

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 11/05/24.

RAFAEL DOS SANTOS LIMA

**POLIMENTO DE ÁGUAS DE REUSO POR MACRÓFITAS
AQUÁTICAS LEMNÁCEAS E DESINFECÇÃO SOLAR VISANDO O
USO NA AGRICULTURA**

Sorocaba
2023

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*

RAFAEL DOS SANTOS LIMA

**POLIMENTO DE ÁGUA DE REUSO POR MACRÓFITAS AQUÁTICAS
LEMNÁCEAS E DESINFECÇÃO SOLAR VISANDO O USO NA
AGRICULTURA**

Tese apresentada como requisito para a
obtenção do título de Doutor em Ciências
Ambientais da Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho” na Área de
Concentração Diagnóstico, Tratamento e
Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Leandro Cardoso de
Morais – UNESP/ICTS

Coorientador: Prof. Dr. Hélio Grassi Filho –
UNESP/FCA

Coorientador: Prof. Dr. Valdomiro Lacerda
Martins – UFAM

Sorocaba

2023



L732p Lima, Rafael dos Santos
Polimento de águas de reuso por Macrófitas Aquáticas Lemnáceas e
desinfecção solar visando o uso na agricultura / Rafael dos Santos
Lima. -- Sorocaba, 2023
104 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: Leandro Cardoso de Moraes
Coorientador: Hélio Grassi Filho

1. Águas residuais. 2. Água - Reuso. 3. Nutrientes -
Biodisponibilidade. 4. Agricultura. 5. Irrigação agrícola. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: POLIMENTO DE ÁGUAS DE REUSO POR MACRÓFITAS AQUÁTICAS LEMNÁCEAS E
DESINFECÇÃO SOLAR VISANDO O USO NA AGRICULTURA

AUTOR: RAFAEL DOS SANTOS LIMA

ORIENTADOR: LEANDRO CARDOSO DE MORAIS

COORIENTADOR: VALDOMIRO LACERDA MARTINS

COORIENTADOR: HÉLIO GRASSI FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências Ambientais,
área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEANDRO CARDOSO DE MORAIS (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / Unesp Instituto de Ciencia e Tecnologia Campus de Sorocaba

Prof. Dr. RICARDO DE LIMA VASCONCELOS (Participação Virtual)
Departamento de Agronegócio e Desenvolvimento / Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
(UNESP)

Profª Drª PATRÍCIA RAQUEL DA SILVA SOTTORIVA (Participação Virtual)
Departamento de Química / Centro Universitário de Ensino, Ciência e Tecnologia do Paraná (UNIENSINO)

Profª Drª RAFAELA DA SILVA LIMONS DA CUNHA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

Profª Drª VALÉRIA SANTOS CAVALCANTE (Participação Virtual)
Departamento de Agronomia / Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Sorocaba, 13 de setembro de 2023



Ciências Ambientais

A Deus,
Aos meus pais, Luís e Marlene, aos meus irmãos. E a toda minha
família, em especial minhas avós Maria do Carmo e Maria do Barboza,
por sempre acreditarem em mim, dedico.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Ciências
Ambientais

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por mais uma vitória em minha vida e por ter me dado forças para nunca desistir, apesar das dificuldades encontradas ao longo da minha vida.

A todos da minha família pelo apoio, compreensão em todos os momentos. E por me amarem e estarem sempre comigo independentemente de qualquer circunstância.

As pessoas importantes da minha vida, que por algum motivo maior não estão mais presentes (em corpo), mas sempre estarão em meu coração, pois Deus os levou para o céu e possivelmente viraram anjos para continuar cuidando de mim e de seus entes queridos. Em especial minha amada e eterna avó Maria do Carmo “Dona Carmem”, por nunca ter me abandonado e por ter me oferecido o todo amor, carinho e cuidado que necessitei enquanto criança e adolescente. A minha amiga Kelly Monteiro que sempre me deu forças e palavras confortáveis quando necessitei.

Aos Professores Dr. Hélio Grassi Filho e Dr. Leandro Cardoso de Moraes pela orientação, paciência e ensinamentos.

Agradeço, também, a todos os funcionários da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu (FCA) e do Instituto Ciências e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), ambos pertencentes à UNESP, por todo suporte técnico quanto à condução do presente trabalho, principalmente aos colaboradores, José Carlos, Fabiana, Lucimara, Sabrina, Janete, Kassandra, Suzan e Taiza.

A todos os meus professores, seja do ensino básico, fundamental, médio, superior ou de pós-graduação por todo conhecimento transmitido.

A todos os meus amigos, em especial: Ricardo, Tamires, Matheus, Cris “tia Tina”, Sandra, Patrícia, Karen, Daniele, Francisca e Pedro que torcem pelo meu sucesso e sempre estão dispostos a me oferecer uma palavra amiga e de ânimo.

A todos os professores integrantes da presente banca, pois disponibilizaram a vossa agenda para avaliar e contribuir com o presente trabalho.

Agradeço a todos que por algum momento acabou me auxiliando nessa etapa da minha vida.



Ciências Ambientais

“É que na longa estrada da vida, esquecemos que a estrada terá fim.

E, quando ela acabar, o que teremos?

Carregaremos, sim, a experiência aprendida durante o tempo de estrada e estaremos muito mais sábios, porque todas as outras pessoas que vimos no caminho nos ensinaram algo.

A estrada de nossa existência pode ser bela, simples, rica, tortuosa. Seja como for, ela é o melhor caminho para o nosso aprendizado.”

RESUMO

O esgoto doméstico é uma combinação de água com resíduos provenientes da utilização humana sob a água, cujas características variam conforme o local que essa população está inserida, clima, situação socioeconômica da população, bem como seus hábitos e usos da água. Muitas regiões no mundo exploram o uso do esgoto doméstico na agricultura como alternativa à escassez de água presente e futura. As normas visam direcionar o reuso das águas no país. A norma NBR 13969 da Associação Brasileira de Normas Técnica, por exemplo, inclui os usos previstos do esgoto tratado, o volume de esgoto a ser reutilizado e o grau de tratamento necessário para uso múltiplo do esgoto tratado, o que inclui o uso agrícola. Já o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através de sua resolução 503/2021 define critérios e procedimentos para o reuso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias. O tratamento de efluentes utilizando macrófitas aquáticas tem simultaneamente a remoção de contaminantes e nutrientes do efluente, bem como a geração de biomassa para diversos fins. A aplicação de radiação UV é outra forma de desinfecção de efluentes tratados. Os raios gama por exemplo tem alto poder de penetração e tem sido usado para desinfetar águas e efluentes. Diante do exposto, o presente trabalho tem a finalidade de avaliar o polimento de águas residuárias por macrófitas aquáticas lemnáceas e desinfecção solar, objetivando o seu uso na agricultura. O experimento foi implantado na UNESP (FCA - Botucatu). As análises foram realizadas no laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural da mesma universidade. O delineamento experimental consistiu em: TAR = tanque de armazenamento da água residuária tratada (água de reuso) pela ETE (Estação de tratamento de esgoto) de Botucatu; TPLM = tanque de polimento contendo macrófitas lemnáceas (*Lemnas minor*); TPDS = tanque de polimento por meio da desinfecção solar. Os parâmetros avaliados foram: DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); DQO (Demanda Química de Oxigênio); Sólidos Suspensos Totais (SST); E. coli; pH; P (fósforo); N (nitrogênio); Macro e Micronutrientes. Todos os dados encontrados das variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($\alpha \leq 5\%$). Não houve diferença significativa entre os tratamentos TPLM e TPDS para o polimento de águas residuárias domésticas, contudo, quando a água residuária do TPLM que já possuía condições satisfatórias recebeu o TPDS ocorreu uma elevação na qualidade da água residuária, reforçando a vantagem em utilizar essas duas técnicas combinadas para obtenção de melhores resultados de polimento. Dentre os parâmetros avaliados apenas o DBO não apresentou teores considerados adequados para uso na irrigação agrícola, requerendo medidas específicas para a sua redução, como adição de uma nova fase de polimento. O uso de TPLM e TPDS são alternativas menos onerosas e apresentaram excelentes resultados para remoção de E. coli e resultados muito satisfatórios quanto adequação do pH, CE, DQO, SST e remoção de nutrientes de águas residuárias em comparação com os sistemas convencionais.

Palavras-chave: Tratamento de Esgotos Domésticos; Biomassa; Fósforo e Azoto; Radiação UV.

TITLE OF PROJECT: "POLISHING OF REUSED WATER BY REMEMBER AQUATIC MACROPHYTES AND SOLAR DISINFECTION AIMING FOR USE IN AGRICULTURE"

ABSTRACT

Domestic sewage is a combination of water and waste from human use under water, whose characteristics vary according to the place where this population is located, climate, socioeconomic status of the population, as well as their habits and water uses. Many regions in the world are exploring the use of domestic sewage in agriculture as an alternative for present and future water savings. The norms aim to guide the reuse of water in the country. The NBR 13969 standard of the Associação Brasileira de Normas Técnicas, for example, includes the intended uses of treated sewage, the volume of sewage to be reused and the degree of treatment required for multiple uses of treated sewage, which includes agricultural use. The National Council for the Environment (CONAMA) through its resolution 503/2021 defines criteria and procedures for the reuse in fertirrigation systems of effluents from the food, beverage, dairy, refrigerator and grease industries. The treatment of effluents using aquatic macrophytes has the simultaneous removal of contaminants and nutrients from the effluent, as well as the generation of biomass for several fins. The application of UV radiation is another form of interference from treated effluents. Gamma rays, for example, have a high penetration power and have been used to disinfect water and effluents. Given the above, the present work aims to evaluate the polishing of wastewater by lemnaceae and solar-transmitted aquatic macrophytes, aiming at its use in agriculture. The experiment was improved at UNESP (FCA - Botucatu). The analyzes were carried out in the Water Resources laboratory of the Department of Rural Engineering at the same university. The experimental design consisted of: TAR = storage tank for treated wastewater (reuse water) by the Botucatu ETE (Sewage Treatment Station); TPLM = polishing tank containing lemnaceous macrophytes (*Lemnas minor*); TPDS = polishing tank through solar door. The evaluated parameters were: BOD (Biochemical Oxygen Demand); COD (Chemical Oxygen Demand); Total Suspended Solids (TSS); E. coli; pH; P (phosphorus); N (nitrogen); Macro and Micronutrients. All data found for the variables were detected in the analysis of variance using the F test ($\alpha \leq 5\%$). There was no significant difference between the TPLM and TPDS treatments for polishing domestic wastewater, however, when the TPLM wastewater, which already had satisfactory conditions, received TPDS, there was an increase in the quality of the wastewater, reinforcing the advantage of using these two combined techniques to obtain better polishing results. Among the parameters evaluated, only BOD did not present levels considered suitable for use in agricultural irrigation, requiring specific measures to reduce it, such as adding a new polishing phase. The use of TPLM and TPDS are less expensive alternatives and presented excellent results for removing E. coli and very satisfactory results regarding the adequacy of pH, EC, COD, TSS and removal of nutrients from wastewater compared to conventional systems.

Keywords: Domestic Sewage Treatment; Biomass; Phosphorus and Nitrogen; UV Radiation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Percentual de composição do esgoto doméstico bruto	19
Figura 2 - Resumo dos processos envolvidos na digestão anaeróbio.....	31
Figura 3 - Níveis do tratamento de esgoto doméstico	34
Figura 4 - Desenho esquemático de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) e seus compartimentos	39
Figura 5 - Métodos de disposição de efluentes no solo	41
Figura 6 - Métodos de desinfecção do efluente tratado	45
Figura 7 - Faixas de onda UV	48
Figura 8 - Reservatório de cimento amianto utilizado no armazenamento da água de reuso proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Botucatu.....	51
Figura 9 - Reservatório utilizado no polimento da água residuária com Macrófitas aquáticas	52
Figura 10 - Reservatório utilizado no processo de desinfecção por radiação solar.....	52
Figura 11 - Tanque de polimento contendo macrófitas lemnaáceas (<i>Lemnas minor</i>).....	53
Figura 12 - Tanque de polimento por desinfecção solar	53
Figura 13 - Parâmetros e métodos avaliados no sistema de polimentos	55
Figura 14 - Valores médios de pH para TAR, TPLM, TPDS e seus respectivos limites recomendados	62
Figura 15 - Valores médios de CE para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	64
Figura 16 - Valores médios de DQO para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	66
Figura 17 - Valores médios de DBO para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	68
Figura 18 - Valores médios de SST para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	70
Figura 19 - Valores médios de N para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	72
Figura 20 - Valores médios de amônia para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	73
Figura 21 - Valores médios de P para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	75

Figura 22 - Valores médios de K para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	76
Figura 23 - Valores médios de Ca para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	78
Figura 24 - Valores médios de Mg para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	80
Figura 25 - Valores médios de S para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	81
Figura 26 - Valores médios de E. coli para TAR, TPLM, TPDS, respectivos limites recomendados e eficiência de remoção (%).	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Caracterização do esgoto doméstico conforme parâmetros físicos.....	20
Quadro 2 - Caracterização do esgoto doméstico conforme parâmetros químicos	21
Quadro 3- Caracterização do esgoto doméstico conforme parâmetros biológicos	23
Quadro 4 - Algumas vantagens e desvantagens da aplicação de esgoto doméstico na agricultura.....	26
Quadro 5 - Descrição das etapas da digestão anaeróbia de esgotos domésticos	32
Quadro 6 - Vantagens e desvantagens da utilização de processos anaeróbios em relação a processos aeróbios para tratamento de esgoto doméstico	33



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais características (físico-químicas e biológicas) de um esgoto doméstico sem tratamento.....	23
Tabela 2 - Estimativa de remoção de bactérias por diferentes processos durante o tratamento de esgoto	47
Tabela 3 - Comparação de métodos de desinfecção de águas e efluente	49
Tabela 4 - Critérios da OMS para irrigação com esgotos sanitários	57
Tabela 5- Padrões de qualidade e monitoramento de águas de reuso conforme Resolução SSRH/SMAJSS, de 28/06/2017.	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	HIPÓTESE.....	16
3	OBJETIVOS	17
3.1	GERAL.....	17
3.2	ESPECÍFICOS	17
4	REVISÃO DE LITERATURA	18
4.1	ESGOTOS DOMÉSTICOS E SUA COMPOSIÇÃO.....	18
4.1.1	Características físicas	19
4.1.2	Características químicas	21
4.1.3	Características biológicas	22
4.1.4	Composição típica dos esgotos domésticos.....	23
4.2	UTILIZAÇÃO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NA AGRICULTURA	25
4.2.1	Contextualização: Introdução ao tema	25
4.2.2	Normas e requisitos legais para reuso de esgoto domésticos e efluentes na agricultura.....	27
4.3	SISTEMAS E TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS.....	29
4.3.1	Tratamento Biológico Aeróbio e Anaeróbio	29
4.3.2	Tratamento preliminar	34
4.3.3	Tratamento primário	35
4.3.4	Tratamento secundário	35
4.3.4.1	<i>Lagoas de estabilização</i>	<i>36</i>
4.3.4.2	<i>Lodos ativados.....</i>	<i>37</i>
4.3.4.3	<i>Filtro biológico.....</i>	<i>38</i>
4.3.4.4	<i>Reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB).....</i>	<i>38</i>
4.3.4.5	<i>Disposição sobre o solo</i>	<i>39</i>
4.3.5	Tratamento terciário	41
4.4	MACRÓFITAS AQUÁTICAS E SUA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	42
4.5	DESINFECÇÃO: USO DE RADIAÇÃO UV E SODIS NO TRATAMENTO E INATIVAÇÃO DE MICRORGANISMOS DO ESGOTO DOMÉSTICO	44
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	50
5.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	50

5.2	CLIMA	50
5.3	CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E MÉTODOS	50
5.3.1	Caracterização dos Tratamentos.....	50
5.3.2	Tratamento e avaliação da água residuária.....	54
5.3.3	Eficiência de tratamento	56
5.3.4	Avaliação da aplicabilidade do efluente tratado para fins de reuso na agricultura.....	56
5.3.4.1	<i>"Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture (WHO)"</i>	56
5.3.4.2	<i>NBR 13.969/97</i>	57
5.3.4.3	<i>Deliberação CRH nº 156, de 11/12/13 e Resolução SSRH/SMAJSS, de 28/06/2017</i>	58
5.3.4.4	<i>Lei Nº 4.603/2013, de 26 de agosto de 2013 (Município de Caicó-RN)</i>	58
5.3.5	Análise estatística	59
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
7	CONCLUSÃO	84
	REFERÊNCIAS	85
	APÊNDICE A – RADIAÇÃO UV.....	104

1 INTRODUÇÃO

O esgoto sanitário pode ser dividido em 2 grandes grupos, os esgotos domésticos e os industriais (SPERLING, 1997). Água residuária, ou esgoto doméstico é o nome que se dá para a água gerada após uso por comunidades de seres humanos, cujas fontes podem ser casas, hotéis, shoppings, escolas, entre outros (JORDÃO; PESSOA, 2017; MANASA; MEHTA, 2020; JIAO, 2021).

O esgoto doméstico é uma combinação de água com resíduos provenientes da utilização humana sob a água, cujas características variam conforme o local que essa população está inserida, clima, situação socioeconômica da população, bem como seus hábitos e usos da água (SPERLING, 1997).

Dessa forma, essa água contém todos os compostos que foram adicionados durante seu uso, como dejetos do corpo humano através da descarga, água gerada pela lavagem pessoal, lavanderia, alimentação e limpeza de espaços. O efluente fresco é turvo, com aspecto terroso com grandes sólidos com diferentes tamanhos (de grande à suspensão), porém, com a perda do oxigênio estes efluentes se tornam sépticos, com cor e odor fortes e desagradáveis (MARA, 2003).

A qualidade e quantidade de um esgoto sanitário variam conforme período de tempo e comunidade geradora do esgoto, dependendo do clima, economia local e hábitos daquela população. As características finais do esgoto gerado podem ser definidas conforme parâmetros físicos, químicos e biológicos (WEINER; MATTHEWS, 2003; MANASA; MEHTA, 2020; JIAO, 2021).

A disposição do esgoto doméstico no solo pode ser uma forma de tratamento ou de disposição final do esgoto. Quando aplicado, parte do efluente é incorporado às plantas, parte umedece o solo, evapotranspira, vai para o lençol freático ou escoar para um corpo d'água próximo. Nesse processo, o esgoto pode ser estabilizado pelo sistema solo-microrganismos-plantas, além de fornecer nutrientes e água para as plantas em crescimento (HARUVY, 1998; CAMPOS, 1999).

Muitas regiões no mundo exploram o uso do esgoto doméstico na agricultura como alternativa à escassez de água presente e futura. Alguns dos exemplos discutidos por pesquisadores incluem Israel (HARUVY, 1998), Itália (LICCIARDELLO, MILANI *et al.*, 2018; PEDRERO *et al.*, 2018), Grécia (TSAGARAKIS *et al.*, 2013) e Brasil (MARINHO *et al.*, 2013).

As maiores preocupações quanto a aplicação de efluentes domésticos na agricultura estão relacionadas aos efeitos da salinidade, ao teor de sódio, nutrientes, oligoelementos, além dos organismos patogênicos nas culturas (HARUVY, 1998; CAMPOS, 1999).

Assim, a irrigação deve ser feita e monitorada com cuidado de acordo com o método utilizado (HARUVY, 1998; COSTA, 2006). Haruvy (1998) destaca que o esgoto doméstico deve ser tratado antes da aplicação para que se adapte aos usos agrícolas, o que é essencial para uma disposição ambiental segura do efluente.

No Brasil existem normas e padrões técnicos para regulamentar o reuso de efluentes domésticos, incluindo aplicação agrícola (COSTA, 2006; ANA, 2018).

Algumas normas visam direcionar o reuso das águas no país. A norma NBR 13969 da Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT, 1997), por exemplo, inclui os usos previstos do esgoto tratado, o volume de esgoto a ser reutilizado e o grau de tratamento necessário para uso múltiplo do esgoto tratado, o que inclui o uso agrícola. Já o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através de sua resolução CONAMA 503/2021 (CONAMA, 2021) define critérios e procedimentos para o reuso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias. A resolução estabelece, por exemplo, a frequência de monitoramento dos efluentes a serem aplicados e o valor máximo permitido de bactérias patogênicas (*E. coli*).

A Companhia Ambiental de Estado de São Paulo, por exemplo, possui a norma (P04.002, CETESB (2019)) estabelece critérios de procedimentos para armazenamento, transporte e aplicação de efluentes líquidos e lodos gerados pelo processamento de frutas cítricas em solo agrícola.

O tratamento de efluentes utilizando macrófitas aquáticas tem simultaneamente a remoção de contaminantes e nutrientes do efluente, e a geração de biomassa para diversos fins. Assim, essas plantas são promissoras, econômicas e sustentáveis na remoção de compostos de efluentes, com rápido crescimento, longo sistema de raízes, grande produção de biomassa, alta tolerância e adaptação ambiental, facilidade de colheita e alta absorção de nutrientes e potencial acumulativo em seu corpo (KUMAR; DUTTA, 2018; TOYAMA *et al.*, 2018; KOTOULA *et al.*, 2020). Essas plantas podem remover tanto compostos orgânicos, como pesticidas, quanto compostos inorgânico, como nitrato, fósforo e metais (KUMAR; DUTTA, 2018).

Os mecanismos envolvem a fitoextração, em que os poluentes se acumulam nos brotos da planta, fitoestabilização, cuja planta limita a mobilidade do poluente no meio, fitovolatilização, cujos poluentes são convertidos em compostos voláteis e escapam pela

superfície da folha, fitodegradação, que é a transformação do poluente e rizofiltração, que é a absorção do poluente pelas raízes da planta. (KUMAR; DUTTA, 2018; SELVARAJ; VELVIZHI, 2021; KUMAR *et al.*, 2022).

O uso de macrófitas em sítio muito reportado em zonas úmidas construídas (CWMs) (FOUNTOULAKIS *et al.*, 2017; KUMAR *et al.*, 2022). A destruição seletiva ou parcial de microrganismos causadores de doença com o uso de agentes químicos, físicos, mecânicos e radiação é chamada de desinfecção. Dentre os agentes físicos utilizados para desinfecção do efluente estão o calor e a luz (OLIVEIRA, 2003; TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 2003).

A aplicação de radiação é outra forma de desinfecção de efluentes tratados. Os principais tipos de radiação são a eletromagnética, acústica e de partículas. Raios gama por exemplo tem alto poder de penetração e tem sido usado para desinfetar (chegando a esterilizar) águas e efluentes (TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 2003).

O SODIS (*Solar Water Disinfection*) vem sendo estudada no Líbano desde a década de 70, é uma técnica de baixo custo para a desinfecção de água, essa técnica faz uso da exposição da água ao calor e radiações ultravioletas para a eliminação dos patógenos (WEGELIN *et al.*, 1994). Existem vários projetos de SODIS em diversos países do mundo, essa técnica não necessita de constante monitoramento e preparações complexas, além de baixo custo de manutenção e implementação (custo aproximado de US\$0,75 por pessoa) (WEGELIN *et al.*, 1994; KEHOE *et al.*, 2004).

Diante do exposto, o presente trabalho tem a finalidade de avaliar um sistema de polimento de águas de reuso, utilizando de forma integrada as macrófitas aquáticas lemnáceas e desinfecção solar, além de discutir o uso dessa água na agricultura.

7 CONCLUSÃO

Não houve diferença significativa entre os tratamentos TPLM e TPDS para o polimento de águas residuárias domésticas. Contudo, quando a água residuária do TPLM que já possuía condições satisfatórias recebeu o TPDS, ocorreu uma elevação na qualidade da água residuária, reforçando a vantagem em utilizar essas duas técnicas combinadas para obtenção de melhores resultados de polimento.

Dentre os parâmetros avaliados apenas o DBO não apresentou teores considerados adequados para uso na irrigação agrícola, requerendo medidas específicas para a sua redução, como adição de uma nova fase de polimento.

O uso de TPLM e TPDS são alternativas menos onerosas e apresentaram excelentes resultados para remoção de *E. coli* e resultados muito satisfatórios quanto adequação do pH, CE, DQO, SST e remoção de nutrientes de águas residuárias em comparação com os sistemas convencionais de tratamento de esgotos.

REFERÊNCIAS

ABDEL-RAOUF, N.; AL-HOMAIDAN, A. A.; IBRAHEEM, I. B. M. Microalgae and wastewater treatment. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 19: 3, 257–275, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.04.005>. Acesso em: 30 set. 2023.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 13969 - Tanques sépticos** - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro. 1997. 60p.

AHAMMED, M, M.; DAVE, S.; NAIR, A. T. Effect of water quality parameters on solar water disinfection: a statistical experiment design approach. **Desalination and Water Treatment**, 56: 2, p. 315-326, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.940398>. Acesso em: 10 out. 2023.

AKINBILE, O. C.; YUSOFF, M. S. Assessing water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and lettuce (*Pistia stratiotes*) effectiveness in aquaculture wastewater treatment. **International Journal of Phytoremediation**, 14: 3, p. 201-211, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15226514.2011.587482>. Acesso em: 15 out. 2023.

AL-JABRI, H.; DAS, P.; KHAN, S.; THAHER, M.; ABDULQUADIR, M. Treatment of wastewaters by microalgae and the potential applications of the produced biomass - a review. **Water**, 13: 1, 1-26, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w13010027>. Acesso em: 30 set. 2023.

ALMEIDA, A. **Avaliação do potencial de *Lemna minor* L. como bioindicador de toxicidade em águas residuais**. 2018. 79 f. Dissertação em Engenharia Sanitária (Engenharia do Ambiente). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. 2018.

ALMEIDA, A. M. **Crescimento da grama bermuda discovery™ irrigada por gotejamento subsuperficial, sob tensões de água no solo**. 2019. 67f. Dissertação em Agronomia (Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/875385/qualidade-da-agua-de-irrigacao>>. Acesso em: 03 maio 2023.

AL-NOZAILY, F.; ALAERTS, G.; VEENSTRA, S. Performance of duckweed – covered sewage lagoons. **Water Research**, 34: 10, p. 2727 – 2733. 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00004-X](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00004-X). Acesso em: 10 out. 2023.

ALVES, D. K. M.; TEIXEIRA, M. B.; CUNHA, F. N.; CABRAL FILHO, F. R. Avaliação de gotejadores com uso de água residuária de piscicultura e suinocultura em diferentes diluições. **Irriga**, 27:2, p. 282-295, 2022. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4575>. Acesso em: 10 set. 2023.

ANA, A. N. A. **Reuso de Água Agrícola e Florestal** - Unidade 3 Aspectos Técnicos do Reuso Agrícola e Florestal, 2018, 53 p.

ARAUJO, E. D.; SANTOS, S. R.; ALVES, P. F. S.; KONDO, M. K.; A. CARVALHO, A. J.; FEITOSA, F. M. Agronomic performance of common bean crops fertigated with treated sewage and mineral fertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 24: 520-527, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n8p520-527>. Acesso em: 5 nov. 2023.

ARIAS, D. M.; SOLÉ-BUNDÓ, M.; GARFÍ, M.; FERRER, I.; GARCÍA, J.; UGGETTI, E. Integrating microalgae tertiary treatment into activated sludge systems for energy and nutrients recovery from wastewater. **Bioresource Technology**, 247: 513–519, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.123>. Acesso em: 30 set. 2023. article/view/3545. Acesso em: 5 nov. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1986. **Norma NBR 9648/1986** – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário - Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, BR, 1986. 5 p.

ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. 2005. 166f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

AWUAH, E. ANOHENE, F.; ASANTE, K.; LUBBERDING, H.; GIJZEN, H. Environmental conditions and pathogen removal in macrophyte- and algal-based domestic wastewater treatment systems. **Water Science and Technology**, 44: 6, p. 11–18, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0329>. Acesso em: 10 out. 2023.

BARROS, H. M. M.; VERIATO, M. K. L.; SOUZA, L. P.; CHICÓ, L. R.; BAROSI, K. X. L. Reuso de água na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 10: 5, p. 11-16. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i5.3868>. Acesso em: 10 set. 2023.

BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, A. F. M.; AZEVEDO, C. A. V.; MEDEIROS, S. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17, p.698–705, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000700002>. Acesso em: 10 set. 2023.

BELMESKINE, H.; OUAMEUR, W. A.; DILMI, N.; AOUABED, A. The vermicomposting for agricultural valorization of sludge from Algerian wastewater treatment plant: impact on growth of snap bean *Phaseolus vulgaris* L. **Heliyon** 6:8, e04679, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04679>. Acesso em: 5 nov. 2023.

BEN, W.; QIANG, Z.; PAN, X.; CHEN, M. Removal of veterinary antibiotics from sequencing batch reactor (SBR) pretreated swine wastewater by Photo Fenton. **Water Research**, 43: 17, p. 4392–4402. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.06.057>. Acesso em: 15 ago. 2023.

BOHÓRQUEZ, E.; PAREDES, D.; ARIAS, C. A. Vertical flow-constructed wetlands for domestic wastewater treatment under tropical conditions: effect of different design and operational parameters. **Environmental Technology**, 38: 2, 199–208, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09593330.2016.1230650>. Acesso em: 30 set. 2023.

BORBA, F. H. **Aplicação dos processos foto-Fenton e eletrofloculação no tratamento de efluente de curtume**. 2010. 164 f. Dissertação em Engenharia Química (Desenvolvimento de Processos). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo. 2010.

BORGES, A. K. P.; TAUKE-TORNISIELO, S. M.; DOMINGOS, R. N.; ANGELIS, D. F.; 2008, Performance of the constructed wetland system for the treatment of water from the Corumbatai river. **Brazilian Archives Biology and Technology**, 51:6, p.1279-1286. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132008000600024>. Acesso em: 15 out. 2023.

BRAGA; MAROUELLI; LIMA. **Reuso de água como fator na produção de alimentos**. In: Reuso de Água na Agricultura. Ed. BRAGA, M. B.; LIMA, C. E. P. Brasília-DF: Embrapa, 2014, p.13-25.

BRASIL, M. S.; MATOS, A.T.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos, utilizados no tratamento de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 9, p.133-137, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v9nsupp133-137>. Acesso em: 10 out. 2023.

BRITO, N. N.; SILVA, V. B. M. Processo Oxidativo Avançado e sua Aplicação Ambiental. REEC - **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, 3:1, p. 36– 47, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/17000>. Acesso em: 10 out. 2023.

BROWN, N.; SHILTON, A. Luxury uptake of phosphorus by microalgae in waste stabilisation ponds: current understanding and future direction. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, 13: 321-328, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9337-3>. Acesso em: 30 set. 2023.

CAMILOTI, P. R. **Recuperação de enxofre elementar em reatores microaerados**. 2012. 139 f. Dissertação em Engenharia Hidráulica e Saneamento. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2012.

CAMPOS, J. R. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro, ABES. 1999. 443p.

CARMO, F. F.; DUTRA, I.; BATISTA, A. A.; BATISTA, R. O.; SILVA, M. G. Dimensionamento hidráulico e avaliação de um sistema de irrigação localizada de baixo custo. **Engenharia na Agricultura**, 24:4, p. 302-313, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.13083/reveng.v24i4.624>. Acesso em: 10 set. 2023.

CARVAJAL R. A. R. **Desinfecção solar da água: avaliação da técnica ‘SODIS’ aplicada a águas de chuva, poço e manancial superficial, nas condições climáticas de verão na região de Porto Alegre, RS.** 2015. 100 f. Dissertação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2015.

CASTRO, G. M. **Tratamento de efluentes de laticínio em sistemas wetlands com macrófitas aquáticas flutuantes.** 2014. 69 f. Dissertação em Engenharia Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Toledo, 2014.

CAVALCANTE, F. L. **Desinfecção solar de águas cinza para aproveitamento agrícola no semiárido - RN.** 2017. 194 f. Tese em Manejo de Solo e Água. Universidade Federal Rural do Semi-árido, Natal. 2017.

CAVALCANTE, R. P.; DANTAS, R. F.; BAYARRI, B.; GONZÁLEZ, O.; GIMÉNEZ, J.; ESPLUGAS, S.; MACHULEK, A. Photocatalytic mechanism of metoprolol oxidation by photocatalysts TiO₂ and TiO₂ doped with 5% B: Primary active species and intermediates. **Applied Catalysis B: Environmental** 194: 111-122. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2016.04.054>. Acesso em: 10 set. 2023.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Norma P4.002 - Efluentes e lodos fluidos de indústrias cítricas** - Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. São Paulo – SP, 2019. 25 p.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Norma P4.231 - Vinhaça** – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. São Paulo, 2015. 15 p.

CHAÚQUE, E. F. C.; ZVIMBA, J. N.; NGILA, J.C.; MUSEE, N. Stability studies of commercial ZnO engineered nanoparticles in domestic wastewater. **Physics and Chemistry of the Earth**, 67–69: 140–144, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2013.09.011>. Acesso em: 30 set. 2023.

CHEN, G.; FANG, Y.; HUANG, J.; ZHAO, Y.; LI, Q.; LAI, F.; XU, Y.; TIAN, X.; HE, K. Z.; JIN, Y.; TAN, L.; ZHAO, H. Duckweed systems for eutrophic water purification through converting wastewater nutrients to high-starch biomass: comparative evaluation of three different genera (*Spirodela polyrhiza*, *Lemna minor* and *Landoltia punctata*) in monoculture or polyculture. **RSC Advances**, 8, p.17927-17937. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/c8ra01856a>. Acesso em: 15 ago. 2023.

CHENG, J. J.; STOMP, A. M. Growing duckweed to recovery nutrients from wastewater and for production of fuel ethanol and animal feed. **Clean - Soil, Air, Water**, 37: 1, p. 17-26, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/clen.200800210>. Acesso em: 10 set. 2023.

CHERNICHARO, C. A. D. L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Reatores Anaeróbios.** Belo Horizonte, UFMG. 1997. 120 p.

COLLIVIGNARELLI, M. C.; ABBÀ, A.; MIINO, M. C.; CACCAMO, F. M.; TORRETTA, V.; RADA, E. C.; SORLINI, S. Disinfection of Wastewater by UV-Based Treatment for Reuse in a Circular Economy Perspective. Where Are We at? **International Journal of Environmental Research and Public Health** 18:1, 77, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18010077>. Acesso em: 10 set. 2023.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 503, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2021**. Define critérios e procedimentos para o reuso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias. Brasil. 2021. 9 p.

COSTA, M. C. **Avaliação dos Aspectos Sanitários, Agronômicos e de Qualidade em Melancias Irrigadas com Esgoto Tratado**. 2006. 112f. Mestrado em Engenharia Civil - Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2006.

CUBA, R. S.; CARMO, J. R.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Revista Ambiente & Água**, 10: 574-586, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/%20ambi-agua.1575>. Acesso em: 5 nov. 2023.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, 14: 1, 1–11, 2009. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3393>. Acesso em: 15 ago. 2023.

CURDS, C. R. The Ecology and Role of Protozoa in Aerobic Sewage Treatment Processes. **Annual Review of Microbiology**, 36:1, 27-28, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.mi.36.100182.000331>. Acesso em: 10 set. 2023.

DALRYMPLE, O. K.; STEFANAKOS, E.; TROTZ, M. A.; GOSWAMI, D. Y. A review of the mechanisms and modeling of photocatalytic disinfection. **Applied Catalysis B: Environmental** 98:1, 27-38, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926337310001918>. Acesso em: 15 ago. 2023.

DHOTE, S.; DIXIT, S. Water quality improvement through macrophytes - a review. **Environmental Monitoring and Assessment**, 152: 1-4, 149-153, 2008. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-008-0303-9>. Acesso em: 03 maio 2023.

DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. V. A. M.; COELHO, R. D. Resistência de diferentes tipos de tubo gotejadores ao entupimento por precipitação química de cálcio. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage. Irriga**, 9: 2, 115-125, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2004v9n2p115-125>. Acesso em: 03 maio 2023.

DINIZ, L. M. **Avaliação do reagente de fenton e foto-fenton na remoção de matéria orgânica e toxicidade em um efluente hospitalar**. 2015. 82 f. Dissertação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2015.

DOMÍNGUEZ-ESPÍNDOLA, R. B.; VARIA, J. C.; ÁLVAREZ-GALLEGOS, A.; ORTIZ-

HERNÁNDEZ, M. L.; PEÑA-CAMACHO, J. L.; SILVA-MARTÍNEZ, S. Photoelectrocatalytic inactivation of fecal coliform bacteria in urban wastewater using nanoparticulated films of TiO₂ and TiO₂/Ag. **Environmental Technology**, 38:5, 606-614, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09593330.2016.1205148>. Acesso em: 15 ago. 2023.

ELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para o consumo humano**. Editora UFMG, v. 2, 2010. 870 p.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, 4: 1, p. 85-104, 2002. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S1462-0758\(01\)00064-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1462-0758(01)00064-4). Acesso em: 10 out. 2023.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade dos nutrientes**. 2. Ed. Lages, 2016. 254 p.

FENDRI, I.; SAAD, R. B.; KHEMAKHEM, B.; HALIMA, N. B.; GDOURA, R.; ABDELKAFI, S. Effect of treated and untreated domestic wastewater on seed germination, seedling growth and amylase and lipase activities in *Avena sativa* L. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 93: 1568–1574, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5923>. Acesso em: 30 set. 2023.

FERNANDES, C. N.; CAVALCANTE, F. L.; BATISTA, R. O. **Desinfecção solar de fluentes sanitários**. Natal: Editora IFRN, 2019. 100p.

FERNÁNDEZ-LUQUEÑO, F.; REYES-VARELA, V.; MARTÍNEZ-SUÁREZ, C.; SALOMÓN-HERNÁNDEZ, G.; YÁÑEZ-MENESES, J.; CEBALLOS-RAMÍREZ, J. M.; DENDOOVEN, L. Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Bioresource Technology**, 101:1, 396-403, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.058>. Acesso em: 15 ago. 2023.

FIA, R.; PEREIRA, E. L.; FIA, F. R. L.; EMBOABA, D. G.; GOMES, E. M. Start-up of anaerobic reactors for slaughterhouse wastewater treatment. **Engenharia Agrícola**, 35: 2, p. 331–339, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p331-339/2015>. Acesso em: 10 out. 2023.

FIGUEIREDO, C. G. **Esgoto doméstico tratado como fonte de nutrientes no cultivo hidropônico do morangueiro**. 2020. 73f. Dissertação em Agricultura e Ambiente – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2020.

FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro, ABES. 2006.

FOUNTOULAKIS, M. S.; SABATHIANAKIS, G.; KRITSOTAKIS, I.; KABOURAKIS, E. M.; MANIOS, T. Halophytes as vertical-flow constructed wetland vegetation for domestic wastewater treatment. **Science of the Total Environment**, 583: 432–439, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.090>. Acesso em: 30 set. 2023.

FRANÇA, G. M. O. **Efeito de doses de excrementos de aves na produção e qualidade nutricional de *Lemna valdiviana* Phil (Araceae) para piscicultura**. 2008. 69 f.

Dissertação em Ciências Agrárias (Ciência do Solo). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2008.

FRANÇA, J. B. A.; MORAES, T. V.; VAZ, D. C.; FERREIRA, A. A.; SOARES, F. A. L. Tratamento de efluente doméstico com macrófitas aquáticas para reuso na fertirrigação. *Brazilian Journal of Irrigation and Drainage - Irriga*, 1: 1, 85-93, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2014v1n1p85>. Acesso em: 3 maio 2023

FREITAS, C.; NASCIMENTO, J.; BEZERRA, F.; LIMA, R. Use of treated sewage as water and a nutritional source for bean crops. *Revista Caatinga* 31: 487-494, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n225rc>. Acesso em: 15 ago. 2023.

FULAZZAKY, M. A.; SALIM, N. A. A.; ABDULLAH, N. H.; YUSOFF, A. R.; PAUL, E. Precipitation of iron-hydroxy-phosphate of added ferric iron from domestic wastewater by an alternating aerobic–anoxic process. *Chemical Engineering Journal*, 253: 291–297, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.05.049>. Acesso em: 30 set. 2023.

GARCIA-SEGURA, S.; BRILLAS, E. Applied photoelectrocatalysis on the degradation of organic pollutants in wastewaters. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews* 31: 1-35, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389556716300740>. Acesso em: 15 ago. 2023.

GHANGREKAR, M. M.; DAS, S. Integration of wastewater treatment with algal cultivation for the production of biofuel and bioenergy. *An Integration of Phycoremediation Processes in Wastewater Treatment*, 289–312, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823499-0.00014-6>. Acesso em: 1 nov. 2023.

GHOTHANDAM, K. M.; RANJAN, S.; DASGUPTA, N.; LICHTFOUSE, E. *Environmental Biotechnology*. 4. ed. 68. 2023, 297p.

GOMES FILHO, R. R.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D.; MARTINEZ, H. E. P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5: 1, p. 131-134, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000100024>. Acesso em: 10 out. 2023.

GUO, W.; NAZIM, H.; LIANG, Z.; YANG, D. Magnesium deficiency in plants: an urgent problem. *The Crop Journal*, 4: 2, 83-91, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cj.2015.11.003>. Acesso em: 3 maio 2023.

GUPTA, S. K.; BUX, F. *Application of Microalgae in Wastewater Treatment*. Cham: Springer, 2: Biorefinery Approaches of Wastewater Treatment. 2019. 597p.

HANCOCK, S. J. C.; BUDD.HAVARAPU, L. *Control of algae using duckweed (Lemma) Systems* – CRC Press, Inc. 1993. 656 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/9781003069997>. Acesso em: 10 set. 2023.

HARUVY, N. Agricultural reuse of wastewater: nation-wide cost-benefit analysis.

Agriculture, Ecosystems & Environment, 66:2, 113-119, 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880997000467>. Acesso em: 15 ago. 2023.

HARUVY, N. Wastewater reuse regional and economic considerations. **Resources, Conservation and Recycling**, 23:1, 57-66, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2007.570>. Acesso em: 15 ago. 2023.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B.; CONDÉ, M. S.; SILVA, M. D.; FERREIRA, I. M. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Científica**, 42: 3, p. 299-309, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2014v42n3p299-309>. Acesso em: 10 out. 2023.

HUSSAIN, A.; BHATTACHARYA, A. **Advanced design of wastewater treatment plants: emerging research and opportunities**. Hershey: IGI Global, 2019. 364p.

JESUS, F. L. F.; SANTOS, O. N. A.; TALAMINI JÚNIOR, M. V.; GOMES, T. M.; ROSSI, F.; ROMÁN, R. M. S. Águas residuárias para irrigação no Brasil: Uma abordagem química, física e microbiológica. **Irriga**, 25: 3, p. 562-589, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n3p562-589>. Acesso em: 10 out. 2023.

JIAO, Y. Waste to biohydrogen: potential and feasibility. **Waste to Renewable Biohydrogen**, 1: 33-53, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821659-0.00006-X>. Acesso em: 15 ago. 2023.

JING, S. R.; LIN, Y. F.; LEE, D. Y. AND WANG, T. W. Nutrient removal from polluted river water by using constructed wetlands. **Bioresource Technology**, 76: 2, 131- 135. 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00100-0](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00100-0). Acesso em: 10 set. 2023.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**, CETESB. 1975. JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 8. ed. [s.l.] ABES, 2017. 350p.

KEHOE, S. C.; JOYCE, T. M.; IBRAHIM P.; GILLESPIE J. B.; SHAHAR, R. A.; MCGUIGAN, K. G. Batch process solar disinfection is an efficient means of disinfecting drinking water contaminated with *Shigella dysenteriae* Type I. **Letters in Applied Microbiology**, 38:5, 410–414, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2004.01515.x>. Acesso em: 20 set. 2023.

KIMURA, S.; YAMADA, T.; BAN, S.; KOYAMA, M.; TODA, T. Nutrient removal from anaerobic digestion effluents of aquatic macrophytes with the green alga, *Chlorella sorokiniana*. **Biochemical Engineering Journal**, 142: 170-177, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2018.12.001>. Acesso em: 3 maio 2023. KLIGERMAN, D. C.; BOUWER, E. J. Prospects for biodiesel production from algae-based wastewater treatment in Brazil: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 52: 1834 - 1846, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.030>. Acesso em: 1 nov. 2023.

KONDO, M. M.; MORAES, R. G. M.; ANDRADE, S. J.; SILVA, M. R. A. Processos fenton e foto fenton no tratamento de águas dos frutos do cafeeiro. **Coffee Science**, 9: 4, 506-515, 2014. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/8076>. Acesso em: 10 out. 2023.

KÖRNER, S.; VERMAAT, J. E. The relative importance of *Lemna gibba*, bacteria and algae for the nitrogen and phosphorus removal in duckweed – covered domestic wastewater. **Water Research**. 32: 12, p. 3651- 366. 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00166-3](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00166-3). Acesso em: 10 ago. 2023.

KORTANGSAKUL, S.; HUNSOM, M. The optimization of the photo-oxidation parameters to remediate wastewater from the textile dyeing industry in a continuous stirred tank reactor. **Korean Journal of Chemical Engineering**, 26: 6, p. 1637– 1644, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11814-009-0247-y>. Acesso em: 15 ago. 2023.

KOTOULA, D.; ILIOPOULOU, A.; IRAKLEOUS-PALAIIOLOGOU, E.; GATIDOU, G.; ALOUPI, M.; ANTONOPOULOU, P.; FOUNTOULAKIS, M. S.; STASINAKIS, A. S. Municipal wastewater treatment by combining in series microalgae *Chlorella sorokiniana* and macrophyte *Lemna minor*: Preliminary results. **Journal of Cleaner Production**, 271: 2–8, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122704>. Acesso em: 1 nov. 2023.

KOUKI, S.; M’HIRI, F.; SAIDI, N.; BELAÏD, S.; HASSEN, A. Performances of a constructed wetland treating domestic wastewaters during a macrophytes life cycle. **Desalination**, 246: 1-3, 452-467, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.067>. Acesso em: 3 maio 2023.

KUMAR, S.; DUTTA, V. **Environmental Biotechnology: For Sustainable Future**. Singapore: Springer, 2018. 401p.

KUMAR, S.; PRATAP, B.; DUBEY, D.; DUTTA, V. Interspecific competition and their impacts on the growth of macrophytes and pollutants removal within constructed wetland microcosms treating domestic wastewater. **International Journal of Phytoremediation**, 24: 1, 76–87, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15226514.2021.1926910>. Acesso em: 1 nov.2023.

LAMIM, A. P. B.; JORDAO, C. P.; BRUNE, W.; PEREIRA, J. L.; BELLATO, C. R. Caracterização química e física de turfa litorânea e avaliação da adsorção competitiva por cobre e zinco. **Química Nova**, 24: 1, p. 18-23, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422001000100005>. Acesso em: 12 out. 2023.

LANDOLT, E.; KANDELER, R. **The family of Lemnaceae – a monographic study: phytochemistry, physiology, application, bibliography. Biosystematic investigation the family of duckweeds**. Zurich, Stiftung Rubel: Veroffenteichungendes Geobotanischen Institutes der ETH. 4, 1987. 638 p.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado de água e algumas considerações sobre a suas possibilidades no Brasil**. 1987. 264f.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

LESCH, S.M.; SUAREZ, D.L. TECHNICAL NOTE: A short note on calculating the adjusted SAR index. *American Society Of Agricultural And Biological Engineers*, Califórnia, 52: 2, 2009. p. 493-496

LI, J.; LU, X. Effect of Seasonal Temperature on the Performance and on the Microbial Community of a Novel AWFR for Decentralized Domestic Wastewater Pretreatment. **Applied Sciences**, 7: 6, 605, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app7060605>. Acesso em: 5 nov. 2023.

LICCIARDELLO, F.; MILANI, M.; CONSOLI, S.; PAPPALARDO, N.; BARBAGALLO, S.; CIRELLI, G. Wastewater tertiary treatment options to match reuse standards in agriculture. **Agricultural Water Management** 210: 232-242. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.001>. Acesso em: 20 set. 2023.

LIMA, R. M.; TAFFAREL, A. D.; REISSMANN, C. B.; SILVA, A. G. **Crescimento e Absorção de alguns elementos químicos em aguapé, alface da água e lentilha da água, no período de inverno, em Pinhais** - PR. In: IV Seminário do Projeto Interdisciplinar sobre Eutrofização de Águas de Abastecimento Público na Bacia do Altíssimo Iguaçu, Curitiba – PR, p. 3. 2003. Disponível em: http://www.sanepar.com.br/sanepar/gecip/Congressos_Seminarios/Eutrofizacao/art009.pdf. Acesso em: 10 out. 2023.

LIMA, R. S. **Avaliação de macrófitas lemnáceas no polimento de águas residuárias e seu uso na cultura do feijão**. 2018. 69 p. Dissertação em Agronomia. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

LIMA, T. M. **Tecnologia ecológica aplicada no tratamento de água residuária da suinocultura**. 2017. 69 f. Dissertação em Ciência Ambientais (Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 2017.

LOPES, T. R. **Caracterização do esgoto sanitário e lodo proveniente de reator anaeróbico e de lagoas de estabilização para avaliação da eficiência na remoção de contaminantes**. 2015. 123f. Dissertação em Tecnologias Ambientais (Tecnologias de Prevenção e Controle de Impactos Ambientais), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

LU, Q.; HE, Z. L.; GRAETZ, D. A.; STOFFELLA, P. J.; YANG, X. Phytoremediation to remove nutrients and improve eutrophic stormwaters using water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). **Environmental Science and Pollution Research International**, 17: 1, p. 84-96. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-008-0094-0>. Acesso em: 10 out.2023.

MACKENZIE, L. D. **Water and wastewater engineering: Design principles and practice**. Ed. McGraw-Hill Companies. 2010. 1344 p.

MANASA, R. L.; MEHTA, A. Wastewater: sources of pollutants and its remediation. **Environmental Biotechnology**, 2: 197-219. 2020. Disponível em:

https://doi.org/10.1007/978-3-030-38196-7_9. Acesso em: 20 set. 2023.

MARA, D. **Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries**. 2003. 310 p.

MARINHO, L. E. D. O.; CORAUCCI FILHO, B.; ROSTON, D. M.; STEFANUTTI, R.; TONETTI, A. L. Evaluation of the Productivity of Irrigated Eucalyptus grandis with Reclaimed Wastewater and Effects on Soil. **Water, Air, & Soil Pollution**, 225:1, 1830, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-013-1830-8>. Acesso em: 20 set. 2023.

MAVIOSE, J. F. **Tratamento de águas residuárias através de leitos de macrófitas: A influência da vegetação**. Dissertação em Engenharia do Ambiente. 2010. 84 f. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2010.

MEIERHOFER R.; LANDOLT, G. Factors supporting the sustained use of solar water disinfection – Experiences from a global promotion and dissemination programme. **Desalination**, 248: 144-151, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.05.050>. Acesso em: 5 nov. 2023.

MOLAZADEH, M.; AHMADZADEH, H.; POURIANFAR, H. R.; LYON, S.; RAMPELOTTO, P. H. The use of microalgae for coupling wastewater treatment with CO₂ biofixation. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, 7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00042>. Acesso em: 10 set. 2023.

MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola**, 31:1, 90-101, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000100009>. Acesso em: 20 set. 2023.

MORANDO-GRIJALVA, C. A.; VAZQUEZ-LARIOS, A. L.; ALCÁNTARA-HERNÁNDEZ, R. J.; ORTEGA-CLEMENTE, L. A.; ROBLEDO-NARVÁEZ, P. N. Isolation of a freshwater microalgae and its application for the treatment of wastewater and obtaining fatty acids from tilapia cultivation. **Environmental Science and Pollution Research**, 27: 23, 28575–28584, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08308-z>. Acesso em: 5 nov. 2023.

NASCIMENTO JÚNIOR, E. N. **Comportamento de formas de enxofre, fósforo e nitrogênio em um reservatório profundo de estabilização tratando águas residuárias domésticas**. 1998. 126 f. Dissertação em Engenharia Sanitária e Ambiental (Recursos Hídricos). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1998.

NASR, F. A.; DOMA, H. S.; NASSAR, H. F. Treatment of domestic wastewater using an anaerobic baffled reactor followed by a duckweed pond for agricultural purposes. **Environmentalist**, 29: 270-27. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10669-008-9188-y>. Acesso em: 15 out. 2023.

NDOUNLA, J.; KENFACK, S.; WÉTHER, J.; PULGARIN, C.; Relevant impact of irradiance (vs. dose) and evolution of pH and mineral nitrogen compounds during natural water disinfection by photo-Fenton in a solar CPC reactor. **Applied Catalysis B: Environmental**, 148–149: 144–153, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2013.10.048>. Acesso em: 10 out. 2023.

NETO, M. S. A.; OLIVEIRA, R. A. Remoção de matéria orgânica, de nutrientes e de coliformes no processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, 29: 1, p. 148-161. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000100015>. Acesso em: 10 out. 2023.

OLIVEIRA, A. F. B. D.; GOMES, B. R. S.; FRANÇA, R. S.; MORAES, A. S.; BATAGLION, G. A.; SANTOS, J. M. Assessment of Urban Contamination by Sewage in Sediments from Ipojuca River in Caruaru City, Pernambuco, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 33: 163-172. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20210133>. Acesso em: 20 set. 2023.

OLIVEIRA, E. C. M. **Desinfecção de Efluentes Sanitários tratados através da radiação ultravioleta**. 2003. 110f. Mestre em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.

OPARAKU, N.; MGBENKA, B. IBETO, C. Waste Water Disinfection Utilizing Ultraviolet Light. **Journal of Environmental Science and Technology**, 4, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3923/jest.2011.73.78>. Acesso em: 20 set. 2023.

OTTERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey- the new colors of sanitation. **Water**, 37, 2001. 41 p.

PABLOS, C.; MARUGÁN, J.; ADÁN, C.; OSUNA, M.; VAN GRIEKEN, R. Performance of TiO₂ photoanodes toward oxidation of methanol and *E. coli* inactivation in water in a scaled-up photoelectrocatalytic reactor. **Electrochimica Acta**, 258: 599-606. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2017.11.103>. Acesso em: 20 set. 2023.

PAGANINI, W. S. Disposição de Esgotos no Solo (Escoamento À Superfície). São Paulo. 1997.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 69 p. (Documentos 232). ISSN 1980-3958. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultima-versao.pdf>. Acesso em: 03 maio 2023.

PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. Desinfecção de Efluentes com tratamento terciário utilizando energia solar (SODIS): Avaliação do uso do dispositivo para concentração dos raios solares. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 10: 1, p.9-13, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522005000100002>. Acesso em: 1 nov. 2023.

PEDRERO, F.; CAMPOSEO, S.; PACE, B.; CEFOLA, M.; VIVALDI, G. A. Use of reclaimed wastewater on fruit quality of nectarine in Southern Italy. **Agricultural Water Management**, 203: 186-192. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.029>. Acesso em: 20 set. 2023.

PENG, J.; SONG, Y.; LIU, Z.; GAO, H.; YU, H. Performance of a novel circular-flow corridor wetland toward the treatment of simulated high-strength swine wastewater.

Ecological Engineering, 49: 1 - 9, 2012. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.08.005>. Acesso em: 12 out. 2023.

PENG, L.; DAI, H.; WU, Y.; PENG, Y.; LU, X. A Comprehensive Review of the Available Media and Approaches for Phosphorus Recovery from Wastewater. **Water Air Soil Pollution**, 229: 115, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3706-4>. Acesso em: 5 nov. 2023.

PEREIRA, S. T. **Investigação de processos oxidativos avançados isolados e conjugados no tratamento de lixiviado bruto e antigo visando reuso**. 2018. 86 f. Dissertação em Saneamento Ambiental (Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2018.

PHAM, V. L.; KIM, D. G.; KO, S. O. Cu@Fe₃O₄ core-shell nanoparticle-catalyzed oxidative degradation of the antibiotic oxytetracycline in pre-treated landfill leachate. **Chemosphere**, 191, p. 639-650, 2018. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.090>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PIGNATELLO, J. J.; OLIVEROS, E.; MACKAY, A. Advanced Oxidation Processes for Organic Contaminant Destruction Based on the Fenton Reaction and Related Chemistry. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 36: 1, p. 1–84, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10643380500326564>. Acesso em: 10 out. 2023.

POÇAS, C. **Utilização da tecnologia de Wetland para tratamento terciário: controle de nutrientes**. 2015. 109 f. Dissertação em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade (Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

PORATH, D.; POLLOCK, J. Ammonia stripping by duckweed and its feasibility circulating aquaculture. **Aquatic Botany**, 13: 125-131. 1982. Disponível em:
[https://doi.org/10.1016/0304-3770\(82\)90046-8](https://doi.org/10.1016/0304-3770(82)90046-8). Acesso em: 10 ago. 2023.

POWELL, N.; SHILTON, A. N.; PRATT, S.; CHISTI, Y. Factors Influencing Luxury Uptake of Phosphorus by Microalgae in Waste Stabilization Ponds. **Environmental Science & Technology**, 42: 16, 5958–5962, 2008. Disponível em:
<https://doi.org/10.1021/es703118s>. Acesso em: 5 nov. 2023.

PRIYA, A.; AVISHEK, K.; PATHAK, G. Assessing the potentials of *Lemna minor* in the treatment of domestic wastewater at pilot scale. **Environmental Monitoring and Assessment**, 184, 4301–4307, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2265-6>. Acesso em: 5 nov. 2023.

PROLAGOS. **Estação de tratamento de Água de Reuso (ETAR)**. Disponível em:
<https://www.prolagos.com.br/esgotamento-sanitario/>. Acesso em: ago. 2023.

QUELUZ, J. G. T. **Estudo da eficiência da desinfecção solar de águas residuárias domésticas em reatores de diferentes colorações**. 2013. 90 f. Dissertação em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2013.

QUELUZ, J. G. T.; NICOLETE, D. A. P.; ALVES, T. R.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M. Estimativa do tempo de exposição à radiação solar para desinfecção de águas residuárias

domésticas. **Scientia Plena**, 11: 5, p. 1-6, 2015. Disponível em:

<https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/1970>. Acesso em: 10 out. 2023.

RADBOURNE, A. D.; RYVES, D. B.; ANDERSON, N. J.; SCOTT, D. R. The historical dependency of organic carbon burial efficiency. **Limnology and Oceanography**, 62:4, 1480-1497, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/lno.10512>. Acesso em: 20 set. 2023.

RAN, N.; AGAMI, M.; ORON, G. A pilot study of constructed wetlands using duckweed (*Lemna gibba* L.) for treatment of domestic primary effluent in Israel. **Water Research**, 38: 9, p. 2241-2248. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.01.043>. Acesso em: 10 set. 2023.

RAWAT, I.; KUMAR, R. R.; MUTANDA, T.; BUX, F. Dual role of microalgae: phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production. **Applied Energy**, 88:10, 3411-3424, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.11.025>. Acesso em: 20 set. 2023.

REED, S. C.; MIDDLEBROOKS, E. J.; CRITES, R. W. **Natural systems for Waste Management and Treatment**. McGraw-Hill, New York. 1988. 308 p.

REJMÁNKOVÁ, E. Phenolic content and growth of wetland macrophytes: Is the allocation to secondary compounds driven by nutrient availability? **Folia Geobotanica**, 51:3, 239–250, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12224-015-9227-7>. Acesso em: 5 nov. 2023.

RICART, S.; RICO, A. M. Assessing technical and social driving factors of water reuse in agriculture: A review on risks, regulation and the yuck factor. **Agricultural Water Management**, 217: 426-439. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.017>. Acesso em: 30 set. 2023.

ROKHINA, E. V.; LENS, P.; VIRKUTYTE, J. Low-frequency ultrasound in biotechnology: state of the art. **Trends in Biotechnology**, 27:5, 298-306, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2009.02.001>. Acesso em: 30 set. 2023.

SEGANFREDO, M. A. **Os dejetos de animais podem causar poluição também nos solos de baixa fertilidade e nos solos profundos, como aqueles da região dos Cerrados: as adubações com dejetos de animais não trazem apenas benefícios**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. 4 p. (Comunicado Técnico CT / 292). ISSN 0100 - 8862. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/961011/1/DCOT292.pdf>. Acesso em: 03 maio 2023.

SEGHEZZO, L.; ZEEMAN, G.; VAN LIER, J. B.; HAMELERS, H. V. M.; LETTINGA, G. A review: The anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors. **Bioresource Technology**, 65:3, 175-190, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(98\)00046-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(98)00046-7). Acesso em: 30 set. 2023.

SEHAR, S.; NAZ, I.; KHAN, S.; NAEEM, S.; PERVEEN, I.; ALI, N.; AHMED, S. Performance Evaluation of Integrated Constructed Wetland for Domestic Wastewater

Treatment. **Water Environment Research**, 88: 280–287, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.2175/106143016x14504669767814>. Acesso em: 5 nov. 2023.

SELVARAJ, D.; VELVIZHI, G. Sustainable ecological engineering systems for the treatment of domestic wastewater using emerging, floating and submerged macrophytes. **Journal of Environmental Management**, 286: 15 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112253>. Acesso em: 5 nov. 2023.

SHAH, M.; HASHMI, H. N.; ALI, A.; GHUMMAN, A. R. Performance assessment of aquatic macrophytes for treatment of municipal wastewater. **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, 12: 106, 1-12, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1186/2052-336x-12-106>. Acesso em: 3 maio 2023.

SHEN, L.; NDAYAMBAJE, J.D.; MURWANASHYAKA, T.; CUI, W.; MANIRAFASHA, E.; CHEN, C.; WANG, Y.; LU, Y. Assessment upon heterotrophic microalgae screened from wastewater microbiota for concurrent pollutants removal and biofuel production. **Bioresource Technology**, 245: 386–393, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.177>. Acesso em: 5 nov. 2023.

SHILTON, A. N.; POWELL, N.; GUIEYSSE, B. Plant based phosphorus recovery from wastewater via algae and macrophytes. **Current Opinion in Biotechnology**, 23: 6, 884–889, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2012.07.002>. Acesso em: 5 nov. 2023.

SILAMBARASAN, S.; LOGESWARI, P.; SIVARAMAKRISHNAN, R.; INCHAROENSAKDI, A.; CORNEJO, P.; KAMARAJ, B.; LAN CHI, N. T. Removal of nutrients from domestic wastewater by microalgae coupled to lipid augmentation for biodiesel production and influence of deoiled algal biomass as biofertilizer for *Solanum lycopersicum* cultivation. **Chemosphere**, 268, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129323>. Acesso em: 5 nov. 2023.

SILVA, F. P.; CARVALHO, C. V. A.; CARDOSO, A. M. GESTÃO DA ÁGUA: A Importância de Políticas Públicas para a Implementação do Reuso de Água no Brasil. **Episteme Transversalis**, 10: 2, 2019. Disponível em: <http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/1347>. Acesso em: 5 nov. 2023.

SILVA, T. L. Qualidade da água residuária para reuso na agricultura irrigada. **Irriga**, 1: 1, p. 101-111, 2018. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/>. Acesso em: 5 nov. 2023.

SILVA, T. L.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; QUELUZ, J. G. T.; PITIRO, V. S. J. Sistema simplificado de tratamento de água residuária doméstica para irrigação de hortaliças. **Irriga**, 25: 2, p. 315-335. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n2p315-325>. Acesso em: 10 out. 2023.

SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais. 2005. 452p.

SPERLING, M. **Lodos Ativados**. Belo Horizonte, DESA UFMG. 2002. 461p.

SPERLING, M. **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte, DESA, Universidade Federal de Minas Gerais. 2007. 211p.

SPERLING, M. V. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2. ed. [s.l.] Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA - Universidade Federal de Minas Gerais., 1997. 416p.

SPERLING, M.; JORDÃO, E.; KATO, M. T.; SOBRINHO, P. A.; BASTOS, R. K. X.; PIVELLI, R. **Lagoas de Estabilização**. In: GONÇALVES, R. F. (coordenador) (2003). Desinfecção de efluentes sanitários. PROSAB 3. Rede cooperativa de pesquisas: UFES, UFRN, UFPB, UFSC, UFPE, UFV, EPUSP/USP, UFMG, UFRGS, PUC-PR, UNICAMP. 421 p.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 3.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011. 452 p.

TAVARES, F. A. **Eficiência da *Lemna sp* no tratamento de efluentes líquidos de suinocultura e sua utilização como fonte alternativa de alimento para tilápias**. 2004. 106 f. Dissertação em Aquicultura. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.

TAYLOR, H. D.; BASTOS, R. K. X.; PEARSON, H. W.; MARA, D. D. Drip irrigation with waste stabilization pond effluents: Solving the problem of emitter fouling. **Water Science Technology**, 31, p. 417- 424, 1995. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(95\)00528-U](https://doi.org/10.1016/0273-1223(95)00528-U). Acesso em: 10 out. 2023.

TAYLOR, H. D.; BASTOS, R. K. X.; PEARSON, H.W.; MARA, D. D. Drip irrigation with waste stabilisation pond effluents: solving the problem of emitter fouling. **Water Science and Technology**, 31: 12, 417-424, 1995. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/0273-1223\(95\)00528-u](http://dx.doi.org/10.1016/0273-1223(95)00528-u). Acesso em: 3 maio 2023.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D.; METCALF, I.; EDDY BURTON, F. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**, McGraw-Hill Education. 2003. 1846p. POLISEL, K. C. **Desempenho de lagoas de maturação utilizando macrófitas aquáticas e chicaneamento**. 2005. 171 f. Tese em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

TEIXEIRA, R. M. **Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento**. 2006. 154 f. Tese em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2006.

TONON, G. **Avaliação de lagoas de lemnas para o polimento de esgoto doméstico: emissões de *ge* e valorização de biomassa na produção de biometano**. 2016. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

TORRES, D.M. **Decaimento bacteriano em lagoas de estabilização no Nordeste brasileiro**. 2011. 99 f. Dissertação em Engenharia Sanitária. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2011.

TOYAMA, T.; HANAOKA, T.; TANAKA, Y.; MORIKAWA, M.; MORI, K. Comprehensive evaluation of nitrogen removal rate and biomass, ethanol, and methane production yields by combination of four major duckweeds and three types of wastewater effluent. **Bioresource Technology**, 250: 464–473, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.054>. Acesso em: 5 nov. 2023.

TRAN, D. T.; DO, T. C. V.; NGUYEN, Q. T.; LE, T. G. Simultaneous removal of pollutants and high value biomaterials production by *Chlorella variabilis* THO₃ from domestic wastewater. **Clean Technologies and Environmental Policy**, 23: 1, 3–17, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01810-5>. Acesso em: 5 nov. 2023.

TSAGARAKIS, K. P.; MENEGAKI, A. N.; SIARAPI, K.; ZACHAROPOULOU, F. Safety alerts reduce willingness to visit parks irrigated with recycled water. **Journal of Risk Research**, 16:2, 133-144, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13669877.2012.726246>. Acesso em: 30 set. 2023.

VALENTIM, M. A. A. **Desempenho de leitos cultivados ("constructed wetland") para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação**. 2003. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2003.

VAN DER STEEN, P.; BRENNER, A.; BUUREN, J. ORON, G. Post-treatment of UASB reactor effluent in an integrated duckweed and stabilization pond system. **Water Research**, 33: 3, p. 615-620, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00270-X](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00270-X). Acesso em: 11 set. 2023.

VEIGA, T. G. **Salvinia auriculata no pós-tratamento de efluente de laticínio**. 2015. 56 f. Dissertação em Engenharia Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Toledo, 2015.

VYMAZAL, J. Removal of Enteric Bacteria in Constructed Treatment Wetlands with Emergent Macrophytes: a review. **Journal of Environmental Science and Health, Part A**, 40: 6-7, 1355-1367, 2005. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1081/ese-200055851>. Acesso em: 3 maio 2023.

WANG, B.; ZHAO, M.; GUO, Y.; PENG, Y.; YUAN, Y. Long-term partial nitrification and microbial characteristics in treating low C/N ratio domestic wastewater. **Environmental Science Water Research & Technology**, 4: 820, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C8EW00009C>. Acesso em: 5 nov. 2023.

WE, A. C. E.; ARIS, A.; ZAIN, N. A. M.; MUDA, K. SULAIMAN, A. Influence of static mixer on the development of aerobic granules for the treatment of low-medium strength domestic wastewater. **Chemosphere**, 263: 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128209>. Acesso em: 5 nov. 2023.

WEGELIN, M.; CANONICA, S.; MECHSNER, K.; FLEISCHMANN, T.; PESARO, F.;

METZLER, A. Solar water disinfection: Scope of the process and analysis of radiation experiments. **Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA**, 43: 154–169, 1994.

WEINER, R. F.; MATTHEWS, R. A. **Wastewater Treatment**. Environment ed. [s.l.] Butterworth-Heinemann, 2003. 510p.

WHO - World Health Organization. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Policy and regulatory aspects. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, v.1, 2006. 128 p.

WOLVERTON, B. C.; MCDONALD, R. C. **Water Hyacinth for upgrading sewage lagoon to meet advanced wastewater treatment standards: Part I**. Bay St. Louis: NASA National Space Technology Laboratories, 1976. 25 p. (NASA TM-X-72729).

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. Technical report series n. 517. Geneva: WHO. 1973.

YONAR, T.; KESTIOGLU, K.; AZBAR, N. Treatability studies on domestic wastewater using UV/H₂O₂ process. **Applied Catalysis B: Environmental**, 67: 3–4, 223–228, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2006.04.022>. Acesso em: 5 nov. 2023.

YONG, H. N.; FARNOOD, R. R.; CAIRNS, W.; MAO, T. Effect of Sonication on UV Disinfectability of Primary Effluents. **Water Environment Research**, 81:7, 695-701, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.2175/106143008x390753>. Acesso em: 30 set. 2023.

YU, H.; SONG, L.; HAO, Y.; LU, N.; QUAN, X.; CHEN, S.; ZHANG, Y.; FENG, Y. Fabrication of pilot-scale photocatalytic disinfection device by installing TiO₂ coated helical support into UV annular reactor for strengthening sterilization. **Chemical Engineering Journal**, 283: 1506-1513, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.08.042>. Acesso em: 30 set. 2023.

YU, S.; MIAO, C.; SONG, H.; HUANG, Y.; CHEN, W.; HE, X. Efficiency of nitrogen and phosphorus removal by six macrophytes from eutrophic water. **International Journal Of Phytoremediation**, [S.L.], 21: 7, 643-651, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/15226514.2018.1556582>. Acesso em: 3 maio 2023.

ZAPATA, A.; OLLER, I.; RIZZO, L.; HILGERT, S. MALDONADO, M. I.; SÁNCHEZ-PÉREZ, J. A.; MALATO, S. Evaluation of operating parameters involved in solar photo-Fenton treatment of wastewater: interdependence of initial pollutant concentration, temperature and iron concentration. **Applied Catalysis B: Environmental**, 97: 1-2 p. 292-298, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2010.04.020>. Acesso em: 1 nov. 2023.

ZHANG, J.; ZHANG, Y.; CHANG, J.; QUAN, X.; LI, Q. Biological sulfate reduction in the acidogenic phase of anaerobic digestion under dissimilatory Fe (III) e Reducing conditions. **Water Research**, 47: 6, p. 2033-2040. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.01.034>. Acesso em: 10 out. 2023.

ZIEGLER, P.; ADELMANN, K.; ZIMMER, S.; SCHMIDT, C.; APPENROTH, K. J. Relative in vitro growth rates of duckweeds (*Lemnaceae*) - the most rapidly growing higher plants. **Plant Biology**, 17: 1, 33–41. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/plb.12184>. Acesso em: 10 set. 2023.