



SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE UMA PROVA DE CARGA EM FUNDAÇÃO RASA

Luisa Alvim da Cunha

Washington Oliveira Freitas

Prof. orientador: Dr. Leandro Neves Duarte

Prof. co-orientador: M.Sc. Tales Moreira de Oliveira

Prof. convidado: Dr. Heraldo Nunes Pitanga

INTRODUÇÃO

O estudo das fundações tem como finalidade a determinação de melhores práticas e técnicas executivas que resultem em um menor custo global da obra sem prejuízos à sua segurança e a estabilidade da estrutura. No entanto, estes estudos são em sua maioria, voltados para as fundações profundas, ou seja, estruturas que envolvem maiores custos.

OBJETIVO

- ❖ Ampliar os conhecimentos acerca da utilização de fundações rasas;
- ❖ Avaliar o comportamento carga recalque de uma prova de carga realizada em fundação rasa rígida através da simulação numérica.

FUNDAÇÕES RASAS

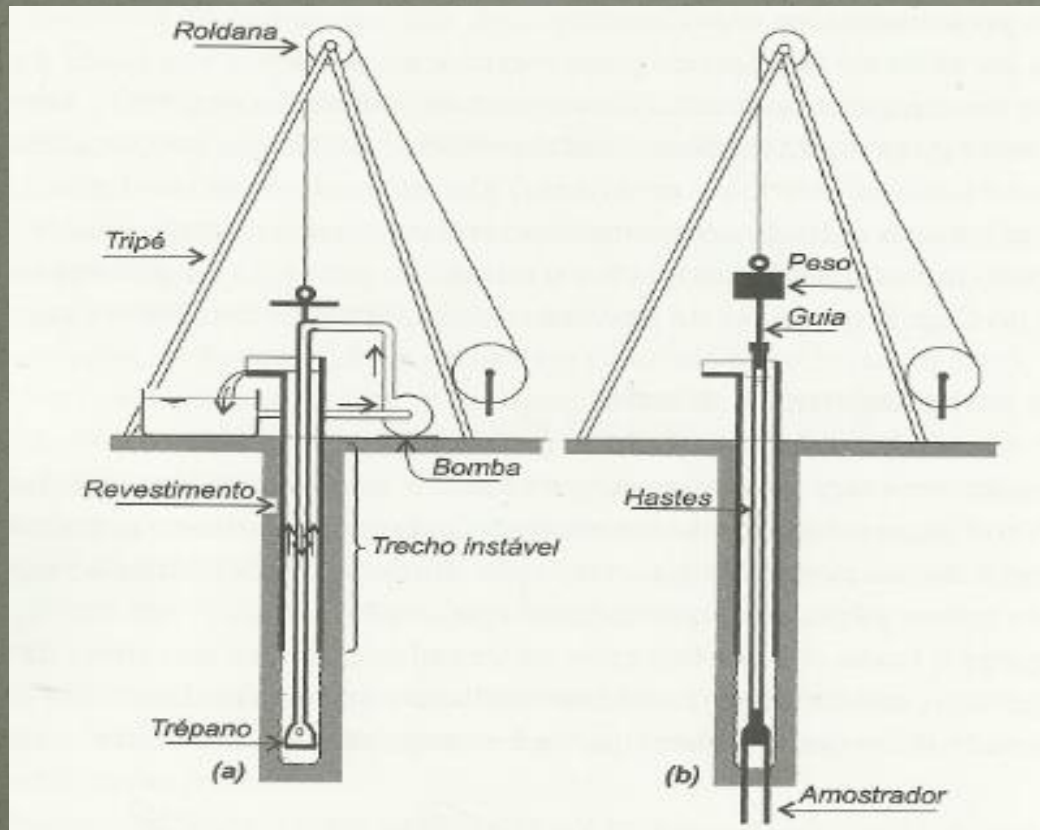
- ❖ Pequenas profundidades;
- ❖ Solos que apresentam boa capacidade de suporte;
- ❖ Análises básicas: Tensões admissíveis e deformações.

INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

- ❖ Identificar e caracterizar o comportamento do solo;
- ❖ Escolha da técnica adequada a ser empregada.

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO - SPT

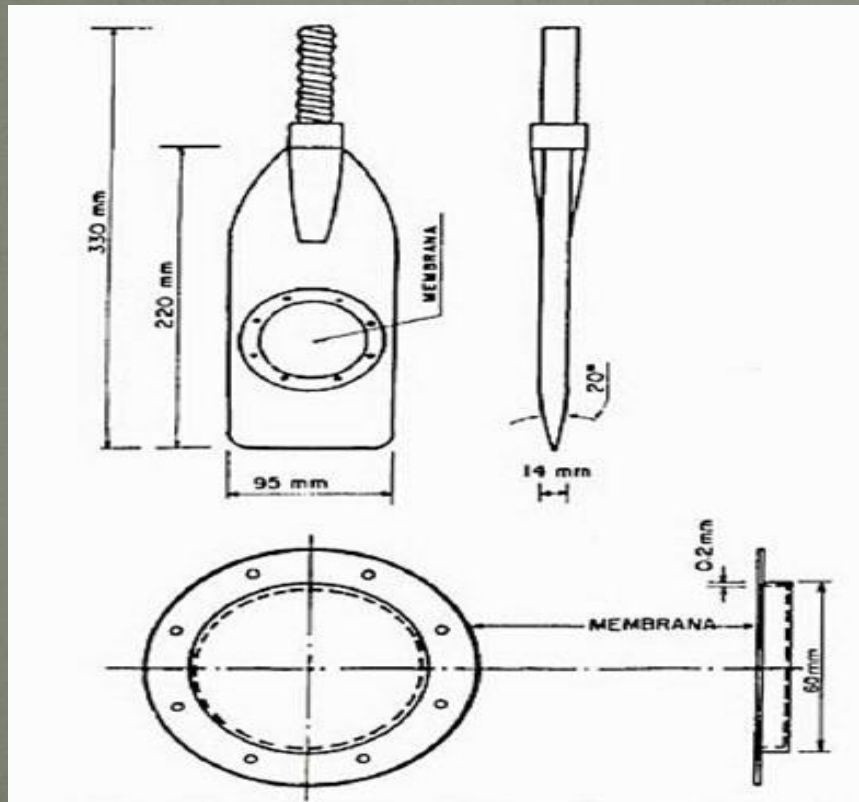
Figura 1 – Etapas do ensaio de sondagem a percussão



- ❖ Equipamento padronizado;
- ❖ Peso 65 kg;
- ❖ Altura de queda 75 cm;
- ❖ Obtenção do N_{SPT} .

SONDAGEM DILATOMÉTRICA DMT

Figura 2 – Detalhes do dilatômetro de Marchetti

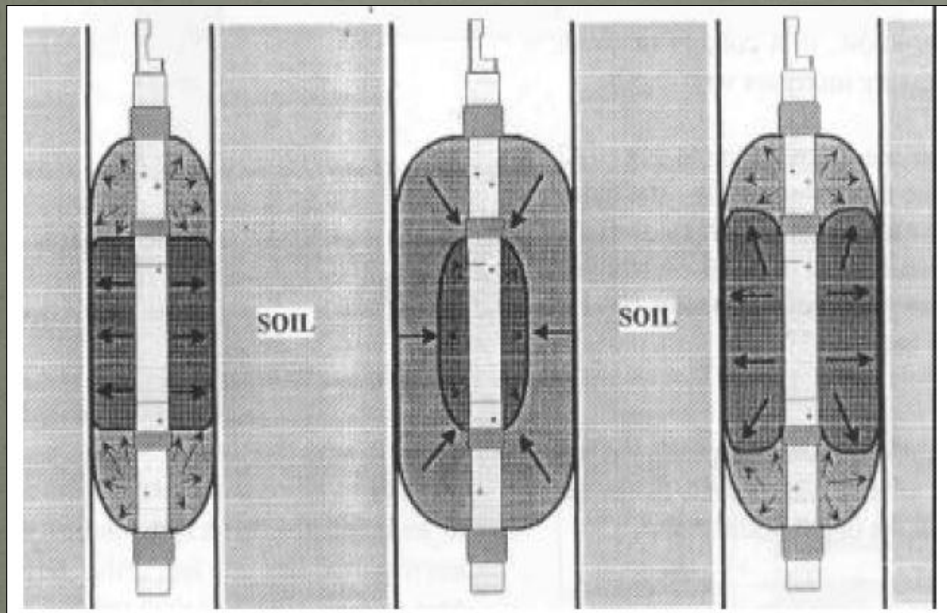


- ❖ Deslocamento da membrana;
- ❖ Correlação com a variação volumétrica;
- ❖ Módulo dilatométrico;
- ❖ Módulo de elasticidade.

SONDAGEM PRESSIOMÉTRICA

PMT

Figura 3 – Expansões que a sonda pode apresentar



Fonte: ARAUJO, 2001

- ❖ Expansão da célula cilíndrica;
- ❖ Variação volumétrica;
- ❖ Módulo pressiométrico.

CAPACIDADE DE CARGA

- ❖ Surgimento de recalques excessivos ou rupturas por cisalhamento do solo devido a sobrecargas;
- ❖ Determinação da tensão admissível e recalque;
- ❖ Teoria de Terzaghi (1943);
- ❖ Teoria de Meyerhof (1951, 1963).

ESTIMATIVA DE RECALQUE

A compressibilidade dos solos provem da deformação e/ou deslocamento de suas partículas, além da expulsão da água ou do ar de seus poros vazios.

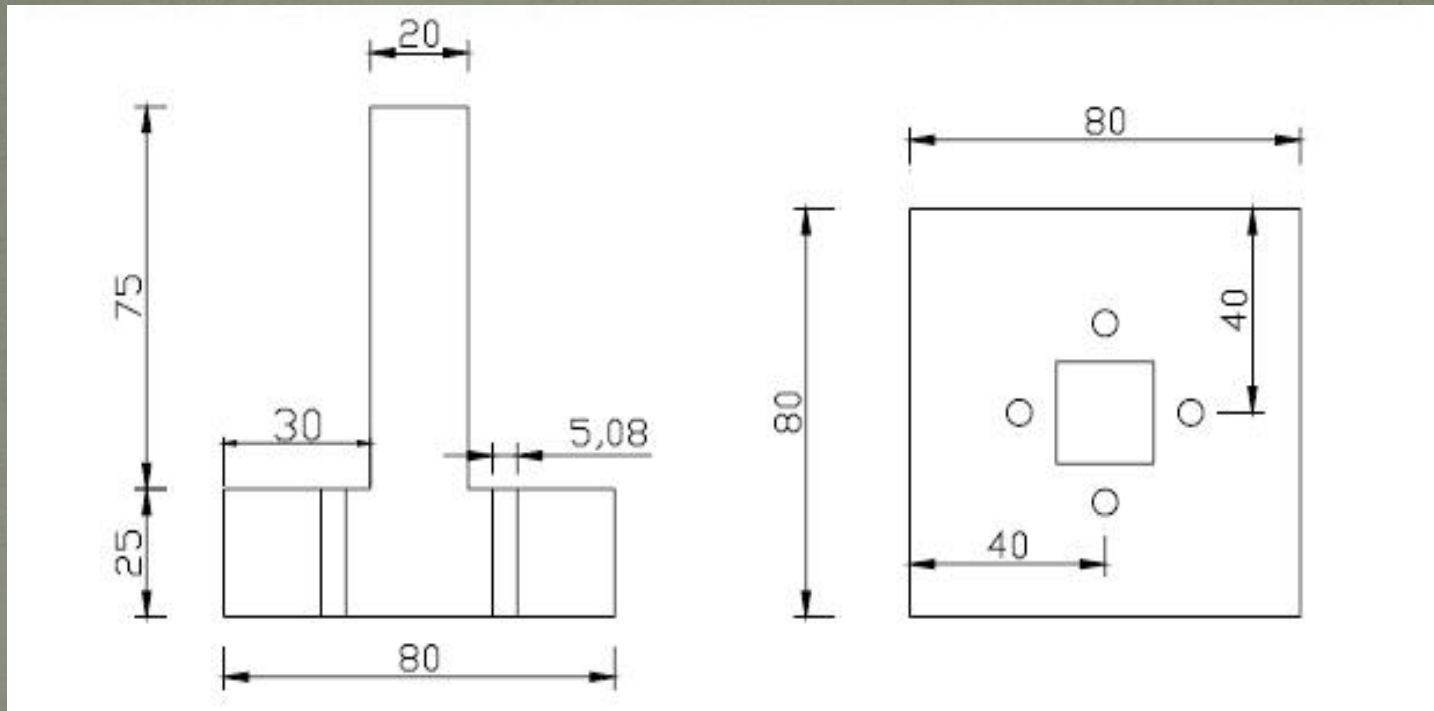
- ❖ Recalque elástico ou imediato;
- ❖ Recalque por adensamento primário;
- ❖ Recalque por compressão secundária.

ELEMENTO SOLO

Foram realizados os ensaios para estimar a capacidade de carga e os recalques de fundações rasas. Para este estudo foram realizados os ensaios de campo para um solo residual de gnaisse, tais como, ensaios de resistência à penetração (SPT), ensaio pressiométrico de Ménard (PMT) e ensaio dilatométrico de Marchetti (DMT), além de ensaios de caracterização física e mecânica (DUARTE, 2006).

ELEMENTO DE FUNDAÇÃO

Figura 4 – Elemento de fundação e suas respectivas dimensões (em centímetros)



Fonte: DUARTE, 2006

ELEMENTO DE FUNDAÇÃO

Figura 5 – Sapata pré-fabricada em concreto armado



Fonte: DUARTE, 2006

PROVA DE CARGA

Figura 6 – Esquema geral da prova de carga



Fonte: DUARTE, 2006

DISPOSITIVOS BETA

Figura 7 – Detalhe dos dispositivos “BETA”



Fonte: DUARTE, 2006

MONITORAMENTO DA SAPATA

Figura 8 – Detalhe da instalação dos extensômetros



Fonte: DUARTE, 2006

DADOS PARA SIMULAÇÃO

DMT	
Prof. (m)	E' (Mpa)
0,20	6,75
0,40	6,28
0,60	15,25
0,80	14,85
1,00	16,13
1,20	28,14
1,40	26,25
1,60	23,82
1,80	23,89
2,00	17,08
2,20	18,36
2,40	15,93
2,60	10,53
2,80	11,27
3,00	9,58

DMT

- ❖ Mód. elasticidade : 16274,70 kPa
- ❖ Coeficiente de Poisson: 0,33
- ❖ Peso específico do solo: 16,44 kN/m³

PMT

- ❖ Mód. elasticidade : 3243,91 kPa
- ❖ Coeficiente de Poisson: 0,33
- ❖ Peso específico do solo: 16,44 kN/m³

SAPATA

- ❖ Mód. elasticidade : 25000 MPa
- ❖ Coeficiente de Poisson: 0,2
- ❖ Peso específico do concreto: 25 kN/m³

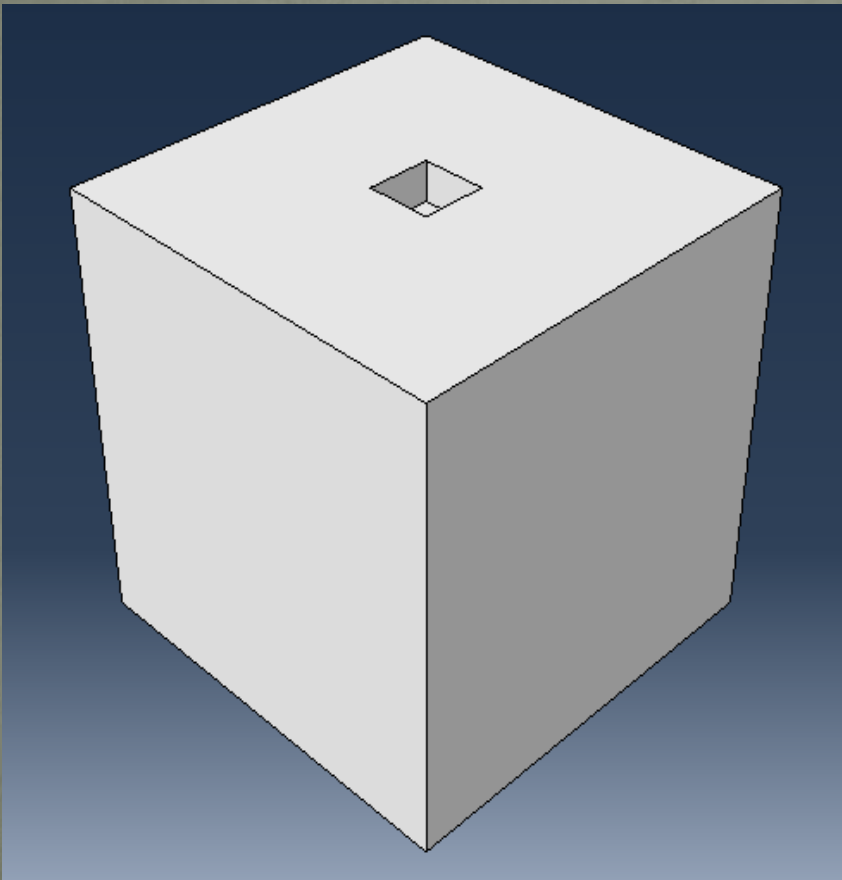
PMT	
Prof. (m)	Em(Mpa)
0,60	2,66
1,20	4,42
1,80	3,19
2,40	3,52
3,00	2,95
3,60	3,14
4,20	3,42
4,80	2,63

ANÁLISE NUMÉRICA ABAQUS

- ❖ Avaliação do comportamento dos materiais por simulação numérica através do método dos elementos finitos, e que consiste em vários módulos;
- ❖ Definição das propriedades dos materiais;
- ❖ Aplicação de cargas e condições de contorno;
- ❖ Geração de malhas de elementos finitos correspondente ao corpo em estudo.

MODELAGEM DA ESTRUTURA DO MACIÇO

Figura 9 – Estrutura de solo com esboço da cova da sapata



- ❖ Dimensões: 6,40 x 6,40 x 8,00 m
- ❖ Prof. da cova da sapata; 0,55 m

DMT

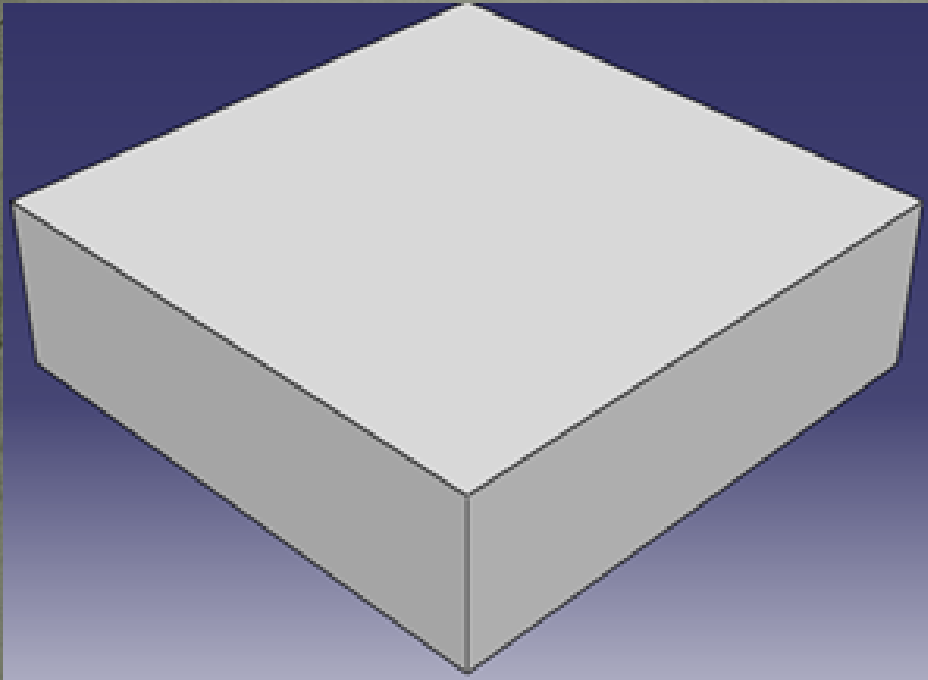
- ❖ Mód. elasticidade : 16274,70 kPa
- ❖ Coeficiente de Poisson: 0,33
- ❖ Peso específico do solo : 16,44 kN/m³

PMT

- ❖ Mód. elasticidade : 3243,91 kPa
- ❖ Coeficiente de Poisson: 0,33
- ❖ Peso específico do solo : 16,44 kN/m³

MODELAGEM DO ELEMENTO DE FUNDAÇÃO

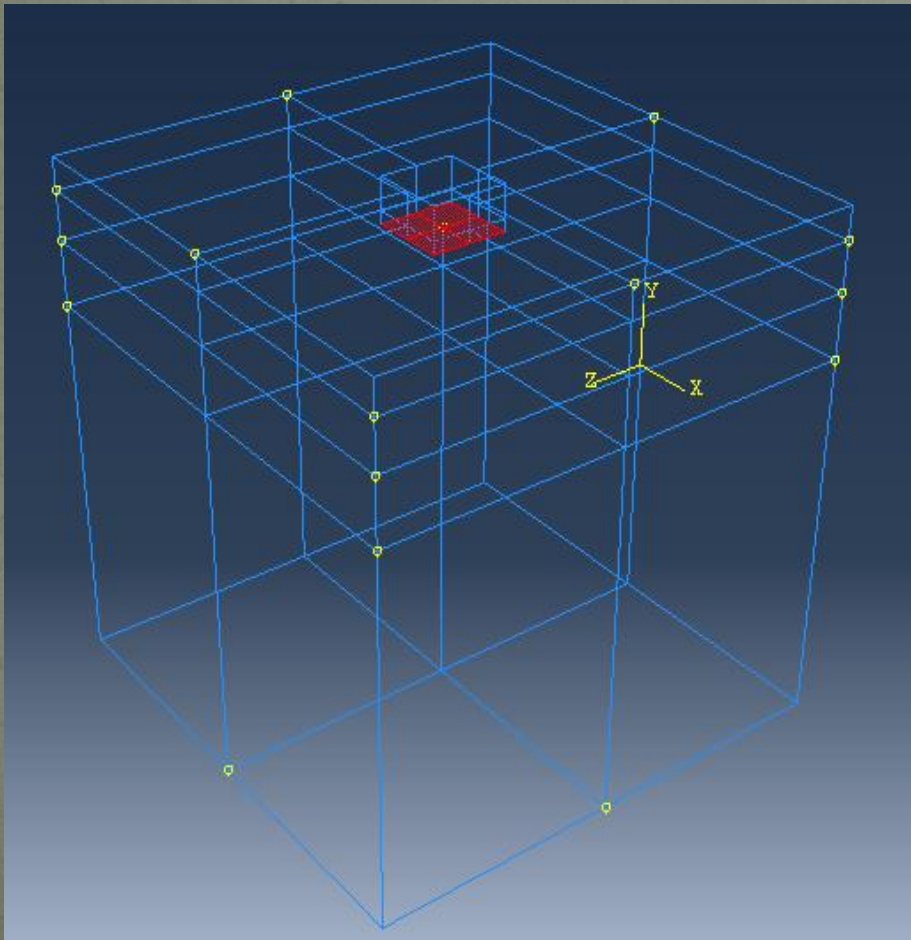
Figura 10 – Esboço da sapata



- ❖ Dimensões: 0,80 x 0,80 x 0,25 m
- ❖ Mód. elasticidade : 25000 Mpa
- ❖ Coeficiente de Poisson: 0,2
- ❖ Densidade do concreto: 25 kN/m³

MONTAGEM DA ESTRUTURA

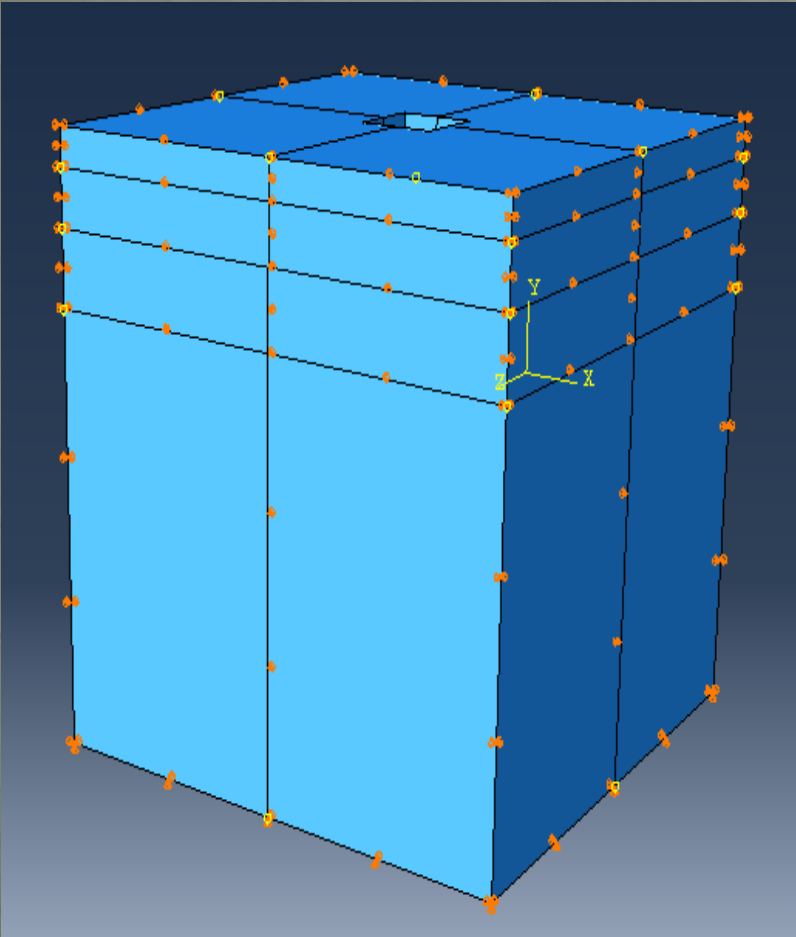
Figura 11 – Superfície de contato e ponto de monitoramento



- ❖ Particionamento da estrutura;
- ❖ Criação de pontos de referências;
- ❖ Definição de superfícies *Master* e *Slave*;
- ❖ Definição do ponto de monitoramento.

CONDIÇÕES DE CONTORNO

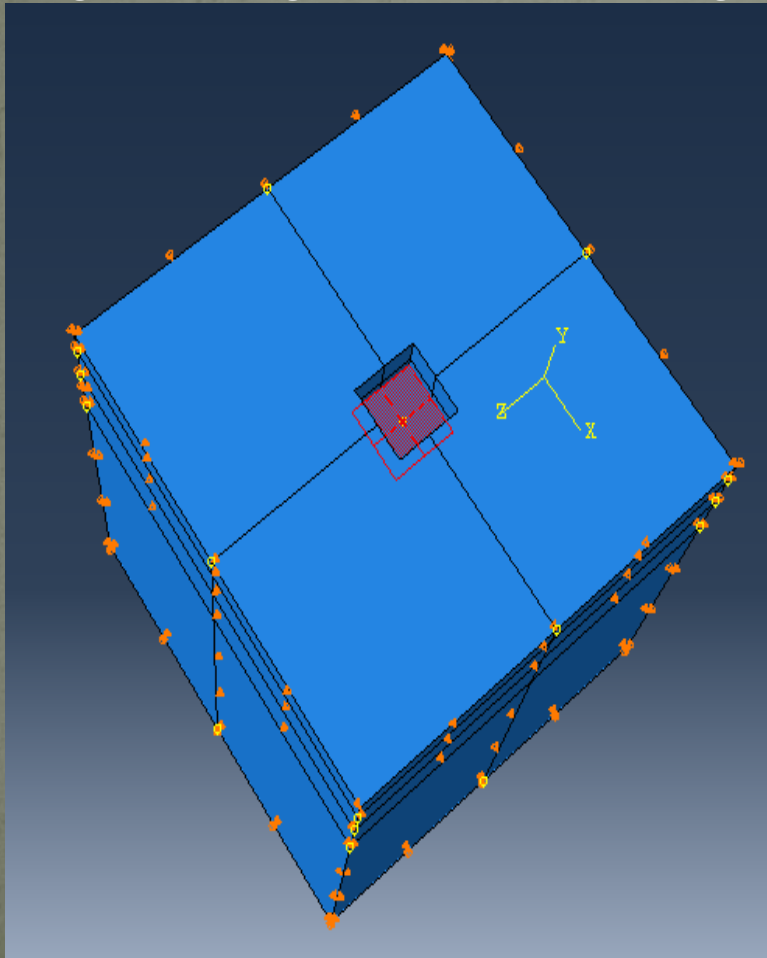
Figura 12 – Condições de contorno aplicadas



- ❖ Limitação dos deslocamentos das faces laterais;
- ❖ Limitação dos deslocamentos da face inferior;
- ❖ Limitação da estrutura quanto à rotação.

CARREGAMENTO DA SAPATA

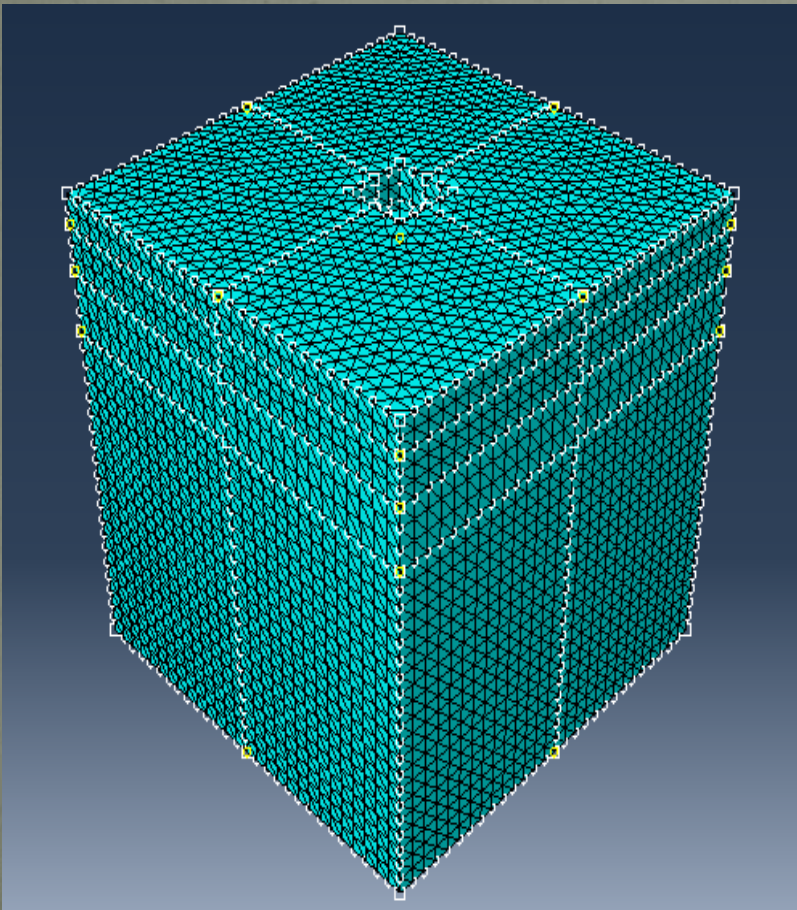
Figura 13 – Região de aplicação da carga



- ❖ Aplicação de carga distribuída na superfície da sapata: 351,56 kPa;
- ❖ Carga no sentido da gravidade;
- ❖ Geração dos deslocamentos.

GERAÇÃO DA MALHA

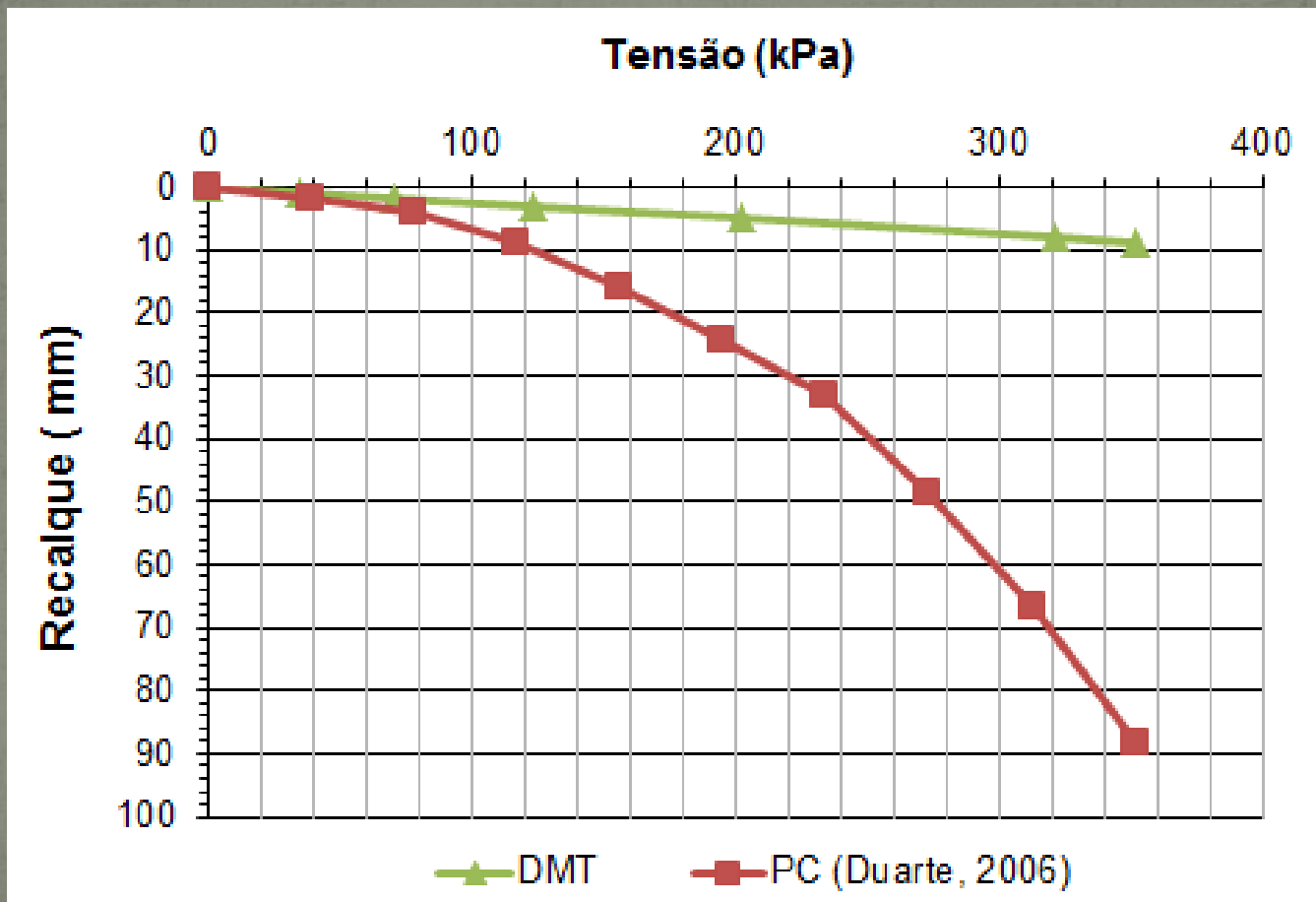
Figura 14 – Estrutura compartimentada em malhas



- ❖ Criação de malhas tetraédricas nos dois elementos;
- ❖ Possibilidade de execução da simulação 3D.

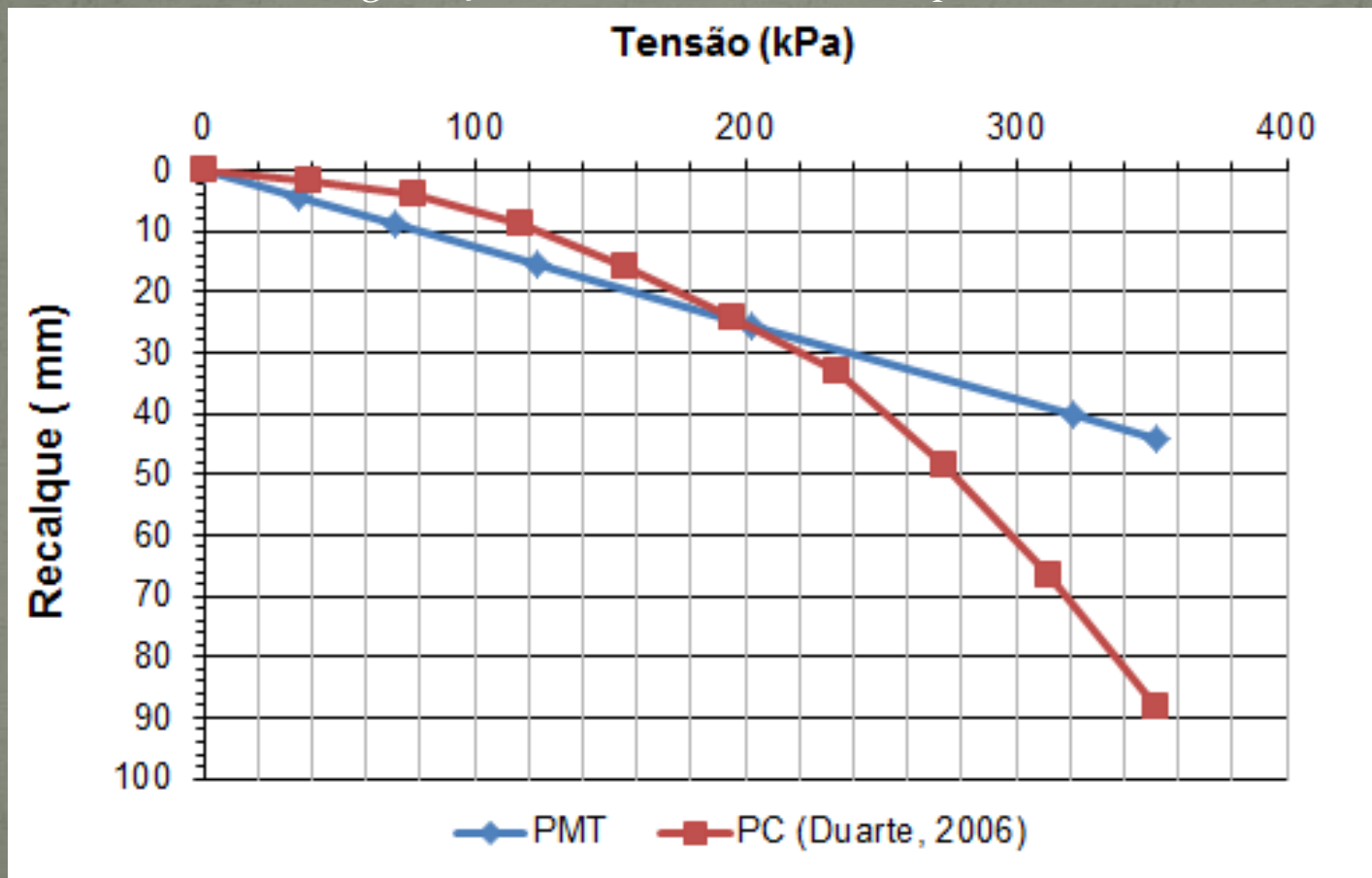
RESULTADO SIMULAÇÃO - DMT

Figura 16 – Gráfico Tensão x Recalque - DMT



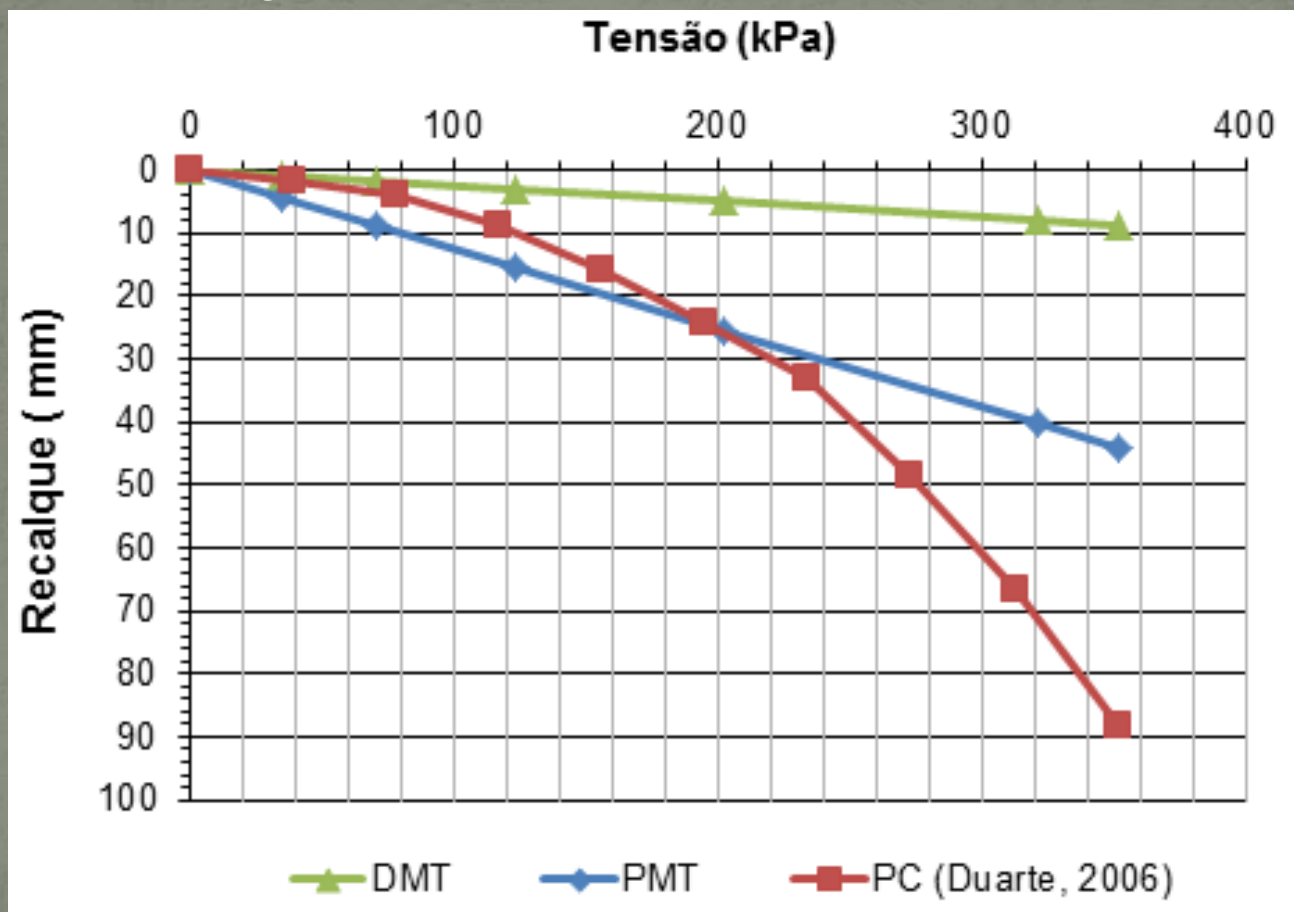
RESULTADO SIMULAÇÃO - PMT

Figura 17 – Gráfico Tensão x Recalque - PMT



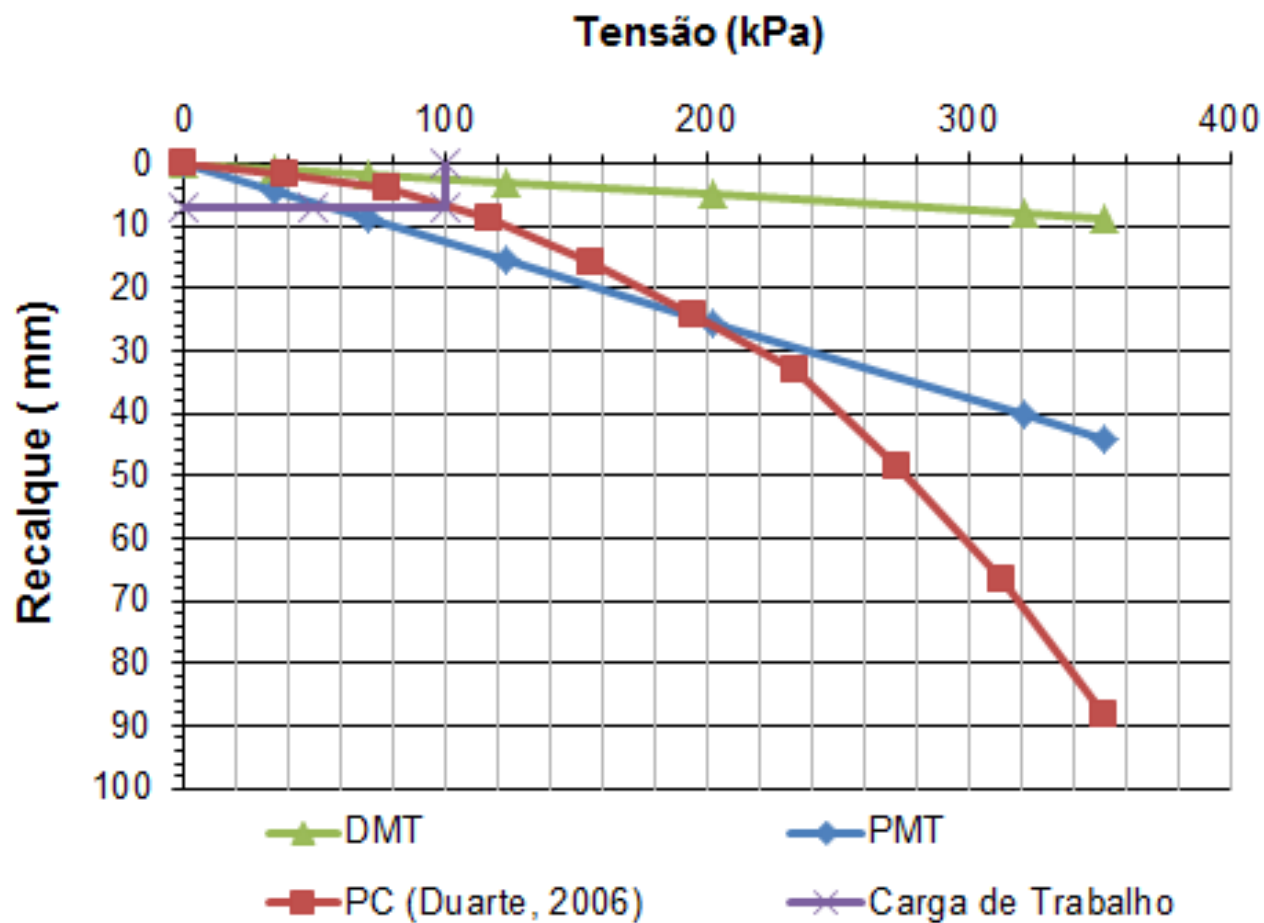
COMPARATIVO DMT x PMT x PC

Figura 18 – Gráfico Tensão x Recalque comparativo



CARGA DE TRABALHO

Figura 19 – Gráfico de análise das cargas admissíveis



❖ Método de Boston (VARGAS, 1955)

❖ Carga de trabalho 100 kPa

❖ DMT: 3 mm

❖ PC: 7 mm

❖ PMT: 12 mm

CONCLUSÕES

A simulação numérica realizada com os parâmetros obtidos através do ensaio DMT, gerou resultados de recalque um pouco menores quando comparado ao comportamento carga recalque observado em campo.

Por outro lado, a simulação numérica quando realizada com os parâmetros obtidos através do ensaio PMT, representou melhor o comportamento da prova de carga no seu trecho elástico da curva tensão versus recalque, ou seja, o trecho referente às pequenas deformações.

SUGESTÕES

- ❖ Verificar novas condições para modelagem da estrutura e realização da simulação;
- ❖ Considerar maciços heterogêneos para simulação;
- ❖ Monitorar outros pontos de deslocamento;
- ❖ Considerar a não linearidade dos recalques.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao nosso professor orientador Leandro Duarte Neves; ao co-orientador Tales Moreira de Oliveira e ao professor convidado Heraldo Nunes Pitanga.

Gostaríamos de agradecer também às nossas famílias e amigos pelo incentivo e compreensão nos momentos de ausência.

Tudo posso naquele que me fortalece!

REFERÊNCIAS

- ❖ ARAUJO, S. P. M. **O ensaio pressiométrico de Ménard e sua utilização na estimativa da capacidade de carga e recalque de fundações assentes em solo residual de gnaissé.** 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- ❖ DAS, B. M. **Fundamentos de engenharia geotécnica: Tradução da 6ª edição americana.** São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- ❖ DUARTE, L. N. **Análise de prova de carga instrumentada em uma sapata rígida.** 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- ❖ SCHNAID, F. 2000. **Ensaio de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações.** São Paulo: Oficina de Textos.

OBRIGADO PELA
ATENÇÃO!