

## Modelagem matemática e computacional do Ensaio SPT em solos

Luciana Machado Cardoso<sup>1</sup>

UNUJUÍ, Ijuí, RS

Manuel Osório Binelo<sup>2</sup>

UNUJUÍ, Ijuí, RS

Maiara Andressa Streda<sup>3</sup>

UNUJUÍ, Ijuí, RS

O presente resumo refere-se à pesquisa de dissertação em andamento com resultados parciais, desenvolvida no programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Modelagem Matemática, Mestrado, da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Todas as obras de Engenharia Civil assentam-se sobre um terreno que recebe as cargas das edificações através das fundações. Para a elaboração de um projeto de fundações de uma obra é necessário o estudo do comportamento e propriedades do solo sobre o qual as fundações serão assentadas [6]. Para qualquer edificação sempre deverá ser feita uma investigação geotécnica preliminar, constituída no mínimo por sondagens SPT [1], visando a determinação estratigráfica e classificação dos solos, a posição do nível d'água e a medida do índice de resistência à penetração  $N_{spt}$  [2]. O reconhecimento do solo através da sondagem SPT é a mais utilizada no mundo e também no Brasil, por ser a mais rápida e econômica, para investigação da resistência a penetração dos solos ( $N_{spt}$ ) [7].

É usual admitir que o solo se comporta como um material elástico linear, o que permite a utilização da Teoria da Elasticidade para calcular os recalques e a Teoria da Plasticidade para verificar a possibilidade do solo resistir as solicitações impostas. Essas duas teorias consideram o solo como um contínuo e são utilizadas como uma simplificação da realidade [4]. Porém o comportamento de um solo é essencialmente, não-linear e anisotrópico, e para se obter resultados de recalques e tensões mais próximos do real comportamento do solo são utilizados métodos numéricos. Os métodos numéricos mais utilizados na Engenharia de Fundações são o Método das Diferenças Finitas e o Método dos Elementos Finitos [4].

Atualmente outro método tem sido foco de pesquisadores, o Método dos Elementos Discretos (MED). Este método tem sido amplamente utilizado para resolver problemas de Engenharia relacionados a mecânica das rochas e dos solos. O método trata os elementos como materiais descontínuos e calcula todas as forças que atuam sobre uma partícula, sua posição e orientação é calculada integrando a segunda lei de Newton de movimento. Neste método supõe-se que a propagação das forças de contato de uma partícula se dá somente com as partículas mais próximas durante um intervalo de tempo escolhido, para isso são necessários cálculos consecutivos de iterações de partículas até o sistema atingir o equilíbrio [5]. O MED foi desenvolvido por Cundall e Strack em 1971 para ser utilizado em problemas de geologia e engenharia relacionados a mecânica das rochas e mecânica dos solos. No início dos anos de 1970-1980 foram desenvolvidas as ideias de movimento e deformação de sistemas de blocos/partículas [5].

---

<sup>1</sup>luucianacardoso@gmail.com

<sup>2</sup>manuel.binelo@gmail.com

<sup>3</sup>maiara.streda1997@hotmail.com

Os problemas relacionados à mecânica dos solos são geralmente modelados com uma aproximação de um meio contínuo elástico ou através dos Métodos das diferenças finitas e dos Elementos Finitos, este último sendo o mais conhecido e aplicado pelos softwares de cálculo estrutural. O MED está se tornando amplamente aceito como um método eficaz de abordagem de problemas de engenharia em materiais granulares e materiais descontínuos, especialmente em fluxos granulares, mecânica de rochas e propriedades de deformação de geomateriais [3].

Levando em consideração que uma modelagem matemática e computacional utilizando o MED pode representar os grãos como partículas e simular as forças atuantes do solo, calculando as forças que agem para cada partícula e definindo a equação de movimento delas no tempo. A pesquisa em desenvolvimento tem como objetivo modelar matematicamente e computacionalmente o ensaio de sondagem SPT, com a finalidade de entender fisicamente o comportamento do solo. As análises das propriedades do solo serão feitas pela comparação de resultados reais, obtidos através de ensaios de SPT com os resultados obtidos por meio de um modelo matemático e computacional que simula o comportamento do solo. O programa utilizado é o YADE, que faz uso do Método dos Elementos Discretos (MED) para resolver os problemas que envolvem o comportamento de partículas.

Para alcançar o objetivo principal primeiramente serão obtidos dados de ensaios de campo de sondagem SPT. Posteriormente será desenvolvida a modelagem matemática e computacional com (MED) do ensaio SPT no YADE, então serão comparados os deslocamentos obtidos através dos golpes do ensaio feito em campo com os os valores obtidos através das simulações e posteriormente serão verificados se os resultados obtidos na simulação computacional estão de acordo com os dados experimentais obtidos e se o modelo computacional criado pode representar o real comportamento do solo.

## Agradecimentos

Agradeço Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## Referências

- [1] ABNT, N. 6122 Projeto e execução de fundações. *Associação Brasileira de Normas Técnicas*. Rio de Janeiro, Brasil, 2010.
- [2] ABNT, N. 6484 Solo-Sondagens de Simples Reconhecimentos com SPT-Método de Ensaio. *Associação Brasileira de Normas Técnicas*. Rio de Janeiro, Brasil, 2001.
- [3] Badakhshan, E., Noorzad, A., Bouazza, A., Zameni, S., & King, L. A 3D-DEM investigation of the mechanism of arching within geosynthetic-reinforced piled embankment. *International Journal of Solids and Structures*, Volume 187, pages 58-74, 2020. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2019.03.035
- [4] Hachich, W. C., Falconi, F. F., Saes, J., Frota, R. G., Carvalho, C. S., & Niyama, S. *Fundações: teoria e prática*. Pini, São Paulo, 1998.
- [5] Jing, L., & Stephansson, O. *Fundamentals of Discrete Element Methods for Rock Engineering: Theory and Applications*. Developments in Geotechnical Engineering, Volume 85. Elsevier Science & Technology, 2007.
- [6] Lambe, T. W. & Whitman, R. V. *Soil mechanics SI version*. John Wiley & Sons, 2008
- [7] Schnaid, F., & Odebrecht, E. *Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações: 2ª edição*. Oficina de Textos, Rio de Janeiro, 2012