

II-15 – RELAÇÃO ÁREA SUPERFICIAL E VAZÃO APLICADA EM ESTUDO DE CASO PARA PROJETO DE BACIA DE INFILTRAÇÃO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS ATRAVÉS DE MODELAGEM MATEMÁTICA

Joana Postal Pasqualini⁽¹⁾ e Fernando Mainardi Fan

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestre em Engenharia pela Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas Metalúrgica e Materiais (PPGE3M/UFRGS). Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS⁽¹⁾.

E-mail⁽¹⁾: joanapasqualini@gmail.com

RESUMO

Bacias de infiltração de efluentes domésticos representam uma via de destinação de efluentes pós-tratamento amplamente aplicada, em especial no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. São estruturas que operam através da infiltração natural dos solos, e para sucesso da execução e operação é necessária caracterização hidrogeológica minuciosa. A área superficial disponível para instalação das bacias, por exemplo, representa um critério de projeto que se relaciona diretamente com a efetividade do sistema. O objetivo do trabalho foi avaliar o impacto nos níveis potenciométricos em diferentes cenários de vazão de aplicação de efluentes e de áreas superficiais para potencial operação de bacias de infiltração rápida. Foi elencado estudo de caso em que são operadas esse tipo de solução. As simulações foram realizadas através do software MODFLOW. Os resultados demonstraram que não é possível estabelecer relação linear entre aumento da área de infiltração com aumento da vazão infiltrada, como é sugerido pela literatura de projetos deste tipo. Outras variáveis, como o fluxo lateral podem influenciar o projeto dessas estruturas e devem ser levadas em consideração.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia de Infiltração de Efluentes Domésticos, Modelagem Matemática

INTRODUÇÃO

A disposição final de efluentes líquidos tratados é uma importante etapa do sistema de esgotamento sanitário (SES) de uma localidade. As formas mais usuais são os cursos de água e o mar devido à disponibilidade hídrica. Contudo, a disposição no solo é também um processo viável e aplicado em diversos locais no mundo (Crites et al., 1998).

Os efluentes aplicados no solo conduzem à recarga do aquífero, podendo impactar na qualidade da água. Dentro das diferentes classificações de infiltração de efluentes no solo, as bacias de infiltração rápida (IR) operam através da aplicação controlada de águas residuais em bacias com solos permeáveis a uma taxa licenciada pelos órgãos ambientais competentes.

Segundo a EPA - Environmental Protection Agency (2003), órgão ambiental federal dos Estados Unidos, a maioria das falhas de sistemas de Infiltração Rápida ocorre devido a seleção de locais impróprios e avaliações incompletas do local selecionado. A aprovação da área depende das propriedades do solo, de parâmetros como a condutividade hidráulica e porosidade, além da necessidade de presença de aquífero livre. Esses representam fatores importantes no uso do solo como meio de destinação final adequada e de degradação de resíduos orgânicos (Von Sperling, 2007). Situações críticas e os principais cuidados a serem tomados são relacionados a profundidade máxima do lençol freático e necessidade de elevadas taxas de infiltração.

Um dos principais critérios para elaboração de estudos de viabilidade de implementação desses sistemas consiste na estimativa da extensão de área de tratamento necessária e tem como principal referência Crittes (2000), que relaciona área e vazão de efluente de forma linear. Essa estimativa preliminar considera a vazão de água residuária a ser recebida, a carga hidráulica anual na bacia hidrográfica e a porcentagem do tempo no ano em que a bacia é operada (EPA, 2003).

Técnicas de modelagem matemática podem ser empregadas para simular cenários a fim de avaliar diferentes áreas de implementação e vazões de aplicação como recargas do aquífero local. As técnicas de iteração permitem estimar critérios ótimos de projeto diante da disponibilidade de área e da necessidade de disposição final de vazões de efluentes tratados.

Diante desse cenário, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito na potenciometria simulada quando do aumento tanto da área superficial disponível para operação das bacias de infiltração, tanto do aumento de vazões de recebimento de efluentes domésticos em bacias de infiltração.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida fica no município de Cidreira, no litoral norte do Rio Grande do Sul (Figura 1). O município conta com sistema de esgotamento sanitário (SES) através de bacias de infiltração de esgoto.

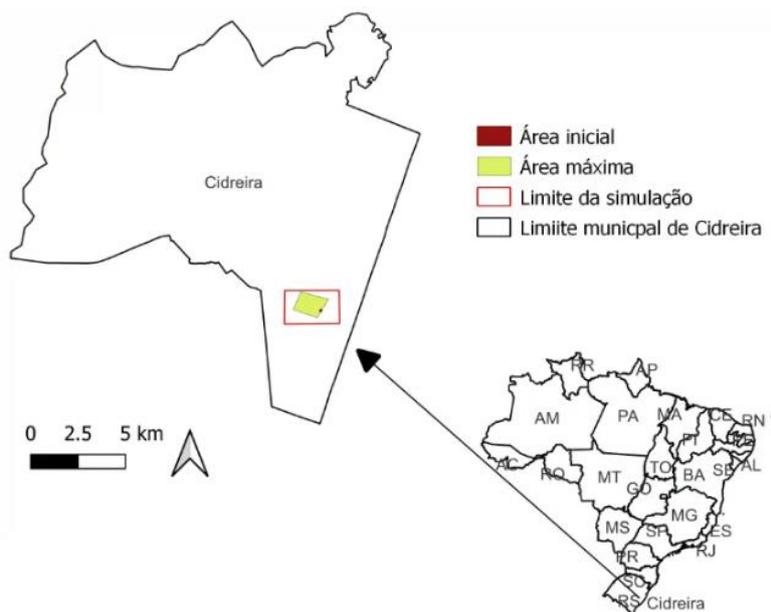


Figura 1: Mapa de localização do município de Cidreira – RS com destaque para área de simulação e áreas mínima e máxima de aplicação de efluentes domésticos através da técnica de bacias de infiltração rápida no solo

Foram levantados dados disponíveis abertamente a respeito de área onde opera o SES do município. Os principais dados utilizados podem ser visualizados na tabela a seguir:

Tabela 1. Parâmetros e referências utilizadas na modelagem matemática

Parâmetro	Valor/Descrição	Referência
Modelo digital de elevação	Resolução de 12,5 metros	ALOS-PALSAR
Espessura do aquífero - b	14 metros	SIAGAS
Porosidade efetiva - ne	0,35	TROIAN <i>et al.</i> (2020)
Condutividade Hidráulica - K	$6,35 * 10^{-5}$	Estimada com base em ensaios de campo

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas simulações através do software MODFLOW (Waterloo Hydrogeologic Inc. 2006), com análises de seis aumentos sucessivos das áreas de infiltração, para aplicação de uma mesma vazão de efluente. A área inicial representa aproximadamente o sistema atualmente instalado no município, medido através do Google Earth. A partir desse dado, as áreas foram aumentadas em 2, 4, 9, 18 e 64 vezes.

Também foram avaliados quatro cenários de vazões, aplicadas nas mesmas áreas, gerando um total de 24 cenários. Para estimar a fração da água que adentra à rede de esgotos, foi aplicado o coeficiente de retorno (R), que é a relação média entre o volume de esgoto produzido e a água efetivamente consumida. O coeficiente de retorno pode variar de 40% a 100%, usualmente adota-se o valor de 80% (VON SPERLING, 2005). A produção estimada de esgoto da população urbana de Cidreira foi calculada conforme a Equação 1:

$$Q = 365 * P * q * R \quad \text{Equação 1}$$

P = população; q = consumo médio de água per capita (m³/hab.dia); R = coeficiente de retorno

Além da vazão total calculada com base na Equação 1, foram também testadas vazões proporcionalmente menores, sendo 25 L/s a estimada com base na população local, e as demais iguais a 15 L/s, 10 L/s e 5 L/s.

A análise dos diferentes cenários foi baseada na saída do modelo, que gera um mapa de potenciometria. Os mapas foram comparados com a topografia local, que varia entre 12 e 14 metros. A infiltração ocorre satisfatoriamente quando a potenciometria gerada pelo modelo aumenta até a cota do terreno no máximo, considerando bacias de infiltração com 2m de profundidade.

RESULTADOS

Efeito aumento de áreas

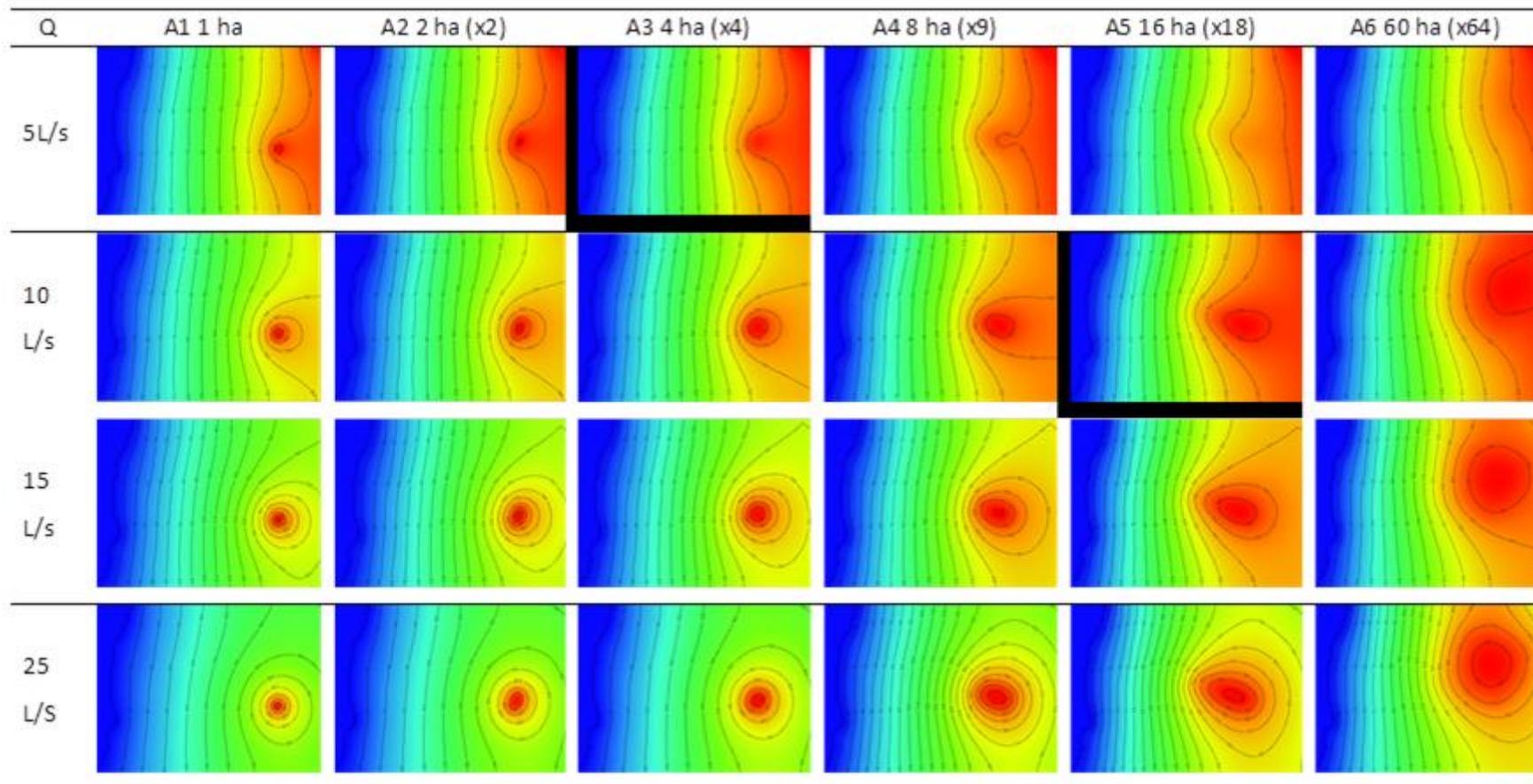
A partir das simulações que avaliaram a necessidade de aumento de área para total infiltração das vazões recebidas de efluentes domésticos, foi possível identificar que a vazão de 5L/s seria totalmente infiltrada em uma área 4 vezes superior à área instalada atualmente. Já a aplicação de uma vazão igual ao dobro da primeira, isto é, 10 L/s apenas ocorreria efetivamente para uma elevação de 18 vezes da área inicial. Por fim, a aplicação de 15 L/s e de 25 L/s não são infiltradas conforme a potenciometria gerada nas simulações, pois incorrem em elevações superiores às cotas do terreno.

Efeito do aumento de vazões

Dentro das condições avaliadas de expansão de áreas, apenas as vazões de 5L/s e 10 L/s seriam efetivamente infiltradas na região.

Extrapolando a área para 150 há, a partir de critérios exclusivamente de disponibilidade de terreno, ainda assim, ambas vazões provocariam um aumento da potenciometria superior à topografia do terreno, não sendo possível a sua infiltração.

Tabela 2: Resultados da simulação dos níveis potenciométricos com aumento da área das bacias de infiltração e com aumento das vazões de efluentes aplicada



Nota. Em fundo preto estão hachurados os mapas potenciométricos que permitiram a infiltração da vazão aplicada dentro da respectiva área superficial de acordo com a topografia local

Os resultados demonstraram que não é possível estabelecer relação linear entre aumento da área de infiltração com aumento da vazão infiltrada. Outras variáveis, como o fluxo lateral podem influenciar o projeto dessas estruturas e devem ser levadas em consideração.

Em caso de instalação de um número de bacias de infiltração superior a duas, o que é recomendado para atividades de manutenção, deve-se considerar o efeito de uma bacia sob a outra através do Princípio de Stevin.

O critério de distribuição geográfica nas bacias de infiltração é relevante quanto a efetividade do tratamento. Segundo a EPA (2003) os sistemas de Infiltração Rápida produzem efluentes de excelente qualidade caso seja dada distância suficiente de deslocamento através do solo. Ademais, há de se considerar a qualidade do efluente recebido, pois efluentes tratados através de técnicas primárias ou secundárias pode influenciar a taxa de carga hidráulica.

CONCLUSÕES

As simulações executadas, bem como os princípios científicos da modelagem matemática de processos naturais, permitem concluir a ausência de uma relação linear entre área superficial para operação de bacias de infiltração de efluente com a vazão de recebimento de efluentes. Outros aspectos como o fluxo lateral, e demais características hidrogeológicas devem ser considerados.

A vazão estimada através da população do estudo de caso provocaria uma elevação da potenciometria que não condiz com a topografia local dentro dos cenários avaliados.

A profundidade do solo, permeabilidade e profundidade das águas subterrâneas são fatores essenciais de investigação do local em avaliação. Recomenda-se que sejam muito cuidadosamente avaliados, independentemente do tamanho do sistema, para garantir o sucesso do projeto.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu o apoio financeiro da CAPES - Brasil

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CRITES R. et al. Land Treatment Systems for Municipal and Industrial Wastes (McGraw-Hill Professional Engineering) 1st Edition. ISBN-13: 978-0070610408. ISBN-10: 0070610401. McGraw-Hill Professional; 1st edition. 336 pages, 2000.
2. CRITES, R.W. and TCHOBANOGLOUS, G., Small and Decentralized Wastewater Management Systems, McGraw-Hill, New York. 1998.
3. EPA, 2003. Wastewater Technology Fact Sheet. Rapid Infiltration Land Treatment. Office of Water. EPA 832-F-03-025.
4. HARBAUGH, Arlen W.; MCDONALD, Michael G. Programmer's documentation for MODFLOW-96, an update to the US Geological Survey modular finite-difference ground-water flow model. US Geological Survey; Branch of Information Services [distribuidor], 1996.
5. TROIAN, Guilherme Casarotto et al. Modelo conceitual hidroestratigráfico do sistema aquífero costeiro no litoral norte do Estado do Rio Grande Do Sul. 2020.
6. VON SPERLING, Marcos. Wastewater characteristics, treatment and disposal. IWA publishing, 2007.
7. WATERLOO HYDROGEOLOGIC, I. Visual MODFLOW v. 4.1. Professional Edition, User's Manual, Ontario, Canada, 2005.