

AVALIAÇÃO DA RECARGA GERENCIADA DE AQUÍFERO PARA O TRATAMENTO COMPLETO DO EFLUENTE DO MUNICÍPIO DE FREI MARTINHO, PARAÍBA.

Antonielly dos Santos Barbosa ¹
Wilza da Silva Lopes ²
Rodrigo de Andrade Barbosa ³
Salomão de Sousa Medeiros ⁴

RESUMO

A utilização do esgoto tratado na agricultura vem a ser uma alternativa viável para regiões semiáridas, uma vez que um dos maiores problemas dessas áreas está relacionado a escassez hídrica. Além disso, o reúso do esgoto promove a proteção dos recursos hídricos no âmbito qualitativo, principalmente aqueles relacionados a poluição por nutrientes. Sendo assim, esse estudo teve por objetivo avaliar a utilização da recarga gerenciada de aquífero para melhorar o efluente do sistema de tratamento de esgoto do município de Frei Martinho, Paraíba. Com base nos testes realizados nas colunas de solo foram obtidos remoções de 99,99%, 99,85% e 100% para turbidez, DQO total e sólidos suspensos (SST), respectivamente. Portanto, a utilização da recarga gerenciada de aquífero proporciona um efluente com boa qualidade, sendo uma alternativa promissora para proteção do ambiente e da saúde.

Palavras-chave: Esgoto, Lagoa de estabilização, Solo, Reúso, Semiárido.

INTRODUÇÃO

O semiárido abrange 1.262 municípios brasileiros, sendo a maior parte situado no Nordeste do país. Dos 9 estados da região, metade tem mais de 85% de sua área caracterizada como semiárida, sendo o Ceará o que possui a maior parte de seu território com esse perfil. O semiárido nordestino é uma região que caracteriza-se por distribuição irregular de precipitação, solos rasos, rios intermitentes e escassos recursos hídricos subterrâneos. A região concentra baixo percentual de água disponível em qualidade e quantidade, além de apresentar elevadas perdas atmosféricas por evaporação (MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2012).

No semiárido em períodos de escassez, o uso da água se limita basicamente ao consumo humano e animal, e assim, o uso na agricultura e em outras atividades vem em segundo plano. Desse modo, o uso de fontes alternativas é de extrema importância para o desenvolvimento da agricultura, que necessita de uma forma de irrigação para o suprimento de água para as culturas.

¹ Pesquisadora do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, antonielly.barbosa@insa.gov.br;

² Pesquisadora do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, wilza.lopes@insa.gov.br;

³ Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, rodrigo.barbosa@insa.gov.br;

⁴ Orientador: Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, salomao.medeiros@insa.gov.br

As pesquisas vêm avançando no intuito de resolver problemas de uso das águas de qualidade inferior, bem como buscar novas tecnologias que possibilitem a obtenção de novas fontes de abastecimento, sempre com o propósito da sustentabilidade tanto do homem como do meio ambiente (SILVA et al., 2012).

O reúso de esgoto na agricultura proporciona a proteção dos corpos hídricos em níveis qualitativos, minimizando a poluição, bem como em níveis quantitativos. Outro fator importante a ser considerado é que como os esgotos apresentam em sua composição nutrientes, não há a necessidade de gastos com adubação química.

Diferentes formas de tratamento de esgotos podem ser aplicadas para obtenção de água adequada para agricultura. No entanto, essas técnicas devem buscar reduzir matéria orgânica, microrganismos patogênicos e preservar os nutrientes. Os sistemas devem ser eficientes para produzir um efluente que atendam aos critérios estabelecidos para a irrigação restrita ou irrestrita, estabelecidas pela United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2012) e a organização mundial de saúde - OMS (WHO, 2006) para não oferecer risco a saúde humana.

A recarga gerenciada de aquífero apresenta-se como uma alternativa promissora para uso de efluente, fornecendo tratamento complementar, servindo como um tratamento terciário de águas residuárias e melhorando a qualidade do efluente durante a passagem no solo. Além disso, aumenta a disponibilidade de água nos aquíferos e fornece um fator de segurança para subsidência do solo e intrusão da água (SHARMA e KENNEDY, 2017).

A realização de testes em colunas de solo é uma das maneiras de avaliar a capacidade do solo no tratamento de efluente. Esses testes expressam de forma mais rápida informações como eficiência de remoção, taxa de infiltração e o entupimento do solo. Estudos em testes de coluna mostram redução de cerca de 80% de carbono orgânico total e de até 52% de carbono orgânico dissolvido (JOKELA et al., 2017).

Nesse contexto, o trabalho teve por objetivo avaliar a remoção de sólidos e matéria orgânica pela recarga gerenciada de aquífero, através de teste em coluna para o município de Frei Martinho, Paraíba.

METODOLOGIA

Área de estudo

O município de Frei Martinho situa-se na área geográfica do semiárido brasileiro, localizada na região central-norte da Paraíba, norte com o município de Currais Novos (RN), leste com Picuí, sul com Carnauba dos Dantas (RN) e oeste com Acarí (RN). De acordo com o

censo do IBGE (2010) o município possui uma área de 244,317 km², e uma população estimada para o ano de 2019 em 2989 habitantes, sendo metade residente da área urbana e metade na zona rural.

Quanto ao solo do município, nas superfícies suave onduladas a onduladas, ocorrem os *Planossolos* e os *Podzólicos* que são medianamente profundos e profundos, respectivamente, apresentando textura argilosa. Nas elevações ocorrem os solos *Litólicos*, rasos, com textura argilosa. Nos vales dos rios e riachos, ocorrem os *Planossolos*, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa (CPRM, 2005).

Coleta da amostra de solo e efluente

A coleta do solo foi realizada no terreno localizado ao lado da lagoa de estabilização utilizada para o tratamento dos esgotos do município. Foram coletadas 3 camadas de solo, sendo a 1^a camada (20 cm), 2^a camada (15 cm) e 3^a camada (15 cm). Quanto ao efluente utilizado para realização do ensaio de recarga gerenciada de aquífero, foi realizado a coleta 50 L de efluente da lagoa de estabilização do sistema de tratamento do município. A Figura 1 apresenta a coleta de solo e a lagoa de estabilização do município.

Figura 1. Coleta do solo e lagoa de estabilização do município de Frei Martinho, PB.



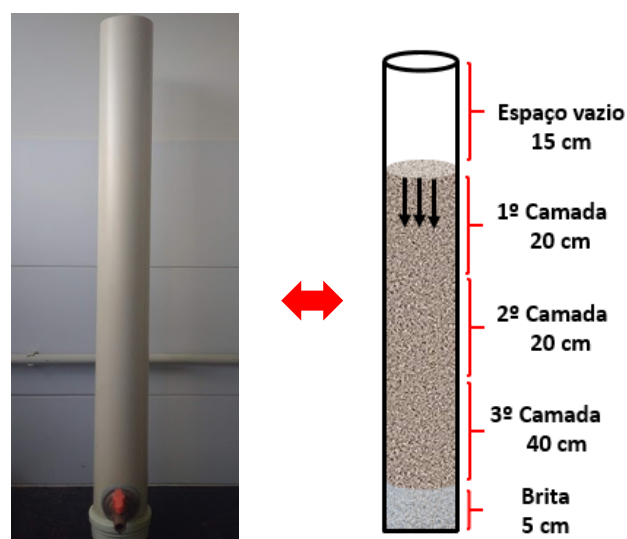
Ensaio experimental

O estudo de recarga gerenciada de aquífero foi desenvolvido na estação experimental do INSA. Para isso, foi montada uma coluna para simular o tratamento do efluente através do solo visando a melhoria da qualidade do efluente da lagoa de estabilização. As características da coluna são descritas na Tabela 1 e podem ser observada na Figura 2.

Tabela 1. Características das colunas de infiltração.

Material	PVC
Dimensões	Altura – 1 m Diâmetro – 100 mm
Área	0,00785 m ²
Volume total	7,85 L
Altura do preenchimento da coluna	80 cm

Figura 2. Coluna para ensaio de recarga gerenciada de aquífero.



Condições operacionais das colunas de infiltração

Diariamente foi introduzido na parte superior da coluna (espaço vazio) o efluente da lagoa, sendo infiltrado por meio da gravidade (simulando uma lagoa de infiltração – um dos métodos de recarga gerenciada de aquífero). O fluxo de infiltração inicial da coluna foi de 165 mL/dia, sendo esta a capacidade máxima de filtração da coluna. A avaliação dessa capacidade máxima, se deu através da utilização de água destilada, e a determinação da vazão máxima de saída, durante o período de 7 dias.

Para avaliar o desempenho da coluna na capacidade de infiltração ao longo do tempo, foi acompanhada a vazão de efluente tratado diariamente (redução da vazão ao longo do tempo) até o entupimento.

Monitoramento e avaliação dos sistemas de tratamento

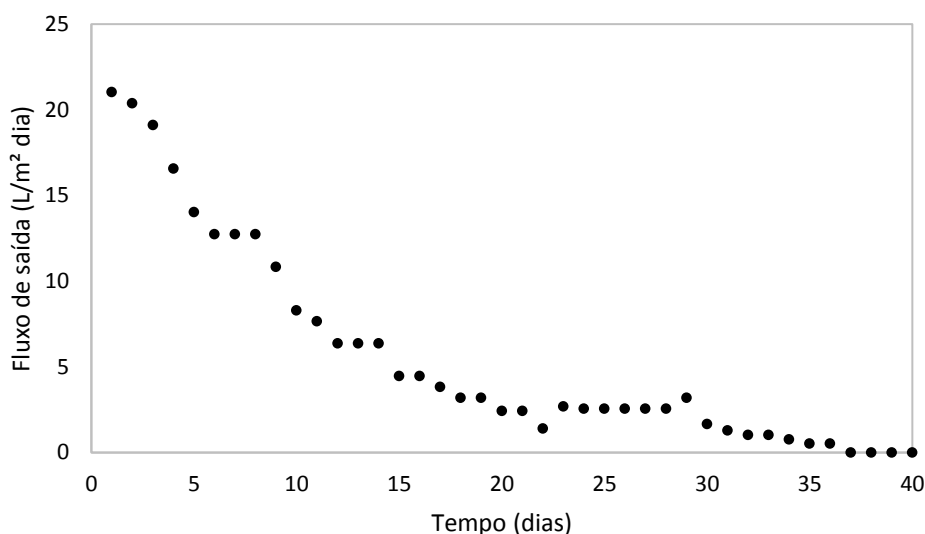
O monitoramento do sistema de tratamento foi realizado semanalmente, por meio das análises de sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), sólidos totais fixos (STF), sólidos suspensos totais (SST), sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez, pH, condutividade elétrica,

demanda química de oxigênio (DQO), todos esses parâmetros seguindo os métodos preconizados pelo APHA (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a variação do fluxo de saída do efluente da coluna de solo ao longo do período experimental, até a ocorrência do entupimento.

Figura 3. Fluxo de saída da coluna de solo ao longo do experimento.



Inicialmente as colunas foram alimentadas com o efluente da lagoa até que ficasse totalmente úmida, com um volume de 1 litro, dando início ao experimento. Ao longo do período experimental o volume de saída era repostado novamente no espaço vazio da coluna, simulando uma bacia de infiltração. Foi observado um decaimento no fluxo ao longo do tempo, associada ao entupimento nos poros do solo. Isso devido a presença de microalgas encontradas no afluente observados pelas coloração esverdeada (Figura 4).

Outro fator que pode ter levado a um entupimento num curto intervalo de tempo (40 dias) é a presença de grande quantidade de material sólido em suspensão no afluente utilizado na recarga gerenciada de aquífero (Tabela 1). De acordo com Bekele et al. (2015), a concentração máxima sugerida de SST para evitar problemas relacionados ao entupimento é de 5 mg/L, bem abaixo da qualidade atual apresentada pelo efluente da lagoa de estabilização desse estudo. Sendo assim, necessárias medidas para melhorar as características do efluente da lagoa, para otimizar o sistema de recarga gerenciada de aquífero.

Figura 4. Comparação do efluente da lagoa de estabilização antes e depois da infiltração na coluna de solo.



Na Tabela 2 são apresentados os valores médios para pH, condutividade, turbidez DQO total e as frações de sólidos para o que entra na coluna de solo (afluente) e o que sai da coluna de solo (efluente).

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros físico-químico.

Parâmetros	Afluente	Efluente	Eficiência (%)
pH	7,92	8,92	
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	2910	13722	
Turbidez (NTU)	152,5	0,62	99,99%
DQO (mg/L)	293	45	99,85%
ST (g/L)	1,2	11,2	
STV (g/L)	0,2	0,4	
STF (g/L)	1,0	10,8	
SST (g/L)	0,2	0	100%
SDT (g/L)	1,5	11,6	

De acordo com a Tabela 2 é possível observar que o sistema de recarga gerenciada de aquífero proporciona um efluente com baixas concentrações de turbidez, SST e DQO total, resultando numa eficiência de remoção de 99,99%, 99,85% e 100%, respectivamente. Os resultados encontrados mostraram alto desempenho da coluna de solo para o tratamento, corroborando com o estudo de Coutinho et al., (2018) que encontraram remoção de até 83,1%

para DBO₅. Segundo os autores, a matéria orgânica sofreu oxidação biológica, resultando em CO₂, volatilizando para atmosfera ou dissolvido na massa líquida.

É possível observar que houve um aumento no sólidos totais, estando associado ao material dissolvido, o que proporcionou um crescimento na concentração de SDT, STF e na condutividade elétrica. Santana et al. (2007) mostraram que solos com textura argilosa promoveram aumento na condutividade da água. Sendo assim, como o solo do município se classifica em argiloso, esse pode ter proporcionado o aumento de sólidos e da condutividade.

Vale ressaltar que alguns dos parâmetros que foram avaliados atendem aos os critérios estabelecidos pela USEPA (2012) para irrigação irrestrita (turbidez <2 NTU, pH de 6 a 9, e DBO ≤ 10 mg) ou irrigação restrita (a concentração de sólidos suspensos e DBO devem ser ≤ 30 mg/L). Dessa forma, percebe-se que o tratamento do efluente da lagoa utilizando coluna de infiltração com o solo do município, se mostrou bastante eficiente na remoção de material em suspensão e de matéria orgânica, proporcionando um efluente com melhor qualidade para reuso sem causar impactos.

É importante destacar que para uma avaliação mais aprimorada em níveis de reuso, é necessário a avaliação em níveis microbiológicos (E. coli e ovos de helmintos) que também estão dentro dos critérios estabelecidos para reuso pela USEPA (2012) e WHO (2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados pode-se concluir que a utilização da recarga gerenciada de aquífero se apresenta como uma alternativa viável para melhorar a qualidade de efluentes de estações de tratamento de esgoto, proporcionando elevada eficiência de remoção de material em suspensão e de matéria orgânica, acima de 99%.

Os resultados também evidenciam que a taxa de infiltração do solo esta diretamente relacionado a concentração de SST a ser tratado, uma vez que estando esta em concentrações elevadas, como o do referido estudo, reduzirá a taxa de infiltração, ocorrendo o entupimento do sistema e minimizando o período operacional.

Por fim, a recarga gerenciada de aquífero apresenta-se como uma alternativa promissora para melhorar a qualidade de efluentes de estação de tratamento de esgoto, além de proporcionar aumento dos níveis de águas subterrâneas.

REFERÊNCIAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, 22nd Edition. 2012.

BEKELE, E. B.; DONN, M. J.; BARRY, K. E.; VANDERZALM, J. L.; KAKSONEN, A. H.; PUZON, G. J.; WYLIE, J.; MIOTLINSKI, K.; CAHILL, K.; WALSH, T.; MORGAN, M.; MCFARLANE, D.; DILLON, P. J. Managed Aquifer Recharge and Recycling Options (MARRO): Understanding clogging processes and water quality impacts. St Leonards: Australian Water Recycling Centre of Excellence, p. 160, 2015.

COUTINHO, J. V.; ALMEIDA, C. N.; SILVA, E. B.; STEFAN, C.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; GADELHA, C. L. M.; WALTER, F. Managed aquifer recharge: study of undisturbed soil column tests on the infiltration and treatment capacity using effluent of wastewater stabilization pond. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 23, n. 50, p. 1-9, 2018.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. *Diagnóstico do município de Frei Martinho, estado da Paraíba*/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz, p. 19, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 2010*. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acessado em: 29 de Agosto de 2019.

JOKELA, P.; ESKOLA, T.; HEINONEN, T.; TANTTU, U.; TYRVÄINEN, J.; ARTIMO, A. Raw Water Quality and Pretreatment in Managed Aquifer Recharge for Drinking Water Production in Finland. *Water*, v. 9, n. 138, p. 1-16, 2017.

MONTENEGRO, A. A. A. e MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: Medeiros, S.S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. O.; Paz, V. P. S. (ed.). *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Campina Grande: INSA, p. 2 - 27, 2012.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, K. J.; SOUSA, A. M. G.; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na

brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 5, p. 1470-1476, 2007.

SHARMA, S. K.; KENNEDY, M. D. Soil aquifer treatment for wastewater treatment and reuse. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 119, p. 671-677, 2017.

SILVA, M. M.; MEDEIROS, P. R. F. & SILVA, E. F. F. Reúso da água proveniente de esgoto doméstico tratado para a produção agrícola no semiárido pernambucano. In: Medeiros, S.S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. O.; Paz, V. P. S. (ed.). *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Campina Grande: INSA, p. 155 - 173, 2012.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. Cincinnati: 2003. 186 p.

WHO. World Health Organization. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Geneva. 2006.