



USO DE *WETLANDS* CONSTRUÍDAS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Sanduel Oliveira de Andrade ¹
Thadeu Formiga Rosendo ²
Luiz Fernando Oliveira Coelho ³
Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira ⁴
Oswaldo Soares da Silva ⁵

RESUMO

A agricultura tem trazido desenvolvimento para diversas regiões do planeta e com o advento da agricultura de precisão, a produtividade e a precocidade de colheita têm gerado quantitativos substanciais nas safras a cada ano. Um setor que merece destaque corresponde a agroindústria familiar. Apesar de ser de pequeno porte, o enorme quantitativo de empreendimentos agroindustriais presente em todas as regiões do país tem gerado forte influência na economia, em especial na região Nordeste do Brasil. Apesar da sua importância econômica, essas agroindústrias também acarretam significativos impactos ambientais negativos, em especial pela disposição inadequada dos efluentes gerados na cadeia produtiva, podendo contaminar corpos hídricos superficiais e subterrâneos. Por ser de pequeno porte, os produtores rurais não dispõem de recursos suficientes para implantar ou gerir um sistema de tratamento convencional. Sendo assim, esta pesquisa de revisão de literatura tem por objetivo elencar as potencialidades do sistema de *wetlands* construídas para tratamento de efluentes agroindústrias na região do semiárido nordestino. As *wetlands* construídas têm sido estudadas em diversas regiões do planeta com resultados satisfatórios, em especial, em regiões de clima quente. Este fator favorece a implantação deste sistema no Nordeste Brasileiro, onde há a predominância do clima semiárido, aliado ao baixo custo de implantação e baixa necessidade de manutenção.

Palavras-chave: Saneamento, Degradação Ambiental, Zonas Úmidas.

INTRODUÇÃO

À medida que a civilização vem evoluindo, a humanidade desempenhou diversos tipos de interações com a natureza. Nos primórdios, a agricultura apresentava um papel de subsistência, não sendo capaz de alimentar um grande quantitativo de indivíduos. Com as novas técnicas de cultivo, o homem foi capaz de desenvolver uma agricultura de larga escala, aumentando a produtividade e diminuindo o tempo de colheita. A agricultura em larga escala, nos dias atuais, é altamente mecanizada e muitas vezes geridas por inteligência artificial.

¹ Doutorando do Curso de Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, prof.sanduelandrade@gmail.com;

² Graduando do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, thadeuform@gmail.com;

³ Técnico em Saneamento. UACTA/CCTA/UFCG, lfoclula@hotmail.com;

⁴ Professora Doutora. UACTA/CCTA/UFCG, andrea.maria@ufcg.edu.br;

⁵ Professor orientador: Doutor. UAEALI/CTRN/UFCG, osvaldo_so2002@yahoo.com.br.



No Brasil, o setor do agronegócio tem forte influência no Produto Interno Bruto (PIB). De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, no ano de 2019, a soma de bens e serviços gerados no agronegócio chegou a R\$ 1,55 trilhão ou 21,4% do PIB brasileiro. Dentre os segmentos, a maior parcela é do ramo agrícola, que corresponde a 68% desse valor (R\$ 1,06 trilhão), a pecuária corresponde a 32%, ou R\$ 494,8 bilhões (CNA, 2019).

Não obstante a essa evolução tecnológica, os pequenos produtores rurais ainda subsistem e tem contribuído significativamente para o PIB nacional. Para agregar valor à sua produção, os pequenos produtores beneficiam seus produtos em pequenos empreendimentos agroindustriais na própria comunidade ou em forma de cooperativas. Medina et al. (2015) destacam que 98% das propriedades agrícolas no planeta são de base familiar e tem fundamental relevância para a economia, tendo em vista a crescente demanda por insumos alimentares. Grande parte dos investimentos para o segmento da agroindústria familiar tem por base fomentar modelos de negócios modernos e competitivos, gerando benefícios e mitigando a escassez econômica em áreas rurais.

De acordo com a FAO (2015), a agroindústria é um ramo que converte matéria-prima de origem agropecuária em produtos beneficiados, agregando valor a estes, contribuindo para o desenvolvimento econômico da região. Considerando que neste setor estão incluídos fabricantes de alimentos, bebidas e tabaco, têxteis e vestuário, produtos de madeira e móveis, papel, produtos de papel e impressão e produtos de borracha e borracha. Dentro do contexto agroindustrial, ganham destaque as agroindústrias de laticínios. No período de 1997 a 2019, a produção brasileira de leite inspecionado cresceu 133,96%, atingindo seu ápice no ano de 2014, com 27,72 bilhões de litros (IBGE, 2019).

Não obstante aos benefícios econômicos destacados, é mister atentar para o quantitativo de resíduos que esses empreendimentos têm gerado, em especial, resíduos líquidos. Conforme mencionado, grande parte desses empreendimentos são familiares e não dispõem de recursos financeiros para implantação de um sistema de tratamento convencional. Sendo assim, o produtor geralmente descarta este efluente de maneira inapropriada, podendo contaminar corpos hídricos, tanto subterrâneos quanto superficiais, bem como, solos e ar (COPETI, 2010). O descarte incorreto desses efluentes também pode se tornar questão de saúde pública, pois poderão causar patogenicidades em seres humanos e animais.

Sendo assim, é importante desenvolver tecnologias de baixo custo e viável para que o pequeno produtor venha gerir corretamente seus efluentes gerados na cadeia produtiva. Uma tecnologia em ascensão é o uso de *wetlands* construídas, que visa tratar o efluente com auxílio



de macrófitas. Este sistema consiste em uma área alagada construída artificialmente no intuito do controle do potencial poluidor de diversas cargas poluentes visando o gerenciamento de resíduos. As macrófitas tem o potencial de incorporar em sua biomassa, parte da carga orgânica (e até mesmo inorgânica) presente nos efluentes.

Diante do exposto, esta pesquisa tem por objetivo destacar o potencial do uso do sistema de *wetlands* construídas para tratamento de efluentes agroindustriais no semiárido nordestino brasileiro.

METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma revisão literária e foi desenvolvido no período de outubro a novembro de 2020. A pesquisa é do tipo narrativa e exploratória. O levantamento literário foi obtido de bases acadêmicas conceituadas indexadas ao periódico CAPES, consistindo de artigos, livros, dissertações e teses (texto integral) que demonstrem correlações diretas e indiretas sobre o fato estudado. As buscas das obras acadêmicas não foram limitadas por língua, mas foram limitadas por data de publicação, onde estas tinham, no máximo, dez anos de publicação, salvo àquelas consideradas imprescindíveis devido a sua relevância histórica. As coletas de dados seguiram três premissas: a leitura exploratória, a leitura seletiva e o registro das informações extraídas. Na leitura exploratória ocorreu uma leitura rápida para identificar a relevância da obra com relação ao tema estudado. A leitura seletiva está relacionada ao aprofundamento das obras consideradas mais relevantes. Por fim, as informações extraídas são registradas e analisadas.

CARACTERIZAÇÃO E POTENCIALIDADES DO USO DE WETLANDS CONSTRÚIDAS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS

A disposição inadequada dos efluentes oriundos do processo agroindustrial poderá causar diversos efeitos adversos ao meio ambiente, como contaminação das águas superficiais e subterrâneas, elevando os níveis de matéria orgânica. A alta incidência de matéria orgânica poderá intensificar o fenômeno da eutrofização desses corpos hídricos, levando ao desequilíbrio ecológico e elevando o risco à saúde humana e animal. A eutrofização diminui drasticamente a concentração de oxigênio na água, causando a mortandade de peixes. Determinadas algas também podem liberar substâncias tóxicas na água, como o caso das cianobactérias. Desse



modo, os resíduos agroindustriais devem ser tratados com as tecnologias mais econômicas e eficientes antes de serem descartados no meio ambiente em virtude de o pequeno produtor rural não dispor de recursos suficientes para implantação de um sistema de tratamento convencional. Até mesmo a manutenção desse sistema se torna oneroso.

No Brasil, os efluentes para lançamento em corpos hídricos receptores devem se enquadrar na Resolução do CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, que estabelece em seu Art. 3º: “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução”. A partir desta premissa, torna-se necessária a adoção de técnicas que visem o tratamento do efluente gerado no processo agroindustrial para posterior lançamento no corpo hídrico ou sua reutilização.

Uma tecnologia em ascensão consiste no uso de *wetlands* construídas ou *Constructed Wetland* em inglês. Esta tecnologia vem sendo utilizada para uma ampla variedade de tratamento de águas residuais, incluindo os resíduos agroindustriais (JI et al., 2020). Este sistema é uma alternativa muito atrativa para as pequenas comunidades rurais, viabilizando o tratamento dos efluentes de uma forma viável economicamente ao produtor (LAFFAT et al., 2015). A alta demanda por este tipo de tratamento está relacionada ao seu bom desempenho, baixo custo de implantação, fácil manutenção, simples operacionalização, bom potencial de reutilização de água e nutrientes, tolerância à alta variabilidade e função como habitat de vida selvagem significativa (WANG et al., 2018a).

As *wetlands* construídas simulam um ambiente natural de zonas húmidas. Estas zonas úmidas consistem em um ambiente de transição entre os ecossistemas terrestres e aquáticos, exibindo algumas das características de cada sistema. A degradação biológica da matéria orgânica durante o processo de tratamento de efluentes ocorre tanto na presença de oxigênio molecular por respiração, sob condições anóxicas por desnitrificação, quanto sob condições anaeróbicas por metanogênese ou sulfidogênese (SENGUPTA; CHATTOPADHYAY, 2013). No caso das *wetlands* construídas, ocorre a predominância do processo aeróbio devido às trocas gasosas com a atmosfera.

De acordo com o regime hídrico, as *wetlands* construídas podem ser classificadas em três tipos: *wetlands* construídas de fluxo superficial; *wetlands* construídas de fluxo subsuperficial e sistemas híbridos. As *wetlands* construídas de fluxo subsuperficial ainda podem se subdividir em duas categorias: *wetlands* construídas de fluxo subsuperficial horizontal e *wetlands* construídas de fluxo subsuperficial vertical (WANG et al., 2018b). Para



Sultana et al. (2015), os sistemas de fluxo subsuperficial horizontal tem se mostrado mais eficiente quando comparados a sistemas de fluxo superficial, visto que têm sido usados para tratar uma grande variedade de águas residuais. Contudo, os próprios autores mostram que a adoção de um sistema híbrido subsuperficial (de fluxo vertical e horizontal) tem se mostrado mais eficiente para o tratamento de águas residuais agroindustriais. Este sistema atingiu as maiores taxas de remoção entre todos os tipos de *wetlands* construídas, variando de 83 a 96% de remoção para matéria orgânica, 55 a 92% para Nitrogênio Total (N_{tot}), 52 a 96% para Fósforo Total (P_{tot}) e 83 a 99% para Sólidos Totais (ST), enquanto recebe alta concentração de poluentes (1,28 a 1500 $g.m^{-2}$ por dia de matéria orgânica, 0,3 a 1500 $g.m^{-2}$ por dia para N_{tot} , 0,06 a 40 $g.m^{-2}$ por dia para P_{tot} e 1,96 a 400 $g.m^{-2}$ por dia para ST).

Vanderzaag et al. (2010) verificaram que as *wetlands* construídas de fluxo subsuperficial localizadas em Nova Scotia – Canadá – tendem a apresentar temperaturas mais elevadas quando comparadas a de fluxo superficial e fornecem resultados mais expressivos da redução da Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) e nos Sólidos Totais (ST) em efluentes agroindustrial de laticínios e utilizando a macrófita *Typha latifolia* L. Em contrapartida, em regiões mais frias do ano, a eficiência do sistema decaiu significativamente. Em temperaturas mais baixas, boa parte dos microrganismos reduz as taxas de reações bioquímicas. A diminuição da do processo metabólico afeta o funcionamento normal da membrana celular. Bactérias isoladas de ambientes de frio extremo foram encontradas com aumento de ácidos graxos de cadeia ramificada, de cadeia curta, anteiso e insaturados. Também foram observados a síntese maior de ácidos graxos cis em vez de ácidos graxos. Todos esses fatores são conhecidos por contribuir para o aumento da fluidez da membrana (SENGUPTA; CHATTOPADHYAY, 2013).

Adhikari et al. (2014) avaliaram a eficiência de um sistema de *wetlands* construídas para reposição de nutrientes e redução da carga de poluentes em agroindústrias de laticínios. Os efluentes foram introduzidos em uma combinação de fluxo superficial, utilizando a espécie vegetal denominada lentilha d'água (*Lemna minor*) e uma área de fluxo subsuperficial. A recuperação dos nutrientes se deu a partir da remoção periódica de parte da espécie. Os nutrientes presentes na água são incorporados em sua biomassa vegetal e reaproveitados para outras finalidades, tais como, adubação de cultivos ou complemento alimentar de animais. Foi observado que houve reduções consideráveis nos parâmetros Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Total (N_{tot}), Fósforo Total (P_{tot}) e um estacionamento da taxa de crescimento da bactéria patogênica *E. coli*.



Silva et al. (2015) utilizaram o sistema de *wetlands* construídas para tratamento de resíduos líquidos oriundos da cozedura da cortiça. O cozimento da cortiça se faz necessário para purificação da matéria-prima que é mergulhada em água a uma temperatura próxima a 100 °C. Nesta etapa de produção é consumida cerca de 400 litros por tonelada de cortiça gerando, conseqüentemente, grande quantidade de água residual (SILVA, 2013). Os resultados do tratamento indicaram que este sistema possui boa capacidade de remoção de matéria orgânica e compostos fenólicos.

Sarmento et al. (2012) trataram efluente originário da suinocultura mediante *wetlands* construídas de fluxo subsuperficial vertical, fazendo uso da macrófita *Cyperus sp*, onde observaram diferenças significativas na taxa de remoção de N_{tot} , P_{tot} , alcalinidade e condutividade elétrica na ordem de 37,5, 55,9, 30,2 e 26,1% respectivamente. Os autores ainda enfatizam que o uso da espécie adequada ao sistema é de suma importância para obter maiores remoções de macronutrientes e sódio do meio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do sistema de *wetlands* construídas é bastante promissor por sua eficiência e pelo baixo custo de implantação, podendo ser aplicada em agroindústrias familiares localizadas no semiárido nordestino. O fator clima é outro ponto positivo para um bom funcionamento do referido sistema, visto que, a taxa metabólica dos microrganismos é mais acelerada quando comparadas a regiões de clima temperado. A temperatura da região em questão também eleva a taxa fotossintética das macrófitas utilizadas. A junção destas características pode possibilitar que o efluente seja tratado em um menor espaço de tempo, em outras palavras, o tempo de retenção hídrica é reduzido. Por fim, é importante salientar que a escolha da macrófita utilizada nas *wetlands* construídas afeta diretamente na eficiência do sistema, abrindo um amplo campo de pesquisa onde espécies nativas com potencialidades possam ser avaliadas para uso no sistema de *wetlands* construídas.

REFERÊNCIAS

ADHIKARI, Umesh; HARRIGAN, Timothy; REINHOLD, Dawn M. Use of duckweed-based constructed *wetlands* for nutrient recovery and pollutant reduction from dairy wastewater. **Ecological Engineering**, v. 78, p. 6-14, 2015.

BRASIL, CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 16



nov. 2020.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Panorama do Agro**. 2019. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro#:~:text=Em%202019%2C%20a%20soma%20de,R%24%20494%2C8%20bilh%C3%B5es.>>. Acesso em 20 nov. 2020.

COPETTI, A. C. C. **Resíduos de Agroindústrias Familiares**: impacto na qualidade da água e tratamento com técnicas simplificadas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010. 139 f.

FAO. **Dairy production and products**: Milk production. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/milk-production/en/#.VLgEk8m_bGs>. Acesso em: 15 nov. 2020.

IBGE. **Pesquisa trimestral do leite**. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21121-primeiros-resultados-2leite.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 05 jun. 2020.

JI, B.; ZHAO, Y.; VYMAZAL, J.; QIAO, S.; WEI, T.; LI, J.; MANDER, Ü. CAN subsurface flow constructed *wetlands* be applied in cold climate regions? A review of the current knowledge. **Ecological Engineering**, v. 157, p. 105992, 2020.

LAAFFAT, J.; OUAZZANI, N.; MANDI, L. The evaluation of potential purification of a horizontal subsurface flow constructed wetland treating greywater in semi-arid environment. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 95, p. 86-92, 2015.

MEDINA, G.; ALMEIDA, C.; NOVAES, E.; GODAR, J.; POKORNY, B. Development conditions for family farming: lessons from Brazil. **World Development**, v. 74, p. 386-396, 2015.

MITSCH, W.J.; GOSSSELINK, J.G. **Wetlands**. 5th ed. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey., 2015.

SARMENTO, A. P.; BORGES, A. C.; MATOS, A. T. Evaluation of vertical-flow constructed *wetlands* for swine wastewater treatment. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 223, n. 3, p. 1065-1071, 2012.

SENGUPTA, D.; CHATTOPADHYAY, M. K. Metabolism in bacteria at low temperature: A recent report. **Journal of biosciences**, v. 38, n. 2, p. 409-412, 2013.

SILVA, W. J. G. **Tratamento de águas da cozedura da cortiça através de leitos de macrófitas**. Dissertação (Mestrado). Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2013. 70p.

SILVA, W.; GOMES, A.; SIMÕES, R.; PASCOA, R.; ALBUQUERQUE, A.; STEFANAKIS, A. I. A lab-scale constructed wetland for wastewater treatment of the cork processing industry. In: **6th international symposium on wetland pollutant dynamics and control, York, UK**. 2015. p. 13-18.

SULTANA, M. Y.; AKRATOS, C. S.; VAYENAS, D. V.; PAVLOU, S. Constructed *wetlands* in the treatment of agro-industrial wastewater: A review. **Hemijaska industrija**, v. 69, n. 2, p.



127-142, 2015.

VANDERZAAG, A. C. GORDON, R. J.; BURTON, D. L.; JAMIESON, R. C.; STRATTON, G. W. Greenhouse gas emissions from surface flow and subsurface flow constructed *wetlands* treating dairy wastewater. **Journal of environmental quality**, v. 39, n. 2, p. 460-471, 2010.

WANG, J.; TAI, Y.; MAN, Y.; WANG, R.; FENG, X.; YANG, Y.; CHEN, Z. Capacity of various single-stage constructed *wetlands* to treat domestic sewage under optimal temperature in Guangzhou City, South China. **Ecological Engineering**, v. 115, p. 35-44, 2018a.

WANG, M.; ZHANG, D.; DONG, J.; TAN, S. K. Application of constructed *wetlands* for treating agricultural runoff and agro-industrial wastewater: a review. **Hydrobiologia**, v. 805, n. 1, p. 1-31, 2018b.