



RECURSOS NATURAIS E PROTEÇÃO AMBIENTAL

SISTEMA ALAGADOS CONSTRUÍDOS: Proteção ambiental, integração agropecuária, promoção do habitat saudável e sustentabilidade territorial.

Roberta Cristina Farias de Oliveira Carvalho ¹
Vitória Machado Barbosa ²
Wesley da Silva Brito ³
Marcos Filgueiras Jorge ⁴
Leonardo Duarte Batista da Silva ⁵

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; roberta.carvalho@ufrj.br;

² Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; vic0808@ufrj.br;

³ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; wes.agriamb@gmail.com

⁴ Doutor em Ciência Tecnologia e Inovação em Agropecuária; Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; filgueiras_jorge_marcos@hotmail.com

⁵ Doutor em Irrigação e Drenagem; Universidade de São Paulo; monitoreambiental@gmail.com



Resumo: Diante da necessidade de adequar as unidades de produção à destinação de águas residuárias, teve início o trabalho sobre disposição em cultivos agrícolas e o seu tratamento em ambientes integrados, por meio de sistemas alagados construídos (SAC), tecnicamente chamados de wetlands construídos, que ganham espaço como unidade descentralizada de tratamento de efluentes. A partir da aplicação em unidades agrícolas, o SAC pode proporcionar melhorias sanitárias para a população em situação de vulnerabilidade, expansão da atividade e ser projetada como ferramenta de integração da atividade industrial e produção agropecuária. Os subprodutos do tratamento, podem estrategicamente, viabilizar a agricultura urbana, por meio do fornecimento de biomassa e biofertilizante, portanto, o objetivo deste trabalho é relatar o histórico de estudos e aplicações como modelo para reaplicabilidade. Concluindo-se que a evolução dessa experiência proporcionará o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes, Recursos Hídricos, Agricultura comunitária, Valorização do resíduo.

1. INTRODUÇÃO

Na promoção do saneamento ambiental e desenvolvimento de sistemas agrícolas integrados, a concepção de unidades de tratamento de efluentes que promovam a eliminação dos efeitos deletérios ao meio físico, produção de recursos para o desenvolvimento agrícola, ciclagem de nutrientes e proteção de fontes de recursos hídricos vem ganhando destaque. São exemplos as unidades descentralizadas, consolidadas como tecnologia social por sua simplicidade de multiplicação, que integram soluções baseadas na natureza para produção da água de reúso, ciclagem de nutrientes por meio de fertirrigação e de biomassa.

Os sistemas alagados construídos (SACs), também conhecidos como zonas de raízes, jardins filtrantes e pela comunidade científica consensuado como *wetlands* construídos, integram ainda, nos seus diversos arranjos estruturais, o conjunto de técnicas de saneamento ecológico, as quais promovem a depuração de efluentes por meio da interação entre espécies vegetais, atividades microbianas, meio de suporte e radiação solar incidente.

Em virtude da variedade de formas, material construtivo e escalabilidade, os SACs são testados em sistemas integrados de produção agropecuária, comunidades esparsas (rurais e periurbanas) e em ambientes industriais, onde afora os benefícios destacados, promovem um ambiente paisagístico amigável aos usuários e entorno.

O presente trabalho apresenta relato de experiência na utilização de SACs, iniciando por aplicação experimental em sistema integrado de produção agropecuária (2014 - 2018); em seguida aplicado em comunidades sem atendimento por sistema de saneamento convencional, em área rural e simultaneamente ao tratamento de efluentes de empreendimentos comerciais e industriais, destacando o potencial de disposição em áreas verdes (2018 - 2021).

2. METODOLOGIA

O EMBIO - Grupo de Pesquisa Engenharia e Monitoramento de Biossistemas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), desde 2009, atua na avaliação dos impactos sobre o ambiente (solo, águas e plantas) da disposição controlada de águas residuárias (de bovinocultura e suinocultura) *in natura* em diversos momentos e cultivos agrícolas (figo, tomate, pimentão, milho, abacaxi, cenoura, alface, bertalha e mudas de reflorestamento), onde ficou comprovada a viabilidade técnica de disposição controlada via fertirrigação (JORGE et al., 2017; JORGE et al., 2022).

Os trabalhos foram predominantemente desenvolvidos na área experimental do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), “Fazendinha Agroecológica km 47”, localizada em Seropédica/RJ.

O EMBIO desenvolveu pesquisas em uma Unidade Piloto de Tratamento (UPT) de efluentes instalado no SIPA, visando a utilização de maiores lâminas de fertirrigação e eliminação do descarte de efluente em corpos hídricos, concomitantemente à redução das concentrações de nutrientes e adequação de outras substâncias para a máxima aplicação em cultivos, sem comprometimento ao desenvolvimento agrícola e efeitos deletérios ao solo (JORGE et al., 2023).

Foram testadas três espécies vegetais e seus efeitos de purificação no efluente, na capacidade de produção de biomassa e de utilização como fonte de nutrientes de disponibilização mais lenta por outras técnicas como a “verdeponia”. Simultaneamente, foram cultivados arroz (ALMEIDA, 2016) e capim vetiver (MELO, 2018; JORGE, 2018), taboa (DUARTE, 2020), viabilizado pela configuração da UPT.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Solução Unifamiliar

Os resultados alcançados nos trabalhos desenvolvidos pelo EMBIO no SIPA viabilizaram que, em 2018, um de seus integrantes atuasse como extensionista junto a comunidades em situação de vulnerabilidade em zona de amortecimento do Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB), por meio do escritório de Diálogos Sociotécnicos e Saúde Urbana (DSSU) do Campus de Desenvolvimento da Fiocruz Mata Atlântica (CFMA), localizada no Setor 1 da Colônia Juliano Moreira (S1-CJM), Jacarepaguá/RJ.

A aplicação dos SACs no S1-CJM, cujo propósito era promoção do habitat saudável e sustentável, teve início em 2019 após a realização do diagnóstico territorial, em que ficou constatada a influência do lençol freático à pequena profundidade, que inviabilizava escavações superiores a 1,2m na maior parte do território.

Adicionalmente, as dimensões superiores dos lotes permitiram a utilização das soluções baseadas na natureza, que conferiram aspecto amigável ao ambiente e promoveram a redução da disposição final de efluentes no corpo receptor, principalmente, pela evapotranspiração dos leitos cultivados.

Em parceria com moradores do S1-CJM, nas oficinas de autoempreendimento foram instaladas três soluções unifamiliares para o esgotamento residencial utilizando SACs, com tubos, conexões e mão de obra viabilizados pelos moradores e suporte técnico, mudas de espécies vegetais, geomembrana para impermeabilização do SAC e, eventualmente, caixa de gordura fornecidos pelo escritório DSSU/CFMA. Foram atendidas famílias compostas por 2 a 9 integrantes, ocupando de 4,0 a 10,0m² de área superficial, conduzindo o efluente final para diluição em corpo receptor ou área de mata.

O trabalho de promoção do habitat saudável e sustentável desenvolvido pelo CFMA, a convite da Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA), prestou suporte técnico a projeto para eliminação de problemas decorrentes da instalação inadequada de esgotamento sanitário em propriedade no processo de transição agroecológica, por conta de sua ação com linha de ação semelhante a promoção dos quintais produtivos e agricultura urbana, realizado pelo CFMA.

Nesse contexto, em 2019 foi realizada uma oficina com mutirão de autoempreendimento em área rural no município de Queimados, baixada Fluminense/RJ, implementando um sistema de tratamento de efluente composto por tanque séptico, SACs e reservatório de bombeamento, com vistas a aplicação do efluente tratado em pomar e recuperação da área de reserva legal.

3.2. Soluções Condominiais e Industriais

No aprimoramento da técnica, houve fomento a adoção de sistemas coletivos para até 15 famílias, embora não efetivados por indisponibilidade de recursos e, principalmente, pelo pouco envolvimento dos possíveis beneficiários. À época, avaliou-se que o grupo em questão se encontrava em nível de maturidade coletiva aquém do necessário, diante da proposta que dependeria da participação de todos.

Os SACs alcançaram escala de aplicação, em um projeto particular de tratamento, em empreendimento rural na região norte Fluminense/RJ que produz efluente misto de sanitários e cozinha industrial, com uma vazão diária máxima projetada de 80m³. Foram concebidos dois leitos cultivados de 400m², precedidos por caixas de gordura em cada ponto de produção de alimentos e conjunto de tanques sépticos para detenção e digestão da matéria orgânica.

Os SACs foram vegetados com capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), cana indica (*C. Indica*), papiros gigantes (*Cyperus papyrus*), mini papiros (*Cyperus prolifer Lam.*), sombrinha chinesa (*Cyperus alternifolius*), taboa (*Typha domingensis*) e lírios (*Hedychium coronarium*), compondo um mosaico onde predominava pastagem degradada. Ao longo do tempo foram naturalmente introduzidos pela fauna local espécies espontâneas, adaptadas às condições de umidade e disponibilidade de nutrientes, proporcionando alternância de ciclos e estrutura do maciço de vegetação, sem prejuízos à eficiência de tratamento.

Pela localização, o sistema foi projetado sem restrição de espaço físico e centralizado em área de pastagem, adjacente a área de floresta plantada e reserva legal. Enfatizou-se a aplicação por fertirrigação em áreas cultivadas, tendo em vista a pluviosidade anual reduzida da região. O excedente é direcionado a área de mata em regeneração, distribuídos uniformemente sobre o solo, por tubulação janelada.

O potencial de integração da atividade aos sistemas agrícolas não se limita ao subproduto líquido (efluente tratado), estendendo-se ao aproveitamento da biomassa de manutenção dos leitos cultivados, lodo dos tanques sépticos e material das caixas de gordura, quando adequadamente manejados, para aumento da produtividade dos sistemas.

A mais recente aplicação de um SAC em empreendimento ocorreu no município de Nova Iguaçu, na baixada Fluminense do estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de esgotar até 20m³ diários de efluente, de um prédio de apoio em uma planta industrial, onde funcionam o refeitório para até 450 refeições diárias e vestiários. Devido a limitação de espaço, o sistema de tratamento recebeu um conjunto de reatores anaeróbios compartimentados subterrâneos e dois canteiros de jardins filtrantes com 23,1 m² cada. Neste, também se destacou o potencial de disposição final no solo vegetado, em área de pomar e gramado sem a circulação de pessoas.

A evolução dos sistemas integrados é um processo contínuo de acolhimento pelos envolvidos/gestores, para que todas as etapas sejam implementadas, fechando o ciclo de produção-reutilização-transformação. Embora não tenha sido implementada a fertirrigação até o momento, os envolvidos empregaram a compostagem no material das podas dos jardins filtrantes e a biodigestão anaeróbica nos resíduos da cozinha, buscando a transformação de resíduos em recursos (biogás, composto orgânico e biofertilizante), aplicáveis a nível doméstico e industrial.

6. CONCLUSÕES

A partir das experiências apresentadas em relação a utilização dos sistemas alagados construídos, bem como o ponto de reconhecimento da técnica (por seus diversos nomes) pela comunidade (acadêmica e científica, extensionistas, indústrias e órgãos ambientais), é notório o potencial de um SAC como solução baseada na natureza, sendo elemento de integração entre setores (poluidores e produtores) em prol da sustentabilidade na agricultura. Em sistemas agropecuários, os SACs podem proporcionar a depuração de efluentes para aplicação direta via fertirrigação em uma gama de espécies de interesse de exploração, produzir biomassa para cobertura de solo, recuperação de áreas degradadas, compostagem e condicionador de solo.

Com vistas ao saneamento, especialmente técnicas complementares de esgotamento sanitário para regiões sem atendimento pelo sistema formal, os SACs e seus subprodutos proporcionam a eliminação do escoamento sobre os territórios, seus riscos associados à saúde pública e arranjos personalizados para cada caso. Em locais com limitações de uso e aplicação, por eventual saturação de água no ambiente, os SACs podem reduzir o volume final de efluente em função da sua capacidade de evapotranspirar.

Considerando-se as dimensões de suas aplicações em escala industrial, para o tratamento de efluentes sanitários e processamento de refeições, SACs estrategicamente localizados podem oportunizar o desenvolvimento de agricultura onde há carência de matéria orgânica (insumo para biodigestão e compostagem), envolvendo a fertirrigação e desenvolvimento de “hortas comunitárias”.

Com a experiência acumulada, percebe-se, contudo, que a aplicação condominial (famílias integradas em um sistema coletivo) será viável e sustentável para coletivos engajados, uma vez que a operação/manutenção é fundamental para garantia de eficiência e obtenção dos subprodutos.

Diante de toda a experiência conduzida ao longo da trajetória do EMBIO e seus parceiros, que em 2021 foi premiado no “Desafio de Inovação GREENRIO 2021”, conclui-se que os SACs apresentam grande potencial para promoção de agroecossistemas em setores agrícola, urbanos e industriais, através do controle de poluição e da ciclagem dos recursos vitais ao desenvolvimento sustentável.

AGRADECIMENTOS

Às instituições que viabilizaram auxílio financeiro para pesquisa e concessão de bolsas ao longo do período de atividades de pesquisa e extensão realizadas: AGEVAP; CFMA/FIOTEC; Embrapa – Agrobiologia; FAPERJ; PPGCTIA e; UFRRJ.

Ao EMBIO, seus pesquisadores, parceiros de pesquisa e publicações, que seguem proporcionando a inovação na agropecuária.

À população e aos empreendedores que abraçaram os SACs como solução ao saneamento e sustentabilidade de atividades.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Gilda V. Tratamento de água residuária de bovinocultura de leite, utilizando leitos cultivados. 56p Dissertação (Engenharia Agrícola e Ambiental), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.
- DUARTE, João B. Tratamento de água residuária de bovinocultura de leite, utilizando sistema piloto de tratamento de efluente. 58p. Dissertação (Engenharia Agrícola e Ambiental), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.
- JORGE, Marcos F.; Pinho, Camila F.; Nascentes, Alexandre. L.; Alves, Dinara. G.; Almeida, Gilda V.; Silva, Jonathas B., Silva; Leonardo. D. Tomato fertigation with dairy cattle wastewater. *Horticultura Brasileira*, v. 35, n. 2, p. 230–234, 2017.
- JORGE, Marcos F. Tratamento e disposição final de águas residuárias de bovinocultura em solos sob manejo orgânico de produção de olerícolas. 170 p. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.
- JORGE, Marcos F.; SILVA, Leonardo D. B.; HUTHER, Cristina M.; CECCHIN, Daine; MELO, Antonio Carlos, F.; FRANSCISCO, João Paulo; NASCENTES, Alexandre, L.; ALVES, Dinara G.; GERRA, José Guilherme M. Potential use of treated wastewater from a cattle operation in the fertigation of organic carrots. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)*, v. 57, n. 4, p. 542-554, 2022.
- JORGE, Marcos F; JORGE, Marcos F.; SILVA, Leonardo D. B.; Silva, Jonathas B.; ALVES, Dinara G.; HUTHER, Cristina M.; CECCHIN, Daine; GERRA, José Guilherme M.; SANTOS, Luise Maria M.; FRANSCISCO, João Paulo; MELO, Antonio Carlos F.; NASCENTES, Alexandre, L.; CALETTI, Rozileni P. K. Biological pilot treatment reduces physicochemical and microbiological parameters of dairy cattle wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 12, p. 34775-34792, 2023.
- MELO, Antonio C. F. Tratamento de água residuária de bovinocultura de leite, utilizando sistema de alagado construído cultivado com capim vetiver (*chrysopogon zizanioides*). 90p. Dissertação (Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017).