

ESTUDO DO ACOPLAMENTO DO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS E DO MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS NA ANÁLISE DE INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA



André Victor Sacone Gomes e Renato Pavanello
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA - UNICAMP
Departamento de Mecânica Computacional



Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica 2011 - PIBIC

Palavras-Chave: método dos elementos finitos, método dos elementos discretos, interação solo-estrutura

1. INTRODUÇÃO

Discrete Element Method – DEM

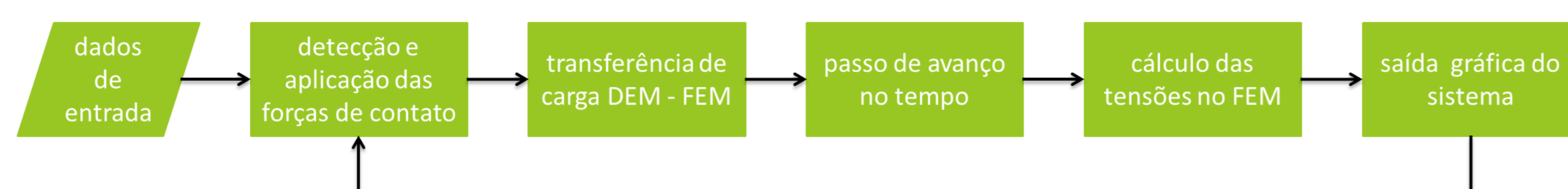
- grande vantagem para modelagem de materiais granulares e rochosos tanto sob carregamento estático quanto dinâmico
- o material granular/rochoso é modelado por um conjunto de esferas interagindo umas com as outras
- forças normais e tangenciais entre as esferas governam o movimento das esferas
- modelagem de descontinuidades é simplificada uma vez que são geradas pela perda do contato entre as esferas
- adequado para tratar domínios particulados com comportamento não linear

Finite Element Method – FEM

- amplamente reconhecido como sendo adequado para modelar domínios estruturais contínuos

DEM + FEM

- abordagem eficaz para abordar problemas onde o FEM é adequado para tratar parte do domínio da análise e o DEM é mais adequado para tratar outras partes
- exemplos desses problemas podem ser encontrados na interação de estruturas com um meio granular

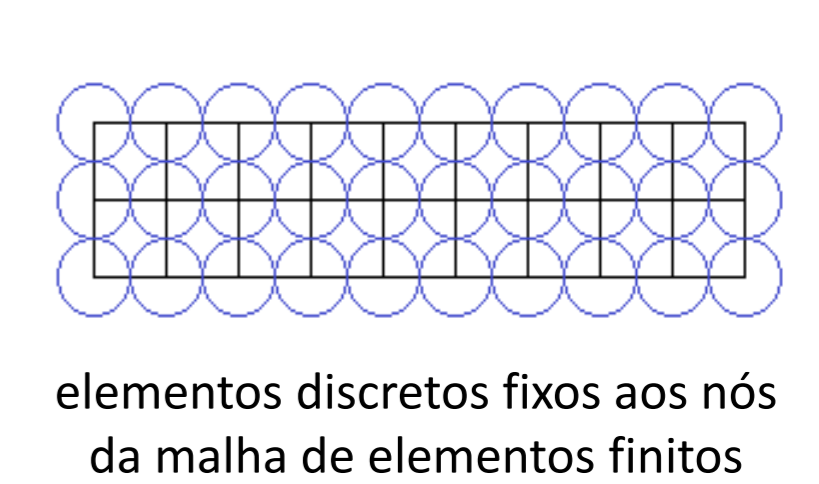
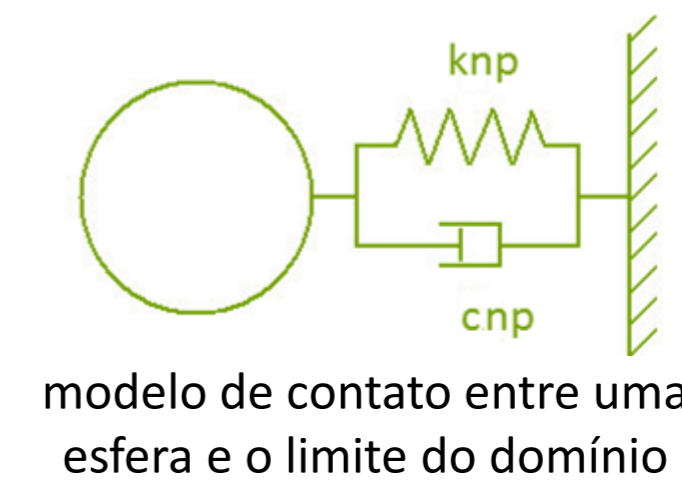
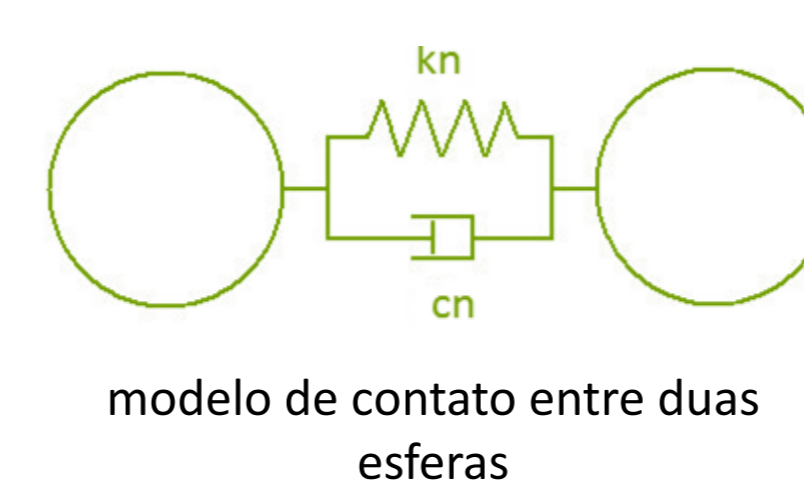


2. METODOLOGIA

Foi implementada uma formulação dinâmica explícita, seguindo os principais pressupostos utilizados por Cundall e Strack (1979), onde:

- o domínio particulado é modelado como um conjunto de discos rígidos, de diâmetros iguais, interagindo uns com os outros na direção normal.
- a deformação do material é concentrada nos pontos de contato
- leis de contato apropriadas permitem obter as propriedades macroscópicas desejadas do material
- uma vez detectado o contato entre um par de elementos as forças que ocorrem no ponto de contato são calculadas

Para tratar o problema de contato entre os dois métodos foi desenvolvido um modelo no qual é fixado um elemento discreto circular, iguais aos demais elementos do sistema, a cada nó da malha de elementos finitos. Esses elementos discretos foram desprezados na análise do método dos elementos finitos, mas permitem a detecção e cálculo da força de contato entre os elementos discretos e a malha de elementos finitos.

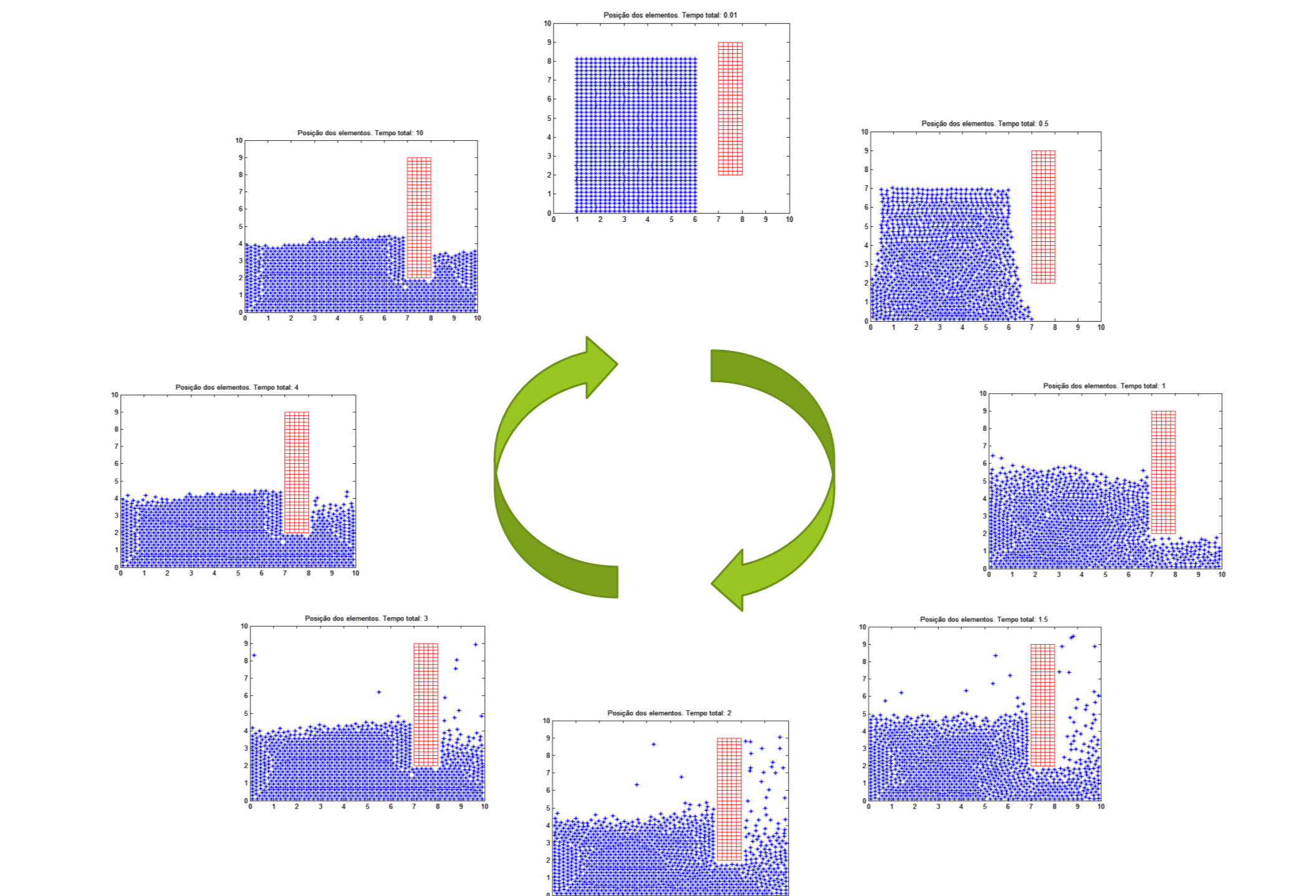


3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas duas configurações de contato, em ambos os casos as propriedades físicas do material são iguais:

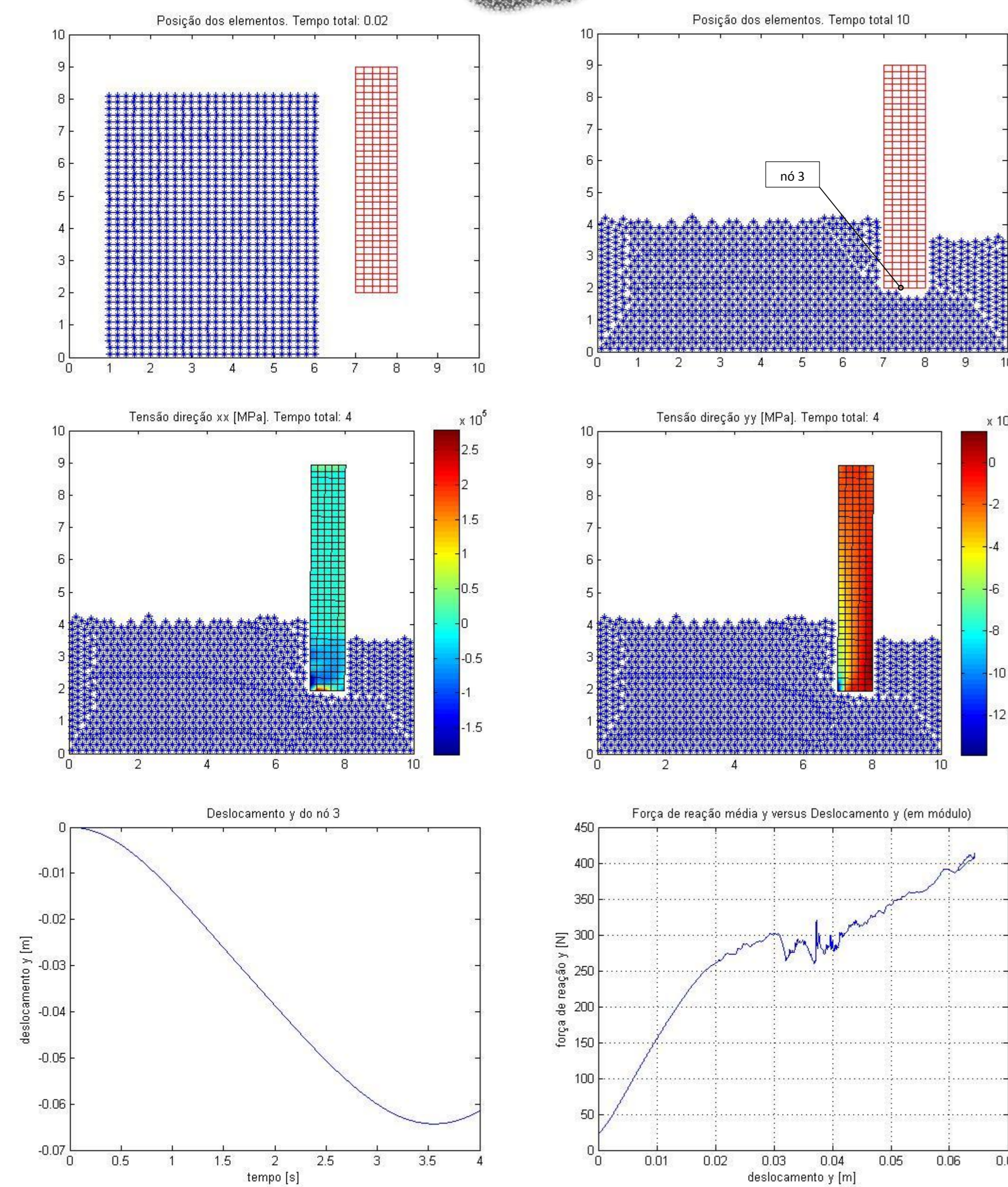
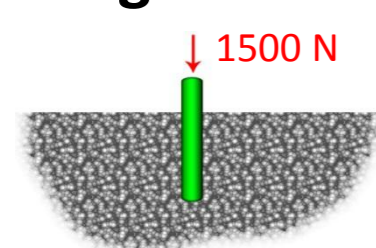
- estaca com 7 m de altura por 1 m de largura modelada por FEM
- viga com 5 m de comprimento por 1 m de largura modelada por FEM
- aço estrutural com 210 GPa de módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson de 0,3 e densidade de 7000 kg/m³
- solo modelado por DEM com partículas de raio de 0,1 m e massa de 1 kg cada

Para ambas configurações uma etapa inicial de adensamento numérico do solo se faz necessária, de forma a permitir a acomodação natural dos elementos em torno da estrutura.

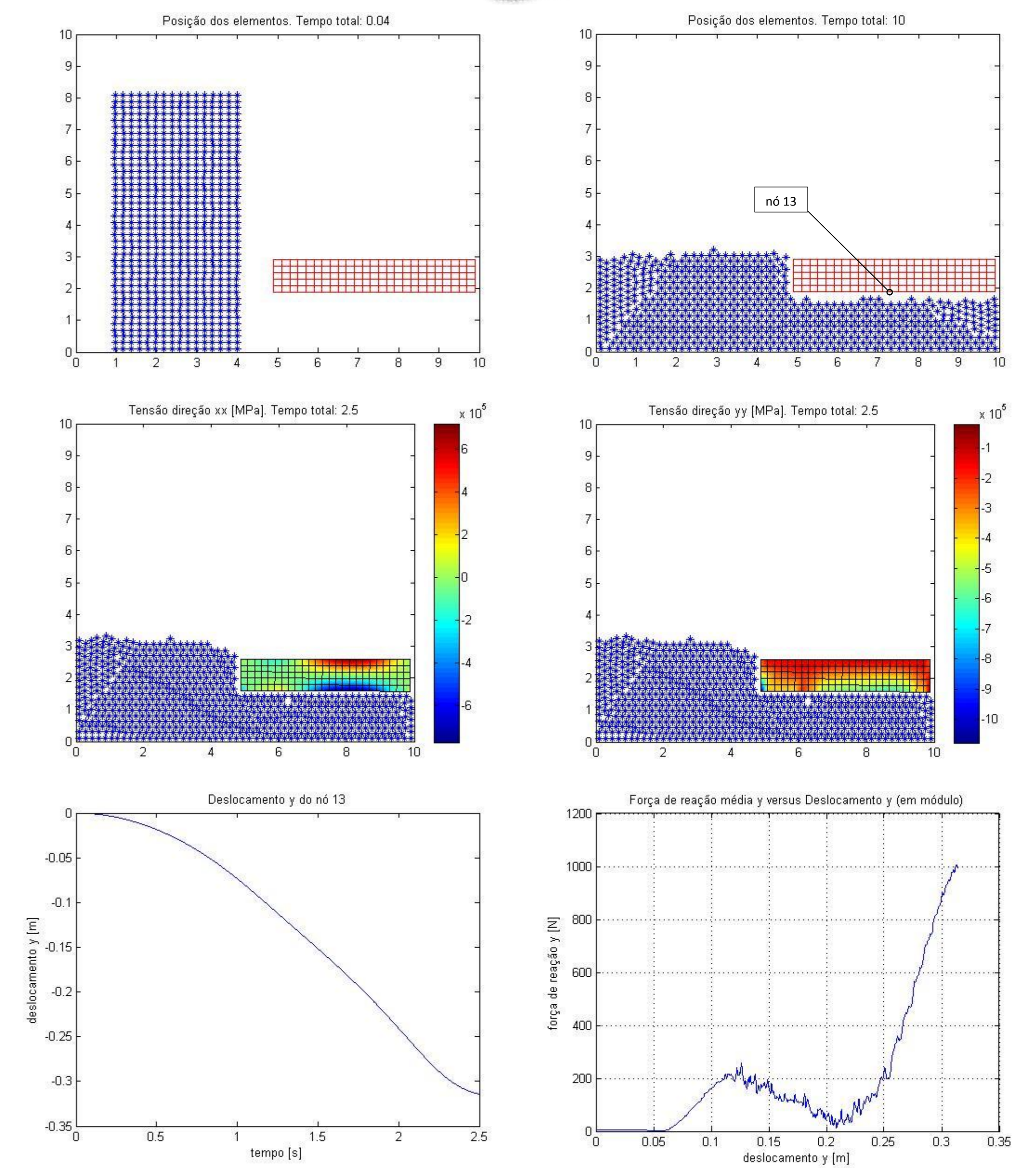
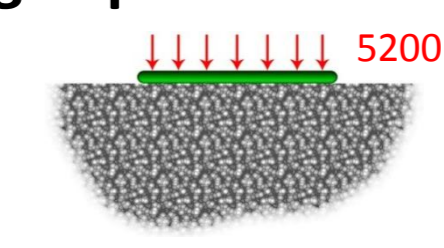


Após o adensamento são aplicadas forças constantes nos nós da face superior da malha de elementos finitos. Mapas de tensões e curvas de deslocamento em função do tempo são obtidas.

estaca engastada no solo



viga apoiada no solo



4. CONCLUSÃO

Foi implementado o acoplamento do método dos elementos finitos com o método dos elementos discretos na análise da interação entre uma estrutura com o solo a sustentando. Foram analisadas duas configurações de contato, a de uma estaca engastada no solo e a de uma viga com o solo a sustentando, ambas sujeitas a um carregamento de forças externo. Para ambos os casos foram obtidas curvas de deslocamento vertical da estrutura em função do tempo, e também os mapas de tensões do carregamento gerado pelo solo. Foram também geradas curvas da força de reação do solo em função do deslocamento sofrido pela estrutura a fim de investigar o comportamento da reação do solo com a acomodação das partículas.

Contato: andrevic.gomes@gmail.com

5. BIBLIOGRAFIA

- ASSAN, Aloisio Ernesto. **Método Dos Elementos Finitos**. Campinas: Editora Unicamp, 1999.
- BATHE, Klaus Jergen. **Finite Element Procedures in Engineering Analysis**. New York: Prentice Hall, 1982.
- CUNDALL, P. A.; STRACK, O. D. L.. A discrete numerical method for granular assemblies. **Geotechnique**, [s. L.], v. 29, n. 1, p.47-65, Mar. 1979.
- GOMES, A. V., Uma **implementação do método de elementos finitos à análise de problemas dinâmicos de interação solo-estrutura**. Projeto de Iniciação Científica – PIBIC, Unicamp, 2010.
- MUNJIZA, Antonio. **The Combined Finite-Discrete Element Method**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2004.
- OÑATE, E.; ROJEK, J.. Combination of discrete element and finite element methods for dynamic analysis of geomechanics problems. **Computer Methods In Applied Mechanics And Engineering**, [s. L.], p. 3087-3128. 9 July 2004.