXOTO, L. O. M.; SCIPIONI, B.; LEONARDI, I. R.; AZEVEDO, J. C. R. Caffeine as a chemical tracer for contamination of urban rivers. *RBRH*. n. 24. 2019.

MOJIRI, A.; ZHOU, J. L.; RATNAWEERA, H.; REZANIA, S.; NAZARI, V, M.. Pharmaceuticals and personal care products in aquatic environments and their removal by algae-based systems. *Chemosphere*. n. 288, 132580. 2022.

MORAIS, E. G.; MARQUES, J. C. A.; CERQUEIRA, P. R.; DIMAS, C.; SOUSA, V. S.; GOMES, N.; TEIXEIRA, M. R.; NUNES, L. M.; VARELA, J; BARREIRA, L. Tertiary urban wastewater treatment with microalgae natural consortia in novel pilot photobioreactors. *Journal of Cleaner Production*. n. 378. 2022.

MORENO-GARCIA, L.; GARIÉPY, Y.; BOURDEAU, N.; BARNABÉ, S. *et al.* Optimization of the proportions of four wastewaters in a blend for the cultivation of microalgae using a mixture design. *Bioresource Technology*, 283, p. 168-173, 2019/07/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.067>

MORIKAWA, T.; FUKAMI, T.; GOTOH-SAITO, S.; NAKANO, M. *et al.* PPAR α regulates the expression of human arylacetamide deacetylase involved in drug hydrolysis and lipid metabolism. *Biochemical Pharmacology*, 199, p. 115010, 2022/05/01/ 2022. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2022.115010>

MUMTAJ Z. A.; KHAN A. R.; ALSUBIH M., ALEYA L.; KHAN R. A., KHAN S. Removal of pharmaceutical contaminants from hospital wastewater using constructed wetlands: a review. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2024 Jan 26. doi: 10.1007/s11356-024-32022-9. Epub ahead of print. PMID: 38277099.

NAHA, A.; ANTONY, S.; NATH, S.; SHARMA, D. *et al*. A hypothetical model of multi-layered cost-effective wastewater treatment plant integrating microbial fuel cell and nanofiltration technology: A comprehensive review on wastewater treatment and sustainable remediation. *Environmental Pollution*, 323, p. 121274, 2023/04/15/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121274>

NANDAKUMAR, S.; PIPIL, H.; RAY, S.; HARITASH, A. K. Removal of phosphorous and nitrogen from wastewater in Brachiaria-based constructed wetland. *Chemosphere*, 233, p. 216-222, 2019/10/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.240>

NAYAK, J. K.; GHOSH, U. K. Post treatment of microalgae treated pharmaceutical wastewater in photosynthetic microbial fuel cell (PMFC) and biodiesel production. *Biomass and Bioenergy*, 131, p. 105415, 2019/12/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105415>

OLIVEIRA, G. A., COLARES, G. S., LUTTERBECK, C. A., DELL'OSBEL, N., MACHADO, Ê. L., RODRIGUES, L. R. Floating treatment wetlands in domestic wastewater treatment as a decentralized sanitation alternative. *Science of the Total Environment*. n. 773. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.14560919>

OYEBAMIJI, O. O.; BOEING, W. J.; HOLGUIN, F. O.; ILORI, O. *et al*. Green microalgae cultured in textile wastewater for biomass generation and biodegradation of heavy metals and chromogenic substances. *Bioresource Technology Reports*, 7, p. 100247, 2019/09/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100247>

PAPAGEORGIU, M., KOSMA, C., LAMBROPOULOU, D. Seasonal occurrence, removal, mass loading and environmental risk assessment of 55 pharmaceuticals and personal care products in a municipal wastewater treatment plant in Central Greece. *Science of The Total Environment*. n. 543. p. 547–569. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.047>

PENG, J.; CAO, K. L.; LV, S.B.; HU, Y. X.; LIN, J.; ZHOU, Q. Z.; WANG, J. H. Algal strains, treatment systems and removal mechanisms for treating antibiotic wastewater by microalgae. *Journal of Water Process Engineering*. n. 56, 104266. 2023.

PERALTA, E.; JEREZ, C. G.; FIGUEROA, F. L. Centrate grown *Chlorella fusca* (Chlorophyta): Potential for biomass production and centrate bioremediation. *Algal Research*, 39, p. 101458, 2019/05/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101458>
PEREIRA DA SILVA, F., LUTTERBECK, C. A., COLARES, G. S., OLIVEIRA, G. A., RODRIGUES, L. R., DELL'OSBEL, N., RODRIGUEZ, A. L., RODRIGUEZ LÓPEZ, D. A., GEHLEN, G., MACHADO, Ê. L. Treatment of university campus wastewaters by anaerobic reactor and multi-stage constructed wetlands. *Journal of Water Process Engineering*. n. 42, 102119. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102119>

QIU, Y.; ZU, Y.; SONG, C.; XIE, M. *et al.* Soybean processing wastewater purification via *Chlorella* L166 and L38 with potential value-added ingredients production. *Bioresource Technology Reports*, 7, p. 100195, 2019/09/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100195>

RAMOS, R.; PIZARRO, R. Crecimiento y capacidad de biorremediación de *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta) cultivada en aguas residuales generadas en el cultivo del pez dorado *Seriola lalandi* (Perciformes: Carangidae). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. vol. 53. n 1. p 75-86. 2018.

RAVIKUMAR, Y., YUN, J., ZHANG, G., ZABED, H. M., QI, X. A review on constructed wetlands-based removal of pharmaceutical contaminants derived from non-point source pollution. *Environmental Technology & Innovation*. n. 26, 2022. 102504. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102504>

REN, H.; LIU, B.; KONG, F.; ZHAO, L.; REN, N. Hydrogen and lipid production from starch wastewater by co-culture of anaerobic sludge and oleaginous microalgae with simultaneous COD, nitrogen and phosphorus removal. *Water Research*. n. 85. p. 404-412. 2015.

RODRIGO, M. A.; VALENTÍN, A.; CLAROS, J.; MORENO, L. *et al.* Assessing the effect of emergent vegetation in a surface-flow constructed wetland on eutrophication reversion and biodiversity enhancement. *Ecological Engineering*, 113, p. 74-87, 2018/04/01/ 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.11.021>

RUGNINI, L.; ELLWOOD, N. T. W.; COSTA, G.; FALSETTI, A. *et al.* Scaling-up of wastewater bioremediation by *Tetrademus obliquus*, sequential bio-treatments of nutrients and metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 172, p. 59-64, 2019/05/15/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.01.059>

SAEED, T.; MAJED, N.; YADAV, A. K.; HASAN, A.; MIAH, J. Constructed wetlands for drained wastewater treatment and sludge stabilization: Role of plants, microbial fuel cell and earthworm assistance. *Chemical Engineering Journal*. n. 430. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.132907>

SALAH, M., ZHENG, Y., WANG, Q., LI, C., LI, Y., LI, F. Insight into pharmaceutical and personal care products removal using constructed wetlands: A comprehensive review. *Science of The Total Environment*. n. 885. 2023. 163721. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163721>

SALAMA, E.-S.; KURADE, M. B.; ABOU-SHANAB, R. A. I.; EL-DALATONY, M. M. *et al.* Recent progress in microalgal biomass production coupled with wastewater treatment for biofuel generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, p. 1189-1211, 2017/11/01/ 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.091>

SALEHI, M.; BIRIA, D.; SHARIATI, M.; FARHADIAN, M. Treatment of normal hydrocarbons contaminated water by combined microalgae – Photocatalytic nanoparticles system. *Journal of Environmental Management*, 243, p. 116-126, 2019/08/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.131>

SANTOS, B. F. S.; PASSOS, E. S.; FACCIOLI, G. G.; ARGUELHO, M. L. P. M.; OLIVEIRA, R. A.; CARVALHO, R. S. Análise da condutividade elétrica em efluentes domésticos no tratamento terciário composto por filtro com biocarvão. *XII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe*. 2019.

SARABI, S.; HAN, Q.; DE VRIES, B.; ROMME, A. G. L. *et al.* The Nature-Based Solutions Case-Based System: A hybrid expert system. *Journal of Environmental Management*, 324, p. 116413, 2022/12/15/ 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116413>

SATYA, A. D. M.; CHEAH, W. Y.; YAZDI, S. K.; CHENG, Y.-S. *et al.* Progress on microalgae cultivation in wastewater for bioremediation and circular bioeconomy. *Environmental Research*, 218, p. 114948, 2023/02/01/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114948>.

SAÚCO, C.; CANO, R.; MARÍN, D.; LARA, E. *et al.* Hybrid wastewater treatment system based in a combination of high rate algae pond and vertical constructed wetland system at large scale. *Journal of Water Process Engineering*, 43, p. 102311, 2021/10/01/ 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102311>.

SCHAGERL, M.; LUDWIG, I.; EL-SHEEKH, M.; KORAROS, M.; ALI, S. The efficiency of microalgae-based remediation as a green process for industrial wastewater treatment. *Algal Research*. n. 66. 2022.

SCHWAICKHARDT, R. d. O. Desenvolvimento e aplicação de método por UHPLC-MS/MS para determinação de fármacos em efluentes tratados em sistemas de wetlands construídos. 2021. - Doutorado em Química, Universidade de Santa Maria Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/24539>.

SCRUCCA, F.; INGRAO, C.; BARBERIO, G.; MATARAZZO, A. *et al.* On the role of sustainable buildings in achieving the 2030 UN sustainable development goals. *Environmental Impact Assessment Review*, 100, p. 107069, 2023/05/01/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107069>.

SERRA, T.; BARCELONA, A.; POUS, N.; SALVADO, V.; COLOMER, J. Disinfection and particle removal by a nature-based Daphnia filtration system for wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 50, p. 2022/10/09 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.103238> .

SHANMUGAM, M. K.; RATHINAVELU, S.; GUMMADI, S. N. Self-directing optimization for enhanced caffeine degradation in synthetic coffee wastewater using induced cells of *Pseudomonas* sp.: Bioreactor studies. *Journal of Water Process Engineering*, 44, p. 102341, 2021/12/01/ 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102341>

SHI, Q., YUAN, Y., ZHOU, Y., YUAN, Y., LIU, L., LIU, X., LI, F., LENG, C., WANG, H. Pharmaceutical and personal care products (PPCPs) degradation and microbial characteristics of low-temperature operation combined with constructed wetlands. *Chemosphere*. n. 341. 140039. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140039>

SILVEIRA, E. O., LUTTERBECK, C. A., MACHADO, Ê. L., RODRIGUES, L. R., RIEGER, A., BECKENKAMP, F., LOBO, E. A. Biomonitoring of urban wastewaters treated by an integrated system combining microalgae and constructed wetlands. *Science of the Total Environment*. n. 705. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135864>

SISMAN-AYDIN, G. Comparative study on phycoremediation performance of three native microalgae for primary-treated municipal wastewater. *Environmental Technology & Innovation*. n. 28. 2022.

SNIS - Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento, 2022. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesoainformacao/acoeseprogramas/saneamento/snis/produtosdosnis/diagnosticos_snis Accessed on 26/10/2023.

SONG, Y., WANG, L., QIANG, X., GU, W., MA, Z., & WANK, G. The promising way to treat wastewater by microalgae: Approaches, mechanisms, applications and challenges. *Journal of Water Process Engineering*. n. 49. 103012. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.10301221>

STILES, W. A. V.; STYLES, D.; CHAPMAN, S. P.; ESTEVES, S. *et al.* Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: challenges and opportunities. *Bioresource Technology*, 267, p. 732-742, 2018/11/01/ 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.07.100>

SUDIARTO, S. I. A.; RENGAMAN, A.; CHOI, H. L. Floating aquatic plants for total nitrogen and phosphorus removal from treated swine wastewater and their biomass characteristics. *J Environ Manage*, 231, p. 763-769, Feb 1 2019. [10.1016/j.jenvman.2018.10.070](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.070)

SUN, S.; WANG, Q.; WANG, N.; YANG, S. *et al.* High-risk antibiotics positively correlated with antibiotic resistance genes in five typical urban wastewater. *Journal of Environmental Management*, 342, p. 118296, 2023/09/15/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118296>

SUTHERLAND, D. L.; RALPH, P. J. Microalgal bioremediation of emerging contaminants - Opportunities and challenges. *Water Research*, 164, p. 114921, 2019/11/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114921>

SZOPIŃSKA, M.; POTAPOWICZ, J.; JANKOWSKA, K.; LUCZKIEWICZ, A. *et al.* Pharmaceuticals and other contaminants of emerging concern in Admiralty Bay as a result of untreated wastewater discharge: Status and possible environmental consequences. *Science of The Total Environment*, 835, p. 155400, 2022/08/20/ 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155400>

TALIB, S. L. A.; YASYN, N. H. M.; Mohd Sobri TAKRIFF, M. S.; JAPAR, A. S. Comparative studies on phycoremediation efficiency of different water samples by microalgae. *Journal of Water Process Engineering*. n. 52. 2023.

TIAN, Y.; ZOU, J.; FENG, L.; ZHANG, L.; LIU, Y. *Chlorella vulgaris* enhance the photodegradation of chlortetracycline in aqueous solution via extracellular organic matters (EOMs): Role of triplet state EOMs. *Water Research*. n. 149. p. 35-41. 2019.

TSATSOU, A.; FRANTZESKAKI, N.; MALAMIS, S. Nature-based solutions for circular urban water systems: A scoping literature review and a proposal for urban design and planning. *Journal of Cleaner Production*, 394, p. 136325, 2023/03/25/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136325>

UGYA, A.Y.; ARI, H.A.; HUA, X. Microalgae biofilm formation and antioxidant responses to stress induce by *Lemna minor* L., *Chlorella vulgaris*, and *Aphanizomenon flos-aquae*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. n. 221, 112468. 2021.

UNICEF - United Nations International Children's Emergency Fund <https://www.unicef.org/wash/water-scarcity>. Acessado em 25/10/2023.

UWTD 91/271/EEC E.C. Directive, COUNCIL DIRECTIVE of 21 May 1991 Concerning Urban Waste Water Treatment (91/271/EEC) (OJ L 135, 30.5.1991, p. 40), Available at: 1991 <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1991L0271:20081211:EN:PDF>.

VALADEZ-RENTERIA, E., PEREZ-CARRASCO, C., MEDINA-VELAZQUEZ, D. Y., RODRIGUEZ-GONZALEZ, V., OLIVA, J. (). Efficient removal of the recalcitrant metamizole contaminant from drinking water by using a CaLaCoO₉ perovskite supported on recycled polyethylene. *Journal of Environmental Sciences*. n. 136. p. 56–67. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.09.039>

VASSALLE, L.; FERRER, I.; PASSOS, F.; FILHO, C. R. M. *et al.* Nature-based solutions for wastewater treatment and bioenergy recovery: A comparative Life Cycle Assessment. *Science of The Total Environment*, 880, p. 163291, 2023/07/01/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163291>

VON SPERLING, M.; SEZERINO, P. H. Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes. *Boletim Wetlands Brasil*. Edição especial, 65 p. ISSN 2359-0548, 2018.

WANG, H.; SUN, J.; XU, J.; SHENG, L. Study on clogging mechanisms of constructed wetlands from the perspective of wastewater electrical conductivity change under different substrate conditions. *Journal of Environmental Management*, 292, p. 112813, 2021/08/15/ 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112813>

WANG, R.; LUO, J.; LI, C.; CHEN, J. *et al.* Antiviral drugs in wastewater are on the rise as emerging contaminants: A comprehensive review of spatiotemporal characteristics, removal technologies and environmental risks. *Journal of Hazardous Materials*, 457, p. 131694, 2023/09/05/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131694>

WUROCHEKKE, A. A.; HARUN, N. A.; MOHAMED, R. M. S. R.; KASSIM, A. H. B. M. Constructed Wetland of *Lepironia Articulata* for Household Greywater Treatment.

APCBEE *Procedia*, 10, p. 103-109, 2014/01/01/ 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.10.025>

XIONG, J.-Q.; GOVINDWAR, S.; KURADE, M. B.; PAENG, K.-J. *et al.* Toxicity of sulfamethazine and sulfamethoxazole and their removal by a green microalga, *Scenedesmus obliquus*. *Chemosphere*, 218, p. 551-558, 2019/03/01/ 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.146>

XIONG, J. Q.; KURADE, M.B., ABOU-SHANAB, R.A.I., JI, M.-K., CHOI, J., KIM, J.O., JEON, B. H. Biodegradation of carbamazepine using freshwater microalgae *Chlamydomonas mexicana* and *Scenedesmus obliquus* and the determination of its metabolic fate. *Bioresource Technology*. n. 205. p 183-190. 2016.

XIONG, J.-Q., KURADE, M. B., JEON, B. H. Can Microalgae Remove Pharmaceutical Contaminants from Water? *Trends in Biotechnology*. n. 36(1). p. 30–44. 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2017.09.003>

YANG, L., REN, L., TAN, X., CHU, H., CHEN, J., ZHANG, Y., ZHOU, X. Removal of ofloxacin with biofuel production by oleaginous microalgae *Scenedesmus obliquus*. *Bioresource Technology*. n. 315, 123738. 2020.

ZAMBRANO, J.; GARCÍA-ENCINA, P. A.; JIMÉNEZ, J. J.; CIARDI, M. *et al.* Removal of veterinary antibiotics in swine manure wastewater using microalgae–bacteria consortia in a pilot scale photobioreactor. *Environmental Technology & Innovation*, 31, p. 103190, 2023/08/01/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103190>

ZHAO, X.-C.; TAN, X.-B.; YANG, L.-B.; LIAO, J.-Y. *et al.* Cultivation of *Chlorella pyrenoidosa* in anaerobic wastewater: The coupled effects of ammonium, temperature and pH conditions on lipids compositions. *Bioresource Technology*, 284, p. 90-97, 2019/07/01/ 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.117>

ZHAO, X.; ZHANG, T.; DANG, B.; GUO, M.; JIN, M.; LI, C.; HOU, N.; BAI, S. Microalgae-based constructed wetland system enhances nitrogen removal and reduce carbon emissions: Performance and mechanisms. *Sci Total Environ*. 2023 Jun 15;877:162883. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.162883. Epub 2023 Mar 17. PMID: 36934950.

ZHONG, F.; HUANG, S.; WU, J.; CHENG, S. *et al.* The use of microalgal biomass as a carbon source for nitrate removal in horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 127, p. 263-267, 2019/02/01/ 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.11.029>

ZHOU, T.; ZHANG, Z.; LIU, H.; DONG, S. *et al.* A review on microalgae-mediated biotechnology for removing pharmaceutical contaminants in aqueous environments: Occurrence, fate, and removal mechanism. *Journal of Hazardous Materials*, 443, p. 130213, 2023/02/05/ 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130213>

ZHOU, X.; WANG, X.; ZHANG, H.; WU, H. Enhanced nitrogen removal of low C/N domestic wastewater using a biochar-amended aerated vertical flow constructed wetland.

Bioresource Technology, 241, p. 269-275, 2017/10/01/ 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.072>