

---

**Nome: TOP004 - Introdução à modelagem matemática de fluxo e transporte de contaminantes em meios porosos**

**Nível: M/D Obrigatória: Não Carga Horária: 60h Número de Créditos: 04**

**Professor(es) : Stela Dalva Santos cota**

---

### **Ementa**

De forma introdutória, os seguintes itens serão abordados: conceitos e parâmetros hidrodinâmicos envolvidos no deslocamento de fluidos em meios porosos saturados e não-saturados; sistemas geológicos, hidrogeologia e ciclo hidrológico; processos envolvidos no fluxo de água e transporte de solutos em meios porosos (saturados e não-saturados); equacionamento matemático dos processos em meios porosos; modelagem matemática (analítica e numérica); modelo conceitual de fluxo de água em aquíferos; escolha do software a ser utilizado; construção do modelo matemático; condições iniciais e de contorno; parâmetros de entrada; solvers para modelos numéricos; calibração, simulação e verificação; documentação do modelo.

O curso foi formatado em duas partes: uma teórica, em que os conceitos e formulações matemáticas são apresentados, e uma prática, envolvendo a aplicação de softwares no desenvolvimento de modelos ilustrativos da teoria estudada. As duas partes serão intercaladas, sendo tentando-se, na medida do possível, aproximar a teoria e sua aplicação. Durante o curso serão utilizados softwares de modelagem de fluxo e transporte nos meios saturados e não-saturados, sendo a escolha dos softwares feita com base no uso consagrado e na sua disponibilidade para utilização.

A avaliação do aproveitamento do curso será baseada em realização de seminários e de trabalho prático. A primeira parte do trabalho envolve uma análise crítica de artigos e relatórios que descrevem a documentação de modelos, em que os alunos testarão os conhecimentos necessários na elaboração de uma boa documentação de modelo matemático. Ao final do curso, os alunos serão solicitados a elaborar um modelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais numérico com base em um conjunto de dados e um modelo conceitual e elaboração de documentação do modelo. Os resultados serão apresentados em um seminário, em que as decisões tomadas pelos alunos durante a implementação do modelo poderão ser comparadas e discutidas.

### **Objetivo**

O objetivo geral da disciplina é introduzir os conceitos básicos relacionados aos processos e mecanismos envolvidos no fluxo de água em meios porosos em solos e meios geológicos, além do transporte de solutos dissolvidos, e aos métodos de modelagem matemática desses sistemas.

---

## Justificativa

Os conceitos abordados irão capacitar o aluno a entender e lidar com sistemas complexos envolvendo o deslocamento de fluidos e solutos em meios porosos que compõem sistemas naturais. A abordagem introdutória à modelagem matemática desses sistemas será utilizada como forma de exemplificar e visualizar os conceitos discutidos e ainda servirá como iniciação do aluno às ferramentas de modelagem disponíveis.

## Programas a serem utilizados:

- HYDRUS-1D: fluxo vertical e transporte em zona não saturada (elementos finitos, 1D);
- VISUAL MODFLOW: versão Demo em todos os computadores para treinamento de entrada e saída de dados e uma versão licenciada para execução dos modelos (MODFLOW e MT3D-MS, diferenças finitas, 2D/3D).

## Material bibliográfico:

- Arquivo do material apresentado durante as aulas;
- Manuais dos programas;
- Documentos complementares específicos de cada modelo.

## Avaliação:

- Seminário sobre análise crítica de documentação de modelos;
- Exercício sobre implementação de um modelo matemático a partir de conjunto de dados, com apresentação dos resultados e elaboração de documentação do modelo.

## Previsão das aulas:

15 semanas; 4 horas-aula em uma manhã ou tarde a combinar (sugestão: sextas-feiras à tarde).

## Bibliografia:

### Básica

- 1 - DOMENICO, P. A.; SCHWARTZ, F. W., 1997. Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons, 2nd Edition. 506pp.
- 2 - FREEZE, R. A.; CHERRY, J.A., 1979. Groundwater, Prentice Hall. 604pp.
- 3 - ANDERSON, M.P., WOESSNER, W.W. 1991. Applied Groundwater Modeling. Academic Press. 381pp.
- 4 - KRESIC, N., 2007. Hydrogeology and Groundwater Modeling. CRC Press. 807pp.
- 5 - BEAR, J., CHENG, A.H-D., 2009. Modeling Groundwater Flow and Contaminant Transport, Springer. 834pp.

### **Complementar**

- 1 - TUCCI, C.E.M. (Org.), 1993. Hidrologia, Ciência e Aplicação. Coleção ABRH, Volume 4, Editora da Universidade do Rio Grande do Sul/Editora da Universidade de São Paulo. 943pp.
- 2 - COREY, A.T., 1994. Mechanics of Immiscible Fluids in Porous Media. Water Resources Publication. 252pp.
- 3 - MCDONALD, M.G.; HARBAUGH, A.W., 1988. A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground Water Flow Model, U.S. Geological Survey, Open-File Report 83- 875, Chapter A1. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais
- 4 - ZHEN, C., 1990. MT3D - A Modular Three-Dimensional Transport Model for Simulations of Advection, Dispersion and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater Systems, U.S. Environmental Protection Agency.
- 5 - SIMUNEK, J.; HUANG, K.; VAN GENUCHTEN, M.T., 1998. The HYDRUS Code for simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media, Version 6.0, Research Report No. 144, U.S. Salinity Laboratory, U.S. Department of Agriculture.