

7

Referências bibliográficas

AKIN, J. E., Application and implementation of finite element methods. London: Academic Press, 1984.

AMARAL, C., Landslides disasters management in Rio de Janeiro. **Proceedings of the 2nd. Pan-American Symposium on Landslides.** p.209– 212. 1997.

ANDRADE, H. A. C., **Implementação de procedimentos numéricos para a análise de elemento drenantes em solo.** Rio de Janeiro, 2003. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Geotecnia) - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

ARYA, L.M.; PARIS, J.F. A physicoempirical model to predict the soil moisture characteristic from particle-size and distribution and bulk density data. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, vol.45, p. 1023-1030. 1981.

AUBERTIN, M. et al. A model to predict the water retention curve from basic geotechnical properties. **Canadian Geotechnical Journal**, vol.40, p.1104-1122. 2001.

BARATA, F. E., Landslides in the tropical region of Rio de Janeiro. **Proceedings of the 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering**, vol. 2, p. 507-516. 1969.

BATHE, K. J.; CIMENTO, A. P. Some practical procedures for the solution of nonlinear finite element equations. **Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering**, vol. 22, p.59-85. 1980.

BATHE, K. J. Finite element procedures. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996.

BAUM, R. L.; SAVAGE, W. Z.; GODT J. W., TRIGRS: A FORTRAN program for transient rainfall infiltration and grid-based regional slope-stability analysis. Colorado: USGS, 2002.

BEAR, J. Dynamics of fluids in porous media. New York: Dover Publications. 1972.

CAMPOS, J. L. E., **Análise numérica do transporte de contaminantes em meios porosos com reações químicas.** Rio de Janeiro, 1999. 94p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Geotecnia) - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

CASTAGNOLI, J. P., **Uma implementação numérica do acoplamento água superficial – água subterrânea**. Rio de Janeiro, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Geotecnia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil.

CELIA, M. A.; BOLOUTAS, E. T.; ZARBA, R. L., A general mass-conservative numerical solution for the unsaturated flow equation. **Water Resources Research**, vol.26, n.7, p.1483-1496. 1990.

COOLEY, R. L., Some New Procedures for Numerical Solution of Variably Saturated Flow Problems. **Water Resources Research**, vol.19, n.8, p.1271-1285. 1983.

DE CAMPOS, L. E. P., **Influência da sucção na estabilidade de taludes naturais em solos residuais**. Rio de Janeiro, 1984. 173p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Geotecnia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil.

DE CAMPOS, T. M. P.; ANDRADE, M. H.; VARGAS Jr, E. A., Unsaturated Colluvium over Rock Slide in a Forested Site in Rio de Janeiro, Brazil. **Proceedings of the 6th International Symposium in Landslides**, p.1357-1364. 1991.

DE CAMPOS, T. M. P., Resistência ao cisalhamento de solos não saturados. **3º Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados – ÑSAT'97**, vol.2, p.399-418. 1997.

DESAI, C. S.; ABEL, J. F., Introduction to the finite element method : a numerical method for engineering analysis. New York: Van Nostrand Reinhold, 1972.

DESAI, C.S., Elementary finite element method. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1979.

DE CARVALHO, M. T. M.; MARTHA, L. F.; CELES FILHO, W., **Pos3D: Pós-processador Genérico para Modelos 3D de EF**, 1997. Disponível em: <<http://www.tecgraf.puc-rio.br/~lfm/pos3d/>>. Acesso em: 4 ago. 2007.

DIERSCH, H. J. G., Errors norms used in FEFLOW. In: **FEFLOW – White papers**, vol.1. Berlin: WASY GmbH. 2005.

DUNCAN, J. M.; WRIGHT, S. G. Soil strength and slope stability. New York: Wiley, 2005.

FERNANDES, N. F. et al., Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol.2, n.1, p.51-71. 2001.

FERNANDES, N. F. et al., Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. **CATENA**, vol.55, n.2, p.163-181. 2004.

FREDLUNG, D. G.; MORGENSTERN, N. R., Stress state variables for unsaturated soils. **Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE**, vol.103, n.5, p.447-466. 1977.

FREDLUNG, D. G.; MORGENSTERN, N. R.; WIDGER, A., Shear strength of unsaturated soils. **Canadian Geotechnical Journal**, vol.15, p.313-321. 1978.

FREDLUND, D.G.; XING, A. Equations for the soil-water characteristic curve. **Canadian Geotechnical Journal**, vol.31, n.4, p. 521-532. 1994.

GERSCOVICH, D. M. S. **Fluxo em meios porosos saturados-não saturados: Modelagem numérica com aplicações ao estudo da estabilidade de encostas do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 1994. 244p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Geotecnia) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

GERSCOVICH, D. M. S.; VARGAS Jr.; E. A., de CAMPOS, T. M. P., On the evaluation of unsaturated flow in a natural slope in Rio de Janeiro, Brazil. **Engineering Geology**, n.88, p.23-40. 2006.

GOMES, R. A. T., **Previsão de áreas de risco a movimentos de massa a partir da modelagem matemática de previsão de escorregamentos e corridas de massa**. Rio de Janeiro, 2006. (Tese de Doutorado em Geologia) - Departamento de Geologia, UFRJ.

GUIMARÃES, R. F., **A modelagem matemática na avaliação de áreas de risco a deslizamentos: o exemplo das bacias dos rios Quitite e Papagaio (RJ)**. Rio de Janeiro, 2000. (Tese de Doutorado em Geologia) - Departamento de Geologia, UFRJ.

GUIMARÃES, R. F. et al., Parameterization of soil properties for a model of topographic controls on shallow landsliding: application to Rio de Janeiro. **Engineering Geology**, vol.69, p.99-108. 2003.

HUYAKORN, P. S.; PINDER, G. F., Computational methods in subsurface flow. New York: Academic Press, 1983.

HUYAKORN, P. S.; THOMAS, S. D.; THOMPSON, B. M., Techniques for making finite elements competitive in modeling flow in variably saturated porous media. **Water Resources Research**, vol.20, n.8, p.1099-1115. 1984.

IVERSON, R. M., Landslide triggering by rain infiltration. **Water Resources Research**, vol.36, n.7, p.1897-1910. 2000.

KRAHN, J., Seepage modeling with SEEP/W: An engineering methodology. Calgary: Geo-Slope International LTD.

LAMBE, T. W.; WHITMAN, R. V. Soil Mechanics, SI version. New York: Wiley, 1969.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. São Paulo: EDUSP, 2005.

- LU, N.; LIKOS, W. J. *Unsaturated Soil Mechanics*. John Wiley & Sons, 2004.
- MACÍAS, J. E. A., Tese em andamento (Doutorado em Engenharia Civil - Geotecnia) - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2007.
- MATTHIES, H.; STRANG, G., The solution of nonlinear finite element equations. **International Journal for Numerical Methods in Engineering**, vol.14, p.1613-1626. 1979.
- MILLY, P. C. D., A mass-conservative procedure for time-stepping in models of unsaturated flow. **Advances in water resources**, vol.8, p.32-36. 1985.
- MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH W. E., A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. **Water Resources Research**, vol.30, n.4, p.1153-1181. 1994.
- MORGENSTERN, N.; MATOS, M. M., Stability of slopes in residual soils. **5th Pan-American Congress of Soil Mechanics**, p.367-383. 1975.
- MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, vol.12, n.3, p.513-522. 1976.
- NEUMAN, S.P. Saturated-unsaturated seepage by finite elements. **Journal of the Hydraulics Division**, vol.99, n.12. 1973.
- NIELSEN, D. R.; VAN GENUCHTEN, M. T.; BIGGAR, J. W. Water Flow and Solute Transport Processes in the Unsaturated Zone. **Water Resources Research**, vol.22, n.9, p.89-108. 1986.
- NG, C. W. W.; SHI, Q., A numerical investigation of the stability of unsaturated soil slopes subjected to transient seepage. **Computers and Geotechnics**, vol.22, n.1, p.1-28. 1998.
- OKIMURA, T.; KAWATANI, T., Mapping of the potential surface-failure sites on granite mountain slopes. In: Gardiner, V. (ed.) **International Geomorphology Part 1**. Chichester: John Wiley, 1986. p.121-138.
- PANICONI, C.; ALDAMA, A. A.; WOOD, E. F. Numerical evaluation of iterative and noniterative methods for the solution of the nonlinear Richards equation. **Water Resources Research**, vol.27, n.6, p.1147-1163. 1991.
- PANICONI, C.; WOOD, E. F., A detailed model for simulation of catchment scale subsurface hydrologic processes. **Water Resources Research**, vol.29, n.6, p.1601-1620. 1993.
- PANICONI, C.; PUTTI, M. A comparison of Picard and Newton iteration in the numerical solution of multidimensional variably saturated flow problems. **Water Resources Research**, vol.30, n.12, p.3357-3374. 1994.

PRESS, W. H. et al., Numerical Recipes in C, 2nd. edition. London: Cambridge University Press, 1992.

PULLAN, A., J., The quasilinear approximation for unsaturated porous media flow. **Water Resources Research**, vol.26, n.6, p.1219-1234. 1990.

RATHFELDER, K.; ABRIOLA, L. M., Mass conservative numerical solutions of the head-based Richards equation. **Water Resources Research**, vol.30, n.9, p.2579-2586. 1994.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2004.

REID, M. E.; NIELSEN, H. P.; DREISS, S. J., Hydrologic factors triggering a shallow hillslope failure. **Bulletin of the association of Engineers Geologists**, vol.25, n.3, p.349-361. 1988.

RICHARDS, L. A., Capillary conduction of liquids in porous media. **Physics I**, p.318-333. 1931.

ROSS, P.J., Efficient numerical methods for infiltration using Richard's equation. **Water Resources Research**, vol.26, n.2, p.279-290. 1990.

ROSSO, R.; RULLI, M. C.; VANNUCCHI, G., A physically based model for the hydrologic control on shallow landsliding. **Water Resources Research**, vol. 42, w06410. 2006.

SIDLE, R.; OCHIAI, H., **Landslides: processes, prediction and land use**. Washington, DC: American Geophysical Union, 2006.

SIMUNEK, J.; VOGEL, T.; VAN GENUCHTEN, M. T., The SWMS_2D code for simulating water flow and solute transport in two-dimensional variably saturated media – version 1.21. Research Report 132, US Salinity Laboratory, Riverside, California. 1994.

SIMUNEK, J.; HUANG, K.; VAN GENUCHTEN, M. T., The SWMS_3D code for simulating water flow and solute transport in three-dimensional variably saturated media – version 1.00. Research Report 139, US Salinity Laboratory, Riverside, California. 1995.

SIMUNEK, J.; SEJNA, M.; VAN GENUCHTEN, M. T., The HYDRUS_1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably saturated media – version 1.00. US Salinity Laboratory, Riverside, California. 2006.

SOARES, A. P. A. L., **Avaliação do mecanismo de ruptura em solo não saturado da encosta da vista chinesa**. Rio de Janeiro, 1999. 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Geotecnia) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

SRIVASTAVA, R.; YEH, T. J., Analytical Solutions for one-dimensional, transient infiltration toward the water table in homogeneous and layered soils. **Water Resources Research**, vol.27, n.5, p.753-762. 1991.

TELLES, I. A., **Desenvolvimento de um sistema integrado para modelagem de fluxo e transporte em meios porosos e fraturados**. Rio de Janeiro, 2006. 164p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Geotecnia) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

USACE – US Army Corps of Engineers, Slope **Stability: Engineer Manual**, 2003. Disponível em: <<http://www.usace.army.mil/publications/eng-manuals/em1110-2-1902/entire.pdf>>. Acesso em: 4 ago. 2007.

VAN GENUCHTEN, M. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, vol.44, n.5, p. 892-898. 1980.

VARGAS Jr., E. A.; COSTA FILHO, L. M.; PRADO CAMPOS, L. E. A study of relationship between the stability of residual soils and rain intensity. **International Symposium on Environmental Geotechnology**, p.491-500. 1986.

VARGAS Jr., E. A. et al. Saturated-unsaturated analysis of water flow in slopes of Rio de Janeiro, Brazil. **Computers and Geotechnics**, vol.10, n.3, p.247-261. 1990.

VASCONCELOS, C. A. B.; AMORIM, J. C. C., Numerical simulation of unsaturated flow in porous media using a mass-conservative model. **Proceedings of the 16th Brazilian Congress of Mechanical Engineering**, vol.8, p139-148. 2001.

VELLOSO, R. Q., **Estudo numérico da estimativa de parâmetros hidráulicos em solos parcialmente saturados**. Rio de Janeiro, 2000. 80p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Geotecnia) - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

WENDLAND, E.; SCHULZ, H. E., Numerical experiments on mass lumping for the advection-diffusion equation. **Minerva**, vol.2, n.2, p.227-233. 2005.

WOLLE, C. M.; HACHICH, E., Rain-induced landslides in southeastern Brazil. **Proceedings of the 12th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering**, vol. 3, p. 1639-1644. 1989.

WU, W.; SIDLE, R. C., A distributed slope stability model for steep forested basins. **Water Resources Research**, vol.31, n.8, p.2097-2110. 1995.

ZIENKIEWICZ, O. C.; TAYLOR, R. L. The finite element method. London: McGraw-Hill, Inc. 1989a.

ZIENKIEWICZ, O. C.; TAYLOR, R. L. The finite element method, vol.II. London: McGraw-Hill, Inc. 1989b.

8 Apêndices

8.1.

Modo de armazenamento de matriz esparsa indexado por linha

A seguir apresenta-se o método de armazenamento de matriz esparsa, conforme apresentado por Press et al. (1992), utilizado neste trabalho.

Na seqüência $[A]$ representa a matriz esparsa a ser armazenada, $\{sa\}$ é o vetor dos termos não nulos de $[A]$ e $\{ija\}$ é o vetor que representa as posições dos termos de $\{sa\}$ em $[A]$.

As primeiras n posições de $\{sa\}$ são os elementos da diagonal de $[A]$, mesmo sendo alguns deles nulos, onde n é número de equações do sistema (número de nós do modelo).

Cada uma das n primeiras posições de $\{ija\}$ armazena o índice o índice em $\{sa\}$, do primeiro elemento não nulo de cada linha de $[A]$ fora da diagonal da mesma. Caso não haja elementos não nulos fora da diagonal de determinada linha de $[A]$, armazena-se em $\{ija\}$ o índice do último elemento em $\{sa\}$ acrescido de 1.

A primeira posição em $\{ija\}$ deve ser obrigatoriamente igual a $n + 2$.

A posição $n + 1$ de $\{ija\}$ é o índice em $\{sa\}$, acrescido de 1, do último elemento não nulo fora da diagonal da última linha de $[A]$.

As entradas em $\{sa\}$ nas posições $\geq n + 2$ contêm os elementos não nulos fora da diagonal, ordenados por linha e, em cada linha, ordenados por coluna.

As entradas em $\{ija\}$ nas posições $\geq n + 2$ contêm o número da coluna em $[A]$ do elemento correspondente armazenado em $\{sa\}$.

Exemplo:

$$[A] = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7 & 5 & 9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 5 & 5 \end{bmatrix}$$

$$\{sa\} = \left\{ \begin{array}{c} 3 \\ 4 \\ 5 \\ 0 \\ 5 \\ x \\ 1 \\ 7 \\ 9 \\ 2 \\ 6 \end{array} \right\}$$

$$\{ija\} = \left\{ \begin{array}{c} 7 \\ 8 \\ 8 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \\ 3 \\ 2 \\ 4 \\ 5 \\ 4 \end{array} \right\}$$