

## SIMULAÇÃO DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO BACTERIANA EM SOLOS NÃO SATURADOS

Pedro Augusto Pereira Borges \*

Leandro Bassani \*\*

Matheus Luis Debastiani \*\*\*

Leonardo Batistel \*\*\*\*

Os esgotos residenciais e industriais são geralmente descartados em rios, córregos e solo, na forma líquida. A contaminação das águas subterrâneas com bactérias, quando o esgoto é lançado no solo, é um problema ambiental que necessita controle. A norma técnica estabelece a distância de 1,5m entre a fonte de esgoto e o lençol freático, independentemente da carga, tipo de solo, umidade ou outra variável. O objetivo desta pesquisa é elaborar um modelo matemático para simular a concentração bacteriana em uma coluna de solo não saturado submetido a esgoto doméstico, em função do teor de água do solo. A modelagem matemática é uma forma barata (em relação às intervenções experimentais) de simular situações reais, com a possibilidade de avaliar o efeito de diferentes cargas e tipos de solo. O modelo consiste em um sistema de duas equações diferenciais parciais acopladas, unidimensionais no espaço. A primeira, é a conhecida equação de Richards, que modela a distribuição do teor de água no solo. A condutividade hidráulica é um parâmetro que depende do teor de água, o que torna essa equação não linear. A segunda, estabelece que a distribuição bacteriana depende da difusão e das taxas de mortalidade e reprodução. O acoplamento entre as equações se dá pela dependência do coeficiente de difusão bacteriana, do teor de água do solo. Tal dependência foi proposta como uma função logística, cujo valor é nulo para solos secos e tende assintoticamente para um máximo quando o teor de água tende ao

---

\* Professor adjunto na Universidade Federal da Fronteira Sul, dedicação exclusiva. Linha de Pesquisa: Matemática Aplicada e Computacional- GPMAC. Doutor em Engenharia Mecânica, UFRGS, 2002. [papborges@gmail.com](mailto:papborges@gmail.com)

\*\* Professor adjunto na Universidade Federal da Fronteira Sul com dedicação exclusiva, mestre scritu sensu em engenharia ambiental pela UFSC. Linha de Pesquisa: Matemática Aplicada e Computacional- GPMAC. [leandrobassani@uol.com.br](mailto:leandrobassani@uol.com.br)

\*\*\* Acadêmico do curso Engenharia Ambiental e Energias Renováveis da Universidade Federal da Fronteira Sul. Linha de pesquisa: Matemática Aplicada e Computacional- GPMAC. Bolsista CNPq. [mateus.dbt@hotmail.com](mailto:mateus.dbt@hotmail.com)

\*\*\*\* Acadêmico do curso Engenharia Ambiental e Energias Renováveis da Universidade Federal da Fronteira Sul. Linha de pesquisa: Matemática Aplicada e Computacional- GPMAC. [leonardo\\_wtj@hotmail.com](mailto:leonardo_wtj@hotmail.com)

estado saturado. Os parâmetros de natalidade e mortalidade foram considerados como funções lineares do teor de água, reforçando o acoplamento entre as equações diferenciais. O sistema de equações foi resolvido pelo Método das Diferenças Finitas, com diferenças centrais, avanços temporais explícitos e implementado computacionalmente com programa próprio, que calcula o teor de água e a concentração bacteriana em qualquer instante de tempo e ponto de uma coluna de solo. Testes foram realizados para verificar a estabilidade das soluções e a variação dos resultados das variáveis em função do tamanho da malha. Os programas permitem avaliar a distribuição de bactérias considerando diferentes carregamentos de esgoto na superfície e tipos de solo, além de discutir as recomendações técnicas de proteção ambiental, relativas à a distância mínima do lençol freático. Hipóteses diferentes de variação da concentração bacteriana foram formuladas, levando em conta as possibilidades de difusão, transporte com a água, mortalidade e reprodução. Simulações diversas foram realizadas variando os parâmetros do modelo. Observou-se que o modelo é sensível à variação dos parâmetros e responde adequadamente aos conhecimentos existentes na literatura, tais como a relação diretamente proporcional entre presença de bactérias e teor de água. No entanto, uma avaliação quantitativa mais precisa do modelo, só será possível com dados experimentais, atualmente não disponíveis. A intensidade da difusão bacteriana, em relação à reprodução, depende obviamente, dos parâmetros utilizados. Mesmo assim, observou-se que a presença de bactérias nas camadas de solo mais profundas depende fortemente do teor de água. A pesquisa terá continuidade com a realização de trabalhos experimentais em laboratório, com o aperfeiçoamento do modelo, considerando a influência da temperatura e a variação das características físicas do solo com a deposição de matéria orgânica.

**Palavras Chave:** concentração bacteriana em solos; teor de água em solos; métodos numéricos.