



Ensaio Pressiométricos no Campo Experimental de FURNAS

Agnes Miranda Garcia

Graduanda Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA)/Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, agnesmiranda@discente.ufg.br

Carolina Milhomem da Mota Pereira

Graduanda Engenharia Civil, EECA/UFG, Goiânia, Brasil, carolmilhomem@discente.ufg.br

Vinícius Naves de Oliveira

Doutorando Geotecnia, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil (PPGGECON), EECA/UFG, Goiânia, Brasil, viniciusnaves@discente.ufg.br

Renato Resende Angelim

Professor PPGGECON da EECA/UFG, Goiânia, Brasil, angelim@ufg.br

Maurício Martines Sales

Professor PPGGECON da EECA/UFG, Goiânia, Brasil, mmartines@ufg.br

Renato Marques Cabral

Gerente Dpto., Eletrobras-Furnas, professor UEG, Anápolis, Brasil, renatocg@furnas.com.br

Carlos Antônio Reis da Silva

Gerente Divisão DIST.E, Eletrobras-Furnas, Goiânia, Brasil, carlosr@furnas.com.br

RESUMO: O Campo Experimental do Centro Tecnológico em Engenharia Civil de Furnas, localizado em Aparecida de Goiânia–GO, foi criado para o estudo de fundações sujeitas à esforços dinâmicos, situação típica de fundações de aerogeradores. A primeira fase da caracterização geológico-geotécnica do solo, realizada por Ferreira *et al.* (2019, 2022), apresentou uma extensa bateria de ensaios de laboratório por meio de amostras indeformadas, retiradas de um poço de amostragem, inclusive com ensaios triaxiais CD. Numa segunda fase, objeto deste trabalho, foram realizados ensaios pressiométricos (PMT) para estudar o comportamento mecânico do solo no tocante à deformabilidade *in situ*. Foram feitos furos à trado até a profundidade de 5,5 m e ensaios PMTs, do tipo Ménard, na cota de cada metro, conforme avanço da perfuração. Os resultados obtidos foram os módulos Ménard (E_M) e as pressões limites (p_L) do perfil, bem como a determinação da coesão do ângulo de atrito via ajuste de curva (teoria de expansão de cavidade) e a comparação entre os resultados pressiométricos e triaxiais. Concluiu-se que o pressiómetro apresentou sensibilidade na detecção do comportamento de materiais geotécnicos diferentes.

PALAVRAS-CHAVE: Investigação Geotécnica, Pressiómetro Ménard, Deformabilidade, Módulo Ménard, Expansão de Cavidade.

ABSTRACT: The Experimental Field of the Civil Engineering Technology Center in Furnas, located in Aparecida de Goiânia–GO, was created for the study of foundations subjected to dynamic loads, a typical situation for wind turbine foundations. The first phase of the geological-

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





geotechnical characterization of the soil, carried out by Ferreira et al. (2019, 2022), presented an extensive battery of laboratory tests using undisturbed samples, taken from a sampling well, including triaxial CD tests. In a second phase, the subject of this paper, pressuremetric tests (PMT) were carried out to study the mechanical behavior of the soil in terms of in situ deformability. Pressuremeter boreholes were drilled to a depth of 5.5 m and Ménard-type PMTs were performed at each meter level, as the drilling progressed. The obtained results were the Ménard moduli (E_M) and the limit pressures (p_L) of the profile, as well as the determination of the cohesion of the friction angle through curve fitting (cavity expansion theory) and the comparison between the pressuremetric and triaxial results. It was concluded that the pressuremeter was sensitive in detecting the behavior of different geotechnical materials.

KEYWORDS: Geotechnical Investigation, Ménard Pressiometer, Deformability, Ménard Module, Cavity Expansion.

1 Introdução

A obtenção de informações específicas sobre o solo é fundamental para projetos geotécnicos seguros e econômicos. Essas informações são essenciais para a adequada seleção das fundações e dimensionamento das estruturas, de modo a garantir a estabilidade e segurança da edificação ao longo do tempo (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015).

No Brasil, as investigações geotécnicas preliminares *in situ* são frequentemente realizadas por meio do ensaio SPT (*Standard Penetration Test*), devido à sua simplicidade e baixo custo. Esse ensaio fornece informações sobre o nível d'água, a resistência à penetração (N_{SPT}) e a estratigrafia do solo, sendo amplamente utilizado para estimar os recalques e a capacidade de carga das fundações (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015). No entanto, segundo Schnaid e Odebrecht (2012) o ensaio SPT possui algumas desvantagens, como a diversidade de procedimentos utilizados no ensaio e à pouca racionalidade de alguns métodos de uso e interpretação. Assim, torna-se necessário complementar as investigações *in situ* com outros ensaios como o Penetração de Cone/Piezocône, Dilatométrico, Palheta e Pressiométrico que possam fornecer informações mais detalhadas sobre o comportamento do solo

Entre os ensaios *in situ*, o ensaio pressiométrico (PMT) ganha destaque por possuir uma base teórica sólida. Esse ensaio fundamenta-se na interpretação da expansão de uma cavidade cilíndrica infinita no interior do solo, utilizando conceitos da teoria da Elasticidade e da Plasticidade. Essa abordagem confere maior credibilidade aos resultados em comparação com ensaios que utilizam correlações empíricas. (DOURADO, 2005).

Com isso, no Brasil, o PMT torna-se particularmente relevante nas investigações de campo, para determinação do comportamento tensão-deformação de solos, entretanto sua aplicação ainda é escassa em Solos Tropicais (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2015).

Nesse sentido, esse trabalho apresenta os resultados de ensaios PMTs realizados no Campo Experimental do Centro Tecnológico em Engenharia Civil de Furnas (CE-Furnas), localizado em Aparecida de Goiânia-GO, que possui dois modelos reduzidos de aerogeradores e de torres eólicas com 10 e 40 m de altura e duas plataformas de coleta de dados meteorológicos e uma área de estudos de provas de carga. O CE-Furnas surgiu com diversos propósitos técnicos, sendo um deles, o de investigar o desempenho das fundações submetidas a carregamentos dinâmicos, causados pelas ações do vento no sistema dessas torres.

O objetivo deste estudo é dar continuidade a caracterização físico-mecânica do solo do perfil do Campo Experimental de Furnas buscando parâmetros de resistência e deformabilidade

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



obtidos pela curva pressiométrica corrigida como o módulo pressiométrico ménard (E_M), a pressão limite (p_L) e a estimativa da tensão horizontal estimada (σ_H), além de outros como coesão (c) e ângulo de atrito interno do solo (ϕ) por processo analítico de ajuste de curva pela teoria da expansão de cavidade cilíndrica. Também são objetivos, comparar os módulos pressiométricos com os de laboratório (CDnat) realizados por Ferreira *et al.* (2022) no CE-Furnas e com outros resultados PMTs realizados dentro do Estado de Goiás e DF.

2 Ensaios Pressiométricos realizados na Região Metropolitana de Goiânia e Brasília.

Na literatura, a primeira utilização do pressiômetro na região foi na capital goiana na construção do *Shopping Bougainville*, realizado por Oliveira (1990). Garcia e Pereira (2023) colecionaram os dados apresentados na Tabela 1 com os principais trabalhos na região.

Tabela 1. Emprego do PMT na região Centro-Oeste

| Autor (ano) | Ensaios | Detalhes |
|---|--|---|
| Oliveira (1990) | 3 furos/5 testes – Solo saprolítico de Micaxisto | Módulos Pres. Ménard (E_M) entre 1,9 e 3,6 Mpa para 0,5m prof. e entre 4,6 e 5,3 Mpa para 2,0 m - <i>Shopping-GO</i> . |
| Ortigão <i>et al.</i> (1996) | série de ensaios <i>in situ</i> em profundidades entre 3 e 20 metros - Asa Sul de Brasília | Além dos resultados pressiométricos (E_M e p_L), os parâmetros de coesão (c) e ângulo de atrito (Φ) do solo foram obtidos por meio de técnicas de ajuste de curva - (Asa Sul-BSB). |
| Mota (2003) | 3 ensaios no campo experimental da UnB | Um ensaio em período chuvoso e 2 no período seco - (CE-UNB). |
| Cunha <i>et al.</i> (2004) | 3 furos na região metropolitana de Goiânia. | Obtenção de ϕ' e c' utilizando o modelo de ajuste de curvas – Projeto de Metrô de Goiânia |
| Angelim (2011) e Angelim <i>et al.</i> (2016) | Ensaios em solo fino compactado | Realizado em aterro compactado na ombreira esquerda da barragem do Ribeirão João Leite em Goiânia - (CE-João Leite). |
| Machado (2020) | 42 ensaios PMT, distribuídos em 7 furos | 3 furos na estação úmida e 4 na estação seca no Campo Experimental da Escola de Engenharia Civil e Ambiental (CE-EECA) da UFG. |

Goulart (2021) retroanalisou os dados obtidos por Machado (2020) no CE-EECA por meio do *software* PLAXIS 2D®, possibilitando a obtenção dos parâmetros de deformabilidade e resistência do solo. Câmara, Angelim e Merabet Jr. (2023) realizaram outra retroanálise dos ensaios de Machado (2020), utilizando outro método analítico de expansão de cavidade, com a metodologia analítica proposta por Yu e Houlsby (1991).

3 Características geológico-geotécnicas do local e condução dos ensaios desse estudo

O CE-Furnas, com área de 1.200 m², na cidade de Aparecida de Goiânia-GO, foi criado com a finalidade de estudar o desempenho das fundações de torres de aerogeradores sujeitas ao efeito de carregamentos dinâmicos oriundos da ação dos ventos (Ferreira *et al.*, 2019).

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



Segundo Ferreira *et al.* (2019; 2022), para caracterização do perfil foram retiradas amostras de poço (coordenadas 16° 47' 44,019" S e 49° 13' 51,822" O), até a profundidade de 7,5 m e duas sondagens SPT, uma em julho de 2017 (SPT1), interrompida a 15,27 m e com nível d'água à 5,40 m de profundidade e a segunda em novembro de 2019 (SPT2), interrompida à 15,45 m, N.A. à 4,44 m. As sondagens estão apresentadas na Figura 1.

A partir das análises granulométricas, Ferreira *et al.* (2019; 2022) classificaram como areia argilosa o solo da camada superficial, enquanto nas profundidades de 2,0 a 7,0 m, foi observada uma alteração para silte arenoso, com a presença de pedregulhos em todo o perfil. Pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), o solo do perfil se enquadrava como silte argiloso de alta plasticidade (MH-CH). Os índices físicos médios encontrados por Ferreira *et al.* (2022) para o perfil foram: $\gamma_d = 14,2 \text{ kN/m}^3$, $e = 0,88$ e a umidade no perfil variou de 20,9 a 28,9%

Ferreira *et al.* (2019; 2022) realizaram para cinco profundidades do perfil ensaios triaxiais CDnat, cujos resultados foram utilizados neste trabalho para comparação com os obtidos *in situ*. Apresentaram ângulo de atrito variando de 19° a 27°, uma coesão elevada entre 62 kPa e 85 kPa, e um módulo de elasticidade secante à 50% da carga máxima aplicada entre 7,5 MPa e 37,5 MPa para confinantes de 100, 150, 200 e 250 kPa.

Em junho de 2023, período de seca, na área destinada a realização de provas de carga, foi executada a abertura de pré-furo para sondagem pressiométrica (PMT) com 68 mm de diâmetro, cuja locação está amarrada ao conjunto de estacas teste e reação (Figura 2), utilizando trado manual até 5,5 m de profundidade.

A escavação foi progressiva após a execução de cada ensaio, posicionando o eixo da sonda nas profundidades 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 m. Todos os ensaios pressiométricos foram realizados de acordo com as normas D-4719 (ASTM, 1987), NF P 94-110-1 (AFNOR, 2000) e EN 22476-4 (ISO, 2009). Durante a escavação do pré-furo foram coletadas amostras a cada 0,5 m de profundidade para determinação da umidade do solo, conforme NBR 6457 (ABNT, 2016).

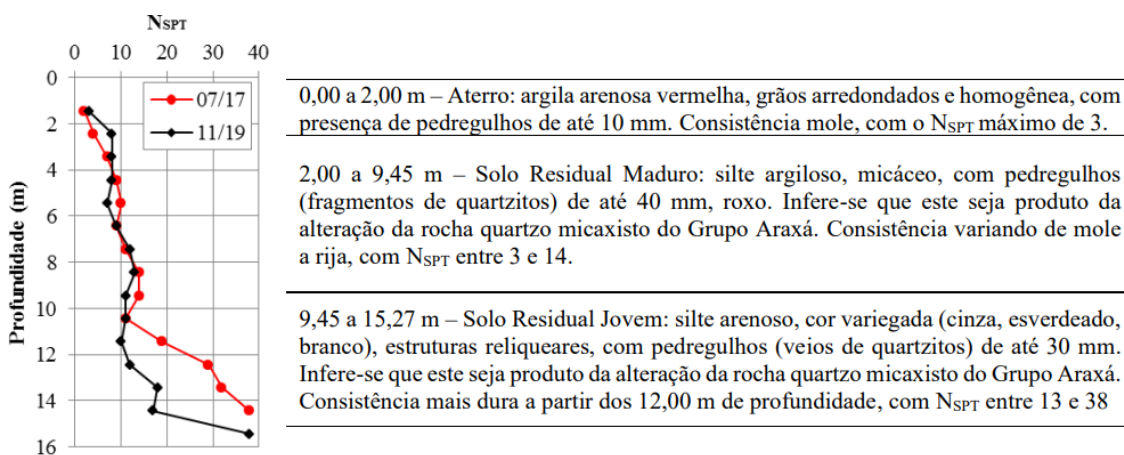


Figura 1. Perfil de sondagem com a descrição geológica (Ferreira *et al.*, 2022)

De posse das curvas pressiométricas corrigidas e de todo conjunto de dados decorrentes destas curvas, foi possível construir as curvas teóricas de ajuste de pressão x volume da cavidade e por meio do processo analítico formulado por Yu e Housbly (1991), utilizando o Microsoft Excel® como ferramenta. Nesse processo não se considera a sucção do solo.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



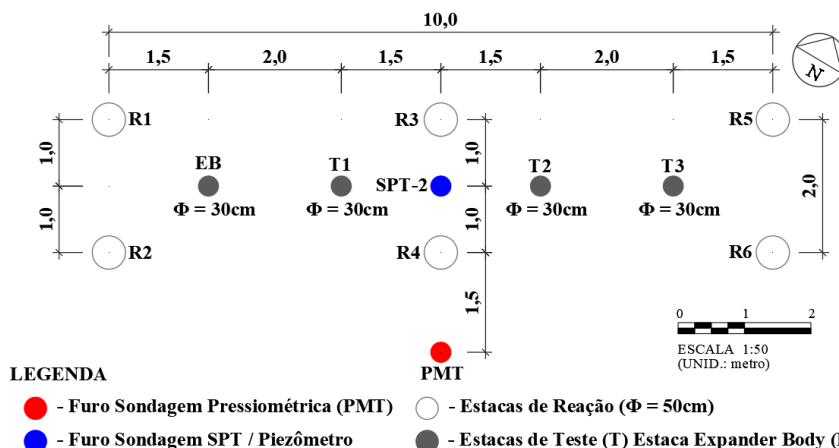


Figura 2. Detalhe da locação dos furos das sondagens SPT2 e PMT, na área do CE-Furnas

4 Resultados e Discussão

Os resultados dos PMTs realizados no perfil, expressos pelas curvas corrigidas, estão apresentados na Figura 3. A metodologia de tratamento dos dados e representação gráfica seguiu as recomendações da norma francesa NF P 94-110-1 (AFNOR, 2000).

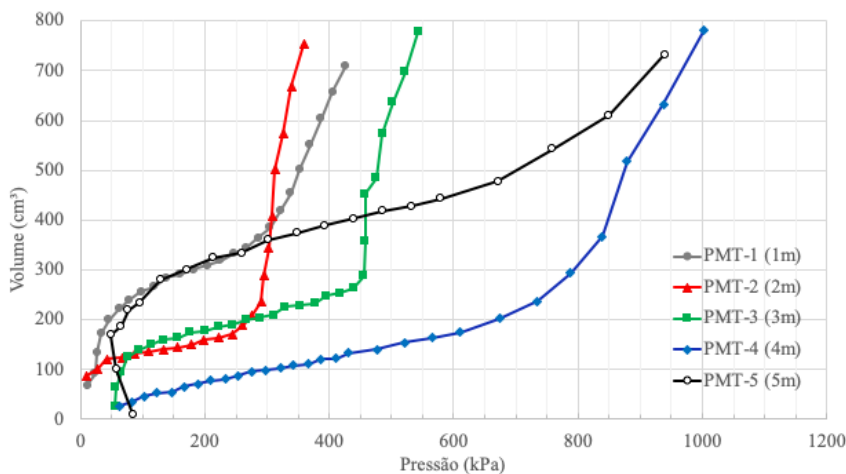


Figura 3. Curvas pressiométricas do perfil, segundo a NF P 94-110-1 (AFNOR, 2000).

Analisando as curvas pressiométricas corrigidas observa-se que os trechos da fase pseudo-elástica possuem inclinações semelhantes. De uma forma geral, as curvas atingiram maiores pressões (próximas de 1.000 kPa) quanto mais profundo foi realizado o ensaio, o que se justifica pelo aumento da tensão vertical e da tensão octaédrica com a profundidade, sendo a curva a 1,0 m que fugiu à regra, justificada pelo aumento da resistência pelo efeito da sucção próximo à superfície. Inicialmente pode parecer que a curva a 5,0 m não atingiu pressão maior que a curva a 4,0 m, mas somente por uma limitação volumétrica do equipamento, pois ao analisar a forma do trecho plástico da curva, percebeu-se que ele ainda estava curto e mais retilíneo. Por outro

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



lado, as curvas PMT-1 e PMT-5 revelam altas deformações para baixas pressões na etapa de recompressão, possivelmente indicando um alargamento do pré-furo na cota do ensaio.

A Figura 4 apresenta os parâmetros (σ_H = Tensão horizontal estimada; p_1 e p_2 = Pressões inicial e final da fase pseudo-elástica; p_F = Pressão de fluência; p_L = Pressão limite e E_M = Módulo pressiométrico) obtidos na interpretação dos resultados dos ensaios realizados, bem como os valores de umidade (w) *in situ* a partir de amostras retiradas durante a perfuração do pré-furo.

Analisando a Figura 4a, nota-se que de uma forma geral as pressões σ_H , p_1 , p_2 , p_F , p_L obtidas na curva pressiométrica corrigida foram crescentes com a profundidade, sendo coerente com o aumento da tensão vertical e da tensão média octaédrica. Nas Figuras 4b e 4c percebe-se uma semelhança de comportamento do módulo (E_M) e da Pressão Limite (p_L) com a umidade média no perfil ($w_{méd} = 19,8\%$). Quanto a Figura 4d, constata-se um valor elevado da relação E_M / p_L , próximo de 20, na profundidade de 2,0 m e mantendo-se próxima de 10 para o restante do perfil.

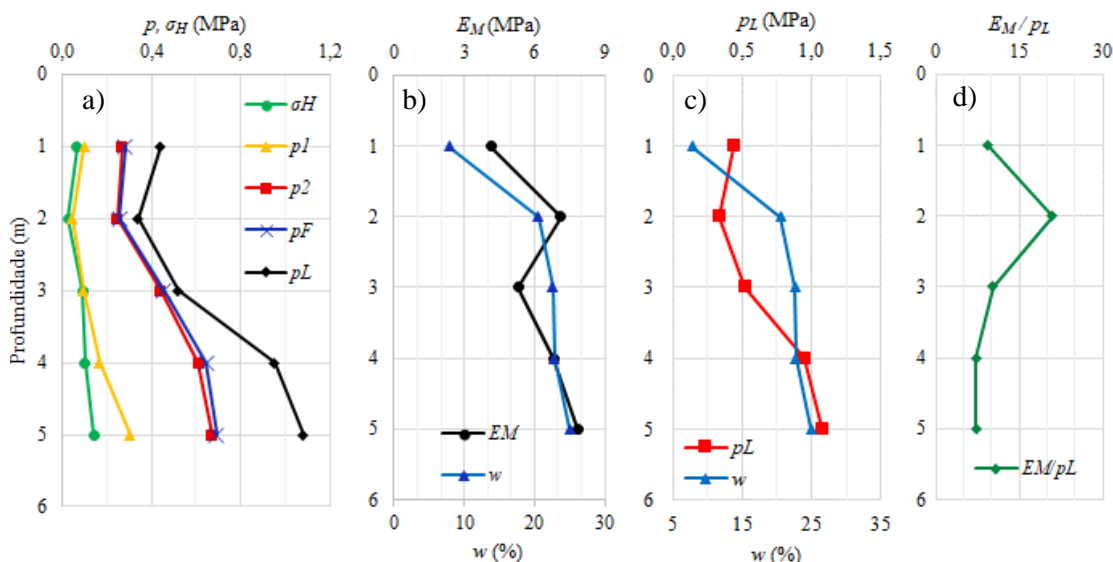


Figura 4. Parâmetros pressiométricos e umidade obtidos no perfil:
a) σ_H , p_1 , p_2 , p_F , p_L ; b) E_M e w ; c) p_L e w ; d) E_M / p_L e w .

A Figura 5 apresenta um exemplo do ajuste de curva feito por processo analítico de expansão de cavidade para o ensaio PMT-2 na profundidade de 2,0 m. O mesmo processo foi realizado para todas as curvas do perfil. Os parâmetros foram nominados como: c = coesão saturada; ϕ = ângulo de atrito; P_o = Tensão horizontal; E_Y = Módulo de Young; $E_{S50\%}$ = Módulo secante a 50% da carga máxima aplicada para as tensões de 100 a 250 kPa.

A Figura 6 estabelece a comparação dos resultados pressiométricos com os triaxiais, mas deste último apenas nas profundidades de 2,3 e 4,8 m (nível mais próximo). Analisando a Figura 6a, nota-se que o valor médio da coesão do perfil de 23 kPa (via ajuste de curva) ficou inferior, em torno de 1/3, à da média das profundidades 2,3 e 4,8 m, de aproximadamente 65 kPa (via ensaio triaxial). Já para o ângulo de atrito (Figura 6b), percebe-se que as faixas de variação foram compatíveis entre 20° e 28° (via ajuste de curva) e entre 19° e 29° (via triaxial).

A Figura 6c mostra que os módulos de Young (E_Y) via ajuste de curva ficaram com valores semelhantes aos módulos Ménard (E_M) em todo perfil, com E_M variando entre 4,1 e 7,8 MPa. Já na comparação entre os módulos E_M e $E_{S50\%}$, determinados para todas as tensões confinantes de 100 a 250 kPa, nota-se um comportamento de aumento crescente com a profundidade para ambos.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



Entretanto, os resultados do $E_{S50\%}$ em todas as tensões confinantes testadas foram superiores aos de E_M ou E_Y . A comparação E_M e $E_{S50\%}$ é complexa, e deve sempre que possível ser estabelecida para um mesmo nível de tensão e deformação nos dois ensaios envolvidos.

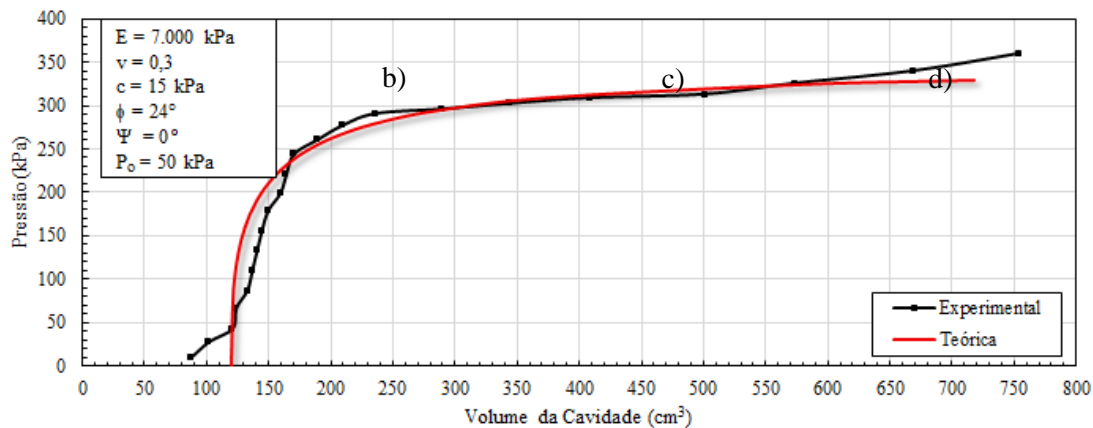


Figura 5. Curva pressiométrica experimental (PMT-2) e curva de ajuste teórico.

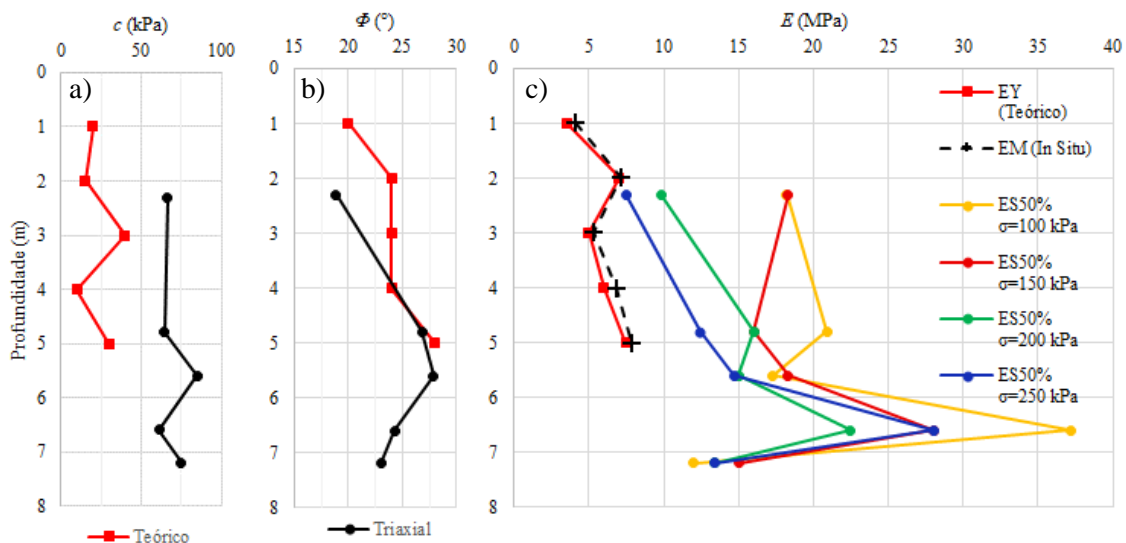


Figura 6. Parâmetros de resistência e deformabilidade do solo no perfil do CE-Furnas obtidos via ajuste de curva teórica e via ensaios triaxiais: a) Coesão; b) Ângulo de atrito; c) Módulos.

Os resultados dos ensaios PMTs realizados no CE-Furnas, objeto deste estudo, foram comparados nas Figuras 7 e 8 com os resultados PMTs de outros locais na Região Metropolitana de Goiânia-GO e Brasília-DF (OLIVEIRA, 1990; ORTIGÃO *et al.*, 1996; MOTA, 2003; ANGELIM, 2011; MACHADO, 2020). Destaca-se que os dados de Oliveira (1990) não contemplam os valores de pressão limite.

Os resultados de p_L dos ensaios no CE-Furnas ($\gamma_d = 14,2 \text{ kN/m}^3$, $e = 0,88$ e $w = 19,8\%$) ficaram praticamente dentro dos limites inferiores e superiores dos ensaios realizados no CE-EECA ($\gamma_d = 13 \text{ kN/m}^3$, $e = 1,1$ e $w = 18,7\%$). Os limites apresentados pelos resultados de p_L do CE-João Leite foram os mais elevados, justificado por se tratar de um perfil melhorado pela compactação controlada ($\gamma_d = 16 \text{ kN/m}^3$, $e = 0,7$ e $w = 20,4\%$). Os valores determinados na Asa

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Sul-BSB ficaram encaixados nos resultados do CE-UNB ($\gamma_d = 13,6 \text{ kN/m}^3$, $e = 0,94$ e $w = 27\%$) e ambos obtiveram os menores valores de p_L justificado por se tratar de uma argila porosa colapsível da mesma cidade.

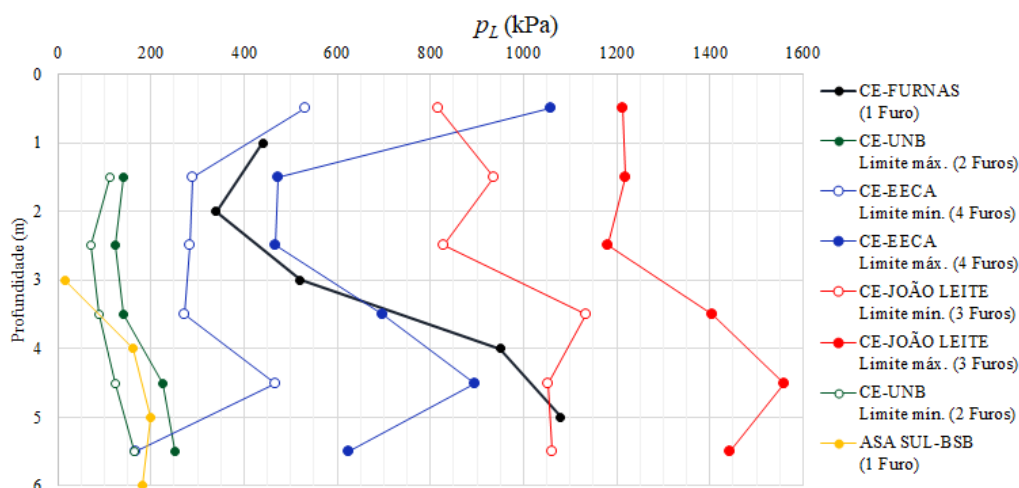


Figura 7. p_L dos ensaios PMTs realizados na Região Metropolitana de Goiânia Brasília.

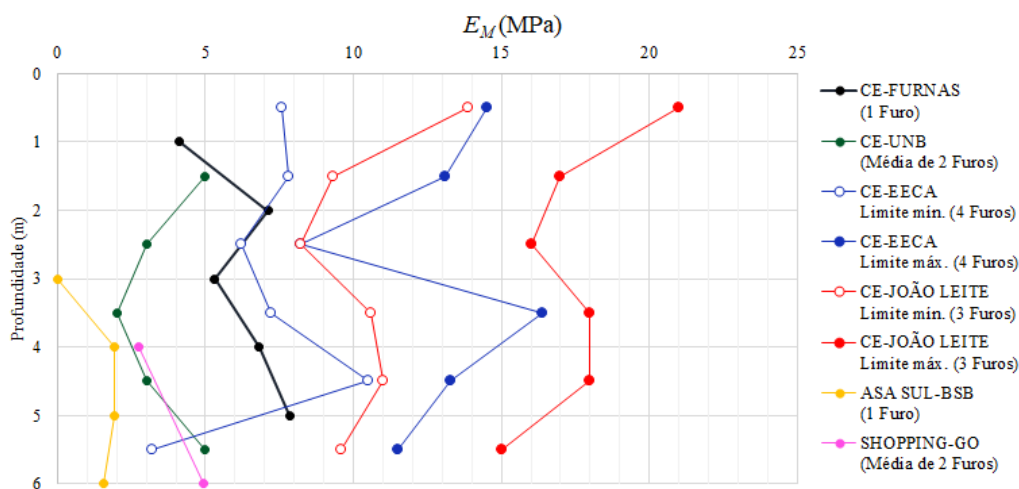


Figura 8. Módulo dos ensaios PMTs realizados na Região Metropolitana de Goiânia Brasília.

Nota-se comportamento semelhante na análise de E_M : nos ensaios de Brasília, que apresentaram os menores módulos, enquanto o CE-João Leite alcançou os valores mais elevados. Os resultados de E_M do Shopping-GO ficaram baixos e próximos dos do CE-UNB, acredita-se que tal fato se deve à maneira como o módulo foi calculado para o Shopping-GO, utilizando-se somente o primeiro trecho (carregamento 1) do ramo pseudo-elástico da curva corrigida.

Nessa análise percebeu-se a sensibilidade do pressiômetro em detectar o comportamento de materiais geotécnicos diferentes por meio de seus parâmetros p_L e E_M . Acredita-se que o tipo de solo, sua estrutura (cimentação e colapsividade), índices físicos, teor de umidade e a sucção para essa faixa ativa do perfil de 0 a 6 m influenciam nos resultados pressiométricos.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



5 Conclusão

As investigações realizadas ampliaram o banco de dados geotécnico de ensaios pressiométricos, contribuindo para estudos mais aprofundados sobre a deformabilidade dos solos tropicais da Região Metropolitana de Goiânia e Brasília.

Percebeu-se, de uma maneira geral, semelhança de comportamento do módulo (E_M) e da Pressão Limite (p_L) com a umidade média no perfil, o que pode ser justificado pelo processo de expansão de cavidade cilíndrica, que plastifica o solo nas imediações da sonda, sendo a umidade fator importante na plastificação do solo, principalmente para grandes deformações já na zona de plastificação da curva pressiométrica.

Foi possível ajustar as curvas teóricas com os valores do módulo semelhante aos módulos pressiométricos ($E_Y \sim E_M$) e obter valores de ângulo de atrito dentro da mesma faixa de variação nos obtidos nos ensaios triaxiais CDnat. Os valores de coesão teóricos obtidos ficaram muito inferiores (1/3 em média) às coesões determinadas em laboratório.

Os resultados do $E_{S50\%}$ em todas as tensões confinantes testadas foram superiores aos de E_M ou E_Y . A comparação E_M e $E_{S50\%}$ é complexa, e deve sempre que possível ser estabelecida para um mesmo nível de tensão e deformação nos dois ensaios envolvidos.

Os menores valores de p_L e E_M no perfil ocorreram para a argila porosa colapsível de Brasília (CE-UNB e Asa Sul-BSB) devido a sua baixa resistência, enquanto os maiores valores ocorreram para o aterro de solo compactado (argila arenosa) do CE-João Leite, justificado pelo controle de qualidade executivo do material artificial.

O pressiômetro como ferramenta apresentou sensibilidade na detecção do comportamento de materiais geotécnicos diferentes por meio de seus parâmetros p_L e E_M . Contudo, acredita-se que o tipo de solo, sua estrutura (cimentação e colapsividade), índices físicos, teor de umidade e a sucção para essa faixa ativa do perfil de 0 a 6 m influenciam nos resultados pressiométricos, por isso é recomendado que sejam estudados em conjunto.

AGRADECIMENTOS

Ao projeto InterBRAMS da ANEEL PDPD-0394-1709/2017 - Otimização do modelo meteorológico BRAMS, com validação experimental, para subsidiar aperfeiçoamentos de modelagens em sistemas eólicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFNOR (2000). Association Française de Normalisation. NF P 94-110-1: *Sols: reconnaissance et essais*. Essai pressiométrique Ménard. Partie 1: essai sans cycle. Paris, 42 p.
- ASTM. American Society for Testing and Materials (1987). *D4719: Standard test method for pre-bored pressuremeter testing in soils*. Philadelphia, 14p.
- Angelim, R. R. (2011) *Desempenho de ensaios pressiométricos em aterros compactados de barragens de terra na estimativa de parâmetros geotécnicos*. 2011. Tese de doutorado – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.
- Angelim, R. R.; Cunha, R. P.; Sales, M. M (2016) Determining the elastic deformation modulus from a compacted earth embankment via laboratory and Ménard Pressuremeter Tests. *Soils and Rocks*, São Paulo, v. 39, n. 03, p. 285-300.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



- Câmara, J. B.; Angelim, R. R.; Merabet Jr., J. C. F. (2022) *Retroanálise de ensaios pressiométricos tipo Ménard por meio de método analítico de expansão de cavidade*. In: XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Campinas.
- Cunha, R. P., Sales, M. M., Souza Pinto, C., Sampaio Júnior, J.L.C. (2004) Ensaio pioneiro de pressiômetro auto-perfurante em solos da cidade de Goiânia – GO. In *SEFE V*. São Paulo-SP. 22-24 nov., vol. 1, pp 521-532.
- Dourado, K. C. A. (2005) *Utilização do pressiômetro Ménard na identificação e previsão de recalques em um solo colapsível*. Dissertação - Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- Ferreira, J. R., Schlieve, M. S.; Cabral, R. M.; Côrtes, H. A. (2019) *Caracterização do campo experimental I do centro tecnológico em engenharia civil de Furnas*. In: Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica na Região Centro Oeste, 5, Brasília. Anais... ABMS. p. 161-164.
- Ferreira, J. R.; Cabral, R. M.; Carvalho, J. C.; Schlieve, M. S. (2022) *Caracterização Física, Mineralógica e Mecânica do Solo do Campo Experimental I do Centro Tecnológico em Engenharia Civil de Furnas*. In: XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Campinas.
- Garcia, A. M; Pereira, C. M. M. (2023) *Execução e Análise dos Ensaio PMTs no Campo Experimental de Furnas*. Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, 87p.
- ISO (International Organization for Standardization). (2009) ISO/DIS 22476: *Geotechnical Investigation and Testing: Field Testing - part 4: Ménard Presuremeter Test*.
- Machado, R. R. (2020) *Ensaio pressiométrico para estimativa de parâmetros de resistência e deformabilidade do solo do Campo Experimental da ECCA*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da UFG. Goiânia.
- Oliveira, P. A. S. *Análise e Interpretação dos Ensaio Pressiométricos Realizados em Solos Residuais de Gnaisses e em Depósitos Sedimentares Granulares da Cidade do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio. Rio de Janeiro, 1990.
- Goulart, R. L. (2021) *Estimativa de parâmetros de solos tropicais não saturados a partir de retro análise numérica de ensaios pressiométricos Ménard*. PPGECON. Goiânia.
- Milititsky, J; Consoli, N. C.; Schnaid F. (2015) *Patologia das Fundações*. 2. ed. rev. e ampl. -- São Paulo: Oficina de Textos.
- Mota, N. M. B. (2003) *Ensaio avançado de campo na argila porosa de Brasília: interpretação e aplicação em projetos de fundação*. Tese (Doutorado) – UNB, Brasília, Brasil.
- Schnaid, F.; Odebrecht, E. (2012) *Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações*. 2ª edição. São Paulo: Oficina de Textos. 234 p.
- Yu, H. S.; Houlsby, G. T. (1991). *Finite expansion cavity in dilatant soils: loading analysis*. *Geotechnique*, v. 41, n. 2, p. 173-183.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.

