



## **REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE CISALHAMENTO DIRETO COM AMOSTRA DEFORMADA DE SOLO DO MUSEU DO UNASP EM UM MODELO REDUZIDO DE ESTACA GRANULAR**

### **ARTIGO ORIGINAL**

QUINHONEIRO, Marcelo<sup>1</sup>, LÁRIOS, Mário Roberto Barraza<sup>2</sup>

QUINHONEIRO, Marcelo. LÁRIOS, Mário Roberto Barraza. **Realização de ensaios de cisalhamento direto com amostra deformada de solo do museu do UNASP em um modelo reduzido de estaca granular.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 08, Ed. 04, Vol. 06, pp. 15-28. Abril de 2023. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/cisalhamento-direto>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/cisalhamento-direto

### **RESUMO**

Devido ao custo elevado em obras com fundação realizada pelo método de estacas, buscou-se, neste estudo, executar uma estaca granular como uma opção mais econômica. Para tanto, levantou-se como questão norteadora: qual é a capacidade resistiva do solo silte argiloso mediante a execução de estaca granular? Logo, teve-se como objetivo principal analisar a capacidade resistiva do solo silte argiloso amostrado mediante a execução de estacas de areia simuladas em laboratório, a fim de verificar se o seu uso é indicado como um método econômico para fundações profundas, reforço de solos moles e suporte para radiers. Sendo assim, com base em uma pesquisa experimental, em um modelo reduzido, foram realizados ensaios de cisalhamento direto com amostras de solo moldado nas dimensões de 6 x 6 x 2 cm com furo no centro do corpo de prova de 0,76 cm de diâmetro, preenchido com o agregado miúdo, representando uma coluna de areia de 30 cm nas dimensões de campo. Para análise e comparação das tensões cisalhantes, também foram moldados Corpos de Prova (CPs) apenas com amostras do solo natural. Assim, como resultados, verificou-se que o acréscimo de tensão admissível obtido na amostra com incorporação de areia média foi de 1,58 vezes maior quando comparado ao CP contendo apenas solo, indicando que o reforço com materiais granulares pode ser boa opção para fins de fundações profundas.



Palavras-chave: Fundação, Cisalhamento direto, Coluna de areia, Solo, Tensão admissível.

## 1. INTRODUÇÃO

A investigação da capacidade resistiva do solo é indispensável na construção civil para se definir o tipo adequado de fundação a ser utilizado de acordo com as cargas de solicitação definidas na fase de projeto.

Ao projetar e executar fundações deve-se determinar parâmetros para o seu estudo e aplicabilidade a fim de se definir as cargas que a edificação transmitirá ao solo, consoante com a NBR 6122:2019 (ABNT, 2019).

Pinto (2015) descreve que a fundação deve ser dimensionada com o objetivo de receber e resistir às cargas transmitidas no solo pela construção. Para se estabelecer o tipo de fundação a ser executada, além do projeto estrutural que define as cargas da edificação, é indispensável conhecer a resistência do solo.

Diante disso, há vários métodos aplicáveis disponíveis para a investigação do solo. Dentre eles, um dos mais usuais é o *Standard Penetration Test-SPT*, Sondagem à Percussão, regulamentado pela NBR 6484:2001 (ABNT, 2001). Este, segundo Gagliardo (2003), é o modelo mais aplicado para investigação do solo, em que, para a identificação de suas características, as amostras são extraídas em profundidades distintas, de metro em metro (DAS; SOBHAN, 2014).

Inclusive, para a execução da fundação do Museu do Centro Universitário Adventista de São Paulo, localizado na região metropolitana de Campinas, na cidade de Engenheiro Coelho - UNASP-EC, o ensaio *SPT* foi realizado, o que resultou em um solo com baixa resistência, classificado como silte argiloso (Apêndice I).

Posto isso, Caputo (2006) afirma que os estudos de solos e rochas para o uso na construção civil, por meio da geotecnia, objetivam uma fundação estável e



econômica. Também proporcionam parâmetros normativos para a realização de inúmeros tipos de ensaios, dentre eles, o cisalhamento direto, com procedimentos contidos na ASTM D3080 (ASTM, 2004), objeto de estudo deste artigo, dada sua importância nos estudos de ruptura do solo.

Geralmente, o cisalhamento acontece quando ocorre a ruptura do solo, quer seja em uma sapata com cargas aplicadas ou quando ocorre um deslizamento de talude, por exemplo (PINTO, 2015).

O ensaio de cisalhamento direto se caracteriza pelo deslocamento de uma parcela do corpo de prova em relação à outra, determinando em função de cada tensão normal com a superfície do deslizamento o valor da tensão cisalhante que, aplicada no corpo de prova, provoca deformações até a consequente ruptura, como detalha a ASTM D3080 (ASTM, 2004).

Diante disso, visando responder a questão norteadora: qual é a capacidade resistiva do solo silte argiloso mediante a execução de estaca granular? Esse artigo teve como objetivo principal analisar a capacidade resistiva do solo silte argiloso amostrado mediante a execução de estacas de areia simuladas em laboratório, a fim de verificar se o seu uso é indicado como um método econômico para fundações profundas, reforço de solos moles e suporte para radiers.

Para tanto, através de uma pesquisa experimental, apresentou métodos, resultados, análise das tensões cisalhantes atingidas para cada modelo de CP, coesão e ângulo de atrito obtidos nos ensaios laboratoriais realizados com a amostra deformada composta apenas de solo, bem como ensaios com solo moldado com acréscimo do agregado miúdo e inserido no centro do CP com furo de 0,76 cm de diâmetro, mediante um modelo reduzido, simulando uma estaca composta apenas de agregado com diâmetro de campo de 30 cm, conhecida como estaca de areia.



Devido a sua facilidade de execução e baixo custo, as estacas de areia têm sido cada vez mais utilizadas no âmbito da engenharia civil (BRANDI; NASCIMENTO, 2009) e, segundo Soares (2002), os registros iniciais de sua utilização ocorreram na França, há mais de 200 anos atrás.

Uma das vantagens se dá pelo fato de que o solo resiste mais em função do aumento da tensão de confinamento e consequente aumento do ângulo de atrito entre os grãos, o que indica o ganho de resistência ao cisalhamento, onde o máximo ângulo de atrito entre as partículas é o limite resistido pela tensão imposta ao solo (SILVA; CARVALHO, 2007). Entretanto, é válido ressaltar que, segundo Teles (2013), se esta tensão for exorbitante, a areia será comprimida de tal forma que se despedaçará em grãos, perdendo sua função.

Assim, ao executar uma estaca granular em um modelo reduzido em laboratório, será possível analisar a diferença dos valores das tensões cisalhantes entre os modelos de CPs ensaiados por cisalhamento direto, como também verificar a relação entre a coesão e o ângulo de atrito com a resistência obtida nos ensaios laboratoriais.

## 2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Neste tópico estão descritos os métodos utilizados em cada etapa do estudo:

- Coleta da amostra deformada do solo com o emprego do método do frasco de areia - NBR 7185:2016 (ABNT, 2016);
- Caracterização da amostra: Determinação da umidade natural e peso específico aparente da amostra de solo - NBR 6457:2016 (ABNT, 2016);
- Moldagem controlada dos CPs nos dois modelos mediante o peso específico aparente do solo NBR 7185:2016 (ABNT, 2016);
- Realização dos ensaios de cisalhamento direto - ASTM D3080:2004 (ASTM, 2004).



Nas mediações externas da construção do Museu do Campus UNASP-EC, foram coletadas amostras deformadas do solo com o emprego do método do frasco de areia e em seguida direcionadas para o início dos procedimentos laboratoriais para a caracterização com os procedimentos da NBR 6457:2016 (ABNT, 2016) e determinação da massa específica aparente do solo em conformidade com a NBR 7185:2016 (ABNT, 2016). Esta massa obtida foi necessária para determinar o volume de solo para a moldagem de todos os corpos de prova.

Para a moldagem dos CPs, como pode ser visto na Figura 2, fez-se necessário a utilização da forma metálica prismática com dimensões de 6 x 6 x 2 cm (Figura 2.a) e do compactador com as mesmas dimensões internas da forma supracitada (Figura 2.b).

Figura 2: a) Forma metálica prismática e b) o compactador cúbico prismático



Fonte: Autores (2019).

### 3. MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

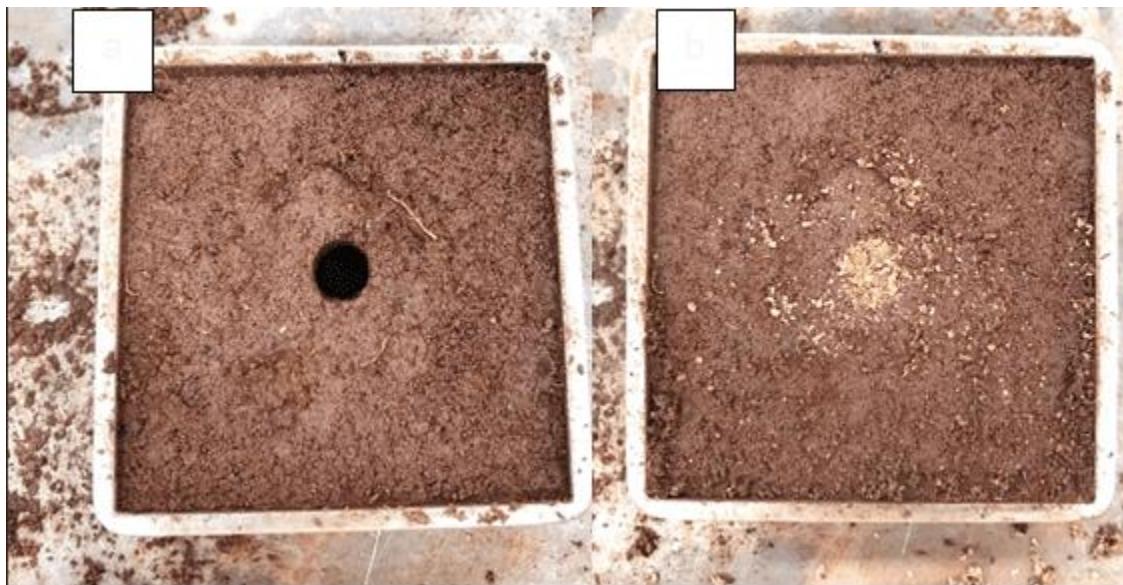
A quantidade de solo necessária para cada CP foi obtida em função do produto do volume da fôrma metálica prismática e a massa específica aparente do solo, obtido



pelo método do frasco de areia de referência, o qual está previsto na NBR 7185:2016 (ABNT, 2016).

É apresentado na Figura 3 o modelo com o furo de 0,76 cm de diâmetro no centro do CP (Figura 3.a) e o mesmo após ser inserido a areia média (Figura 3.b), simulando a estaca granular. O modelo contendo apenas o solo natural foi moldado nas mesmas condições, porém, sem a execução do furo.

Figura 3: a) CP com furo na região central e b) CP com inserção de areia média



Fonte: Autores (2019).

### 3.1 ENSAIOS DE CISALHAMENTO DIRETO

Após a moldagem de 6 CPs de cada modelo, foram executados os ensaios no conjunto cisalhante de acionamento manual (Figura 4.a) na condição Drenada Consolidada. As tensões normais aplicadas foram de 50, 100 e 200 kPa e as leituras foram realizadas mediante os extensômetros fixados no equipamento (Figura 4.b), como pode ser visualizado na Figura 4.



Figura 4: a) Conjunto cisalhante e b) extensômetro fixado no anel dinamométrico



Fonte: Autores (2019).

Na Tabela 1, estão contidas as informações referentes à velocidade adotada, dentro do intervalo normativo estabelecido, para as devidas leituras a cada minuto durante o andamento dos ensaios, bem como a capacidade máxima resistiva do anel dinamométrico do equipamento utilizado.

Tabela 1: Informações dos equipamentos para o ensaio

ASTM 3080:2008 (ASTM, 2008)	D	CALIBRAÇÃO:	
		NBR 8197:2012 (ABNT, 2012) (Apêndice II)	
Velocidade do ensaio		Capacidade do anel dinamométrico	$25 \times 10^{-2}$ mm/min. 500 Kgf

Fonte: Autores (2019).



## 4. RESULTADOS

Para o início dos ensaios, realizou-se a caracterização do solo, da qual obteve-se os valores resultantes descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização da amostra deformada do solo

N B R 64 57 :2 01 6 (A B N T, 20 16 )	NBR 7185 : 2016 (AB NT,2 016)	NB R 6 459: 201 6 (AB NT, 201 6)	NBR 7180: 2016 (ABN T, 2016)	NBR 6484: 2001 (ABN T, 2001)	Umi dad e nat ural do solo - W (%)	Massa unitária da areia de referênc ia-Y (g/cm <sup>3</sup> )	Massa específc a aparente do solo-Y (g/cm <sup>3</sup> )	Solo para moldage m de cada CP	Lim ite de Liq uid ez LL (%)	Limit e de Plast icida de LP (%)	T i p o d e s o l o
(S P T)											
3, 61 , 3 2	1 , 6 0	1 , 20	115, 27	16	Silte argil oso						

Fonte: Autores (2019).

Na primeira fase foram realizados ensaios de cisalhamento direto com os CPs contendo apenas solo. Realizou-se dois ensaios para cada tensão normal aplicada (50, 100 e 200 kPa), encontrando a média dos resultados dos valores de tensão máxima cisalhante, como podem ser visualizados na Tabela 3.



Tabela 3: Resultados da primeira fase dos ensaios de cisalhamento direto

<b>SOLO</b>		
CP	Tensão Normal aplicada (kPa)	Tensão Cisalhante- $\sigma_r$ (kPa)
1	50	10,54
2	100	34,49
3	200	59,04

Fonte: Autores (2019).

Na segunda fase, para os ensaios realizados com os CPs com inserção de areia média em sua região central, seguiu-se os mesmos procedimentos da fase anterior, encontrando seus respectivos resultados de tensão cisalhante mais elevados, conforme a Tabela 4.

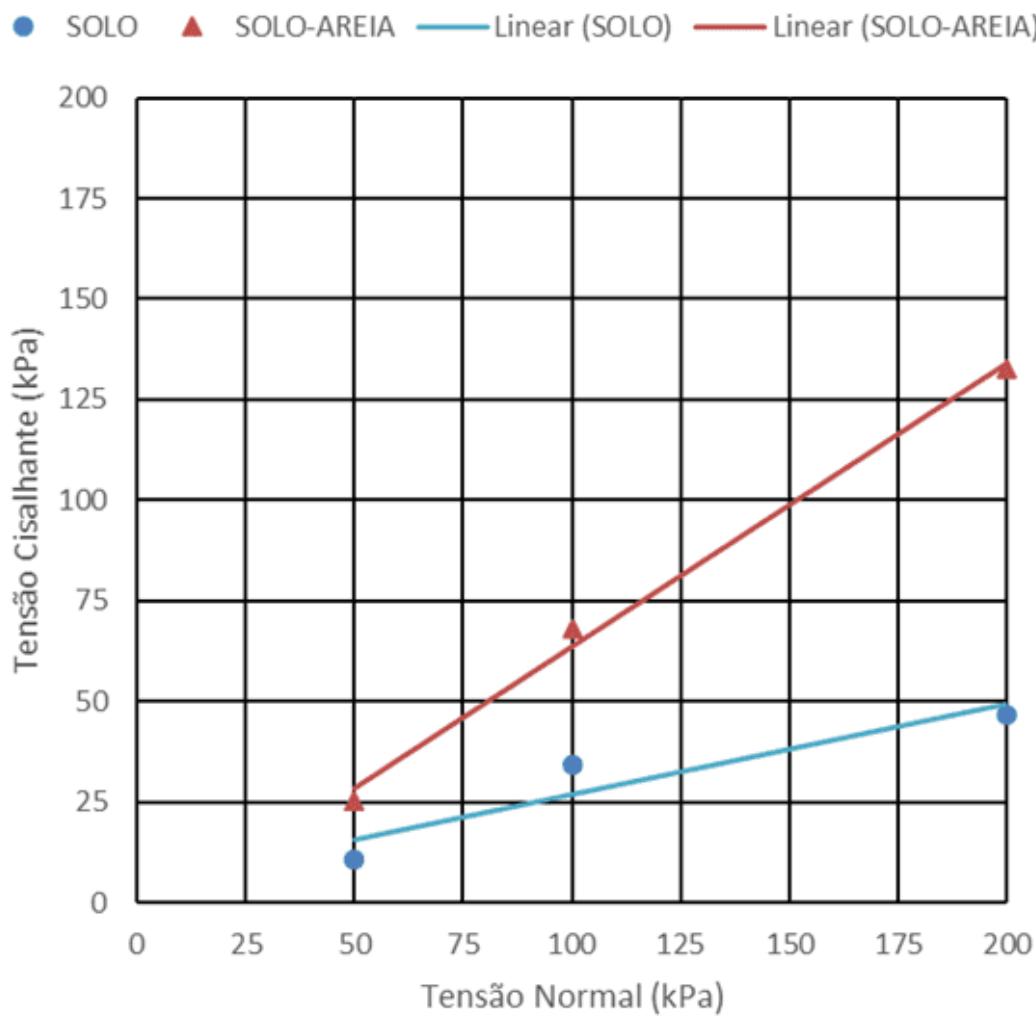
Tabela 4: Resultados da segunda fase dos ensaios de cisalhamento direto

<b>SOLO-AREIA</b>		
CP	Tensão Normal aplicada (kPa)	Tensão Cisalhante- $\sigma_r$ (kPa)
1	50	65,18
2	100	71,32
3	200	132,71

Fonte: Autores (2019).

Com as tensões cisalhantes obtidas ao término dos ensaios, realizou-se um gráfico de tensão x deformação, para melhor análise, com base nas informações extraídas do solo amostrado para os dois modelos propostos referente ao ângulo de atrito e coesão. Portanto, na Figura 5 apresentou-se a dispersão dos valores das tensões de ruptura em função de cada tensão normal aplicada (50, 100 e 200 kPa), traçando uma reta que mais se ajusta aos resultados dos ensaios, facilitando, assim, a obtenção dos valores necessários para posterior análise.

Figura 5: Gráfico de tensão x deformação dos CPs de solo-areia



Fonte: Autores (2019).

Para facilitar a análise dos dados, na Tabela 5 foram transcritos os valores da coesão e do ângulo de atrito resultantes da Figura 5. Além de ser notório o aumento do ângulo de atrito para o CP moldado com a estaca de areia, observou-se também que a coesão para o mesmo modelo teve resultado nulo, o que não era o esperado, pois, apesar de a areia não possuir coesão, esta está interagindo com o solo e, portanto, deveria ter coesão diferente de zero. Contudo, outros ensaios foram



repetidos, porém, em função da variabilidade do solo, os demais resultados foram descartados por conter valores duvidosos.

Tabela 5: Ângulo de atrito e coesão extraídos do gráfico tensão x deformação

CP	ÂNGULO DE ATRITO (°)	COESÃO (kPa)	
Solo	12,65	4,41	
Solo-Areia	35,22	0	

Fonte: Autores (2019).

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a obtenção dos resultados, foi possível analisar o comportamento do CP contendo apenas solo natural e observar que quanto maior é a tensão normal aplicada, maior também é o seu valor de tensão cisalhante. Esse comportamento se dá devido ao aumento da tensão confinante e do ângulo de atrito entre as partículas, melhorando sua resistência ao cisalhamento ao reduzir os vazios existentes (RODRIGUES, 2015).

Além disso, ao verificar a amostra ensaiada que simula a estaca granular, observou-se que os valores das tensões cisalhantes seguiram o mesmo comportamento crescente, porém, devido à presença da areia, as tensões cisalhantes alcançaram valores maiores, constatando que a presença da areia é favorável e contribui para o ganho de resistência do solo amostrado (MIRANDA; SILVA, 2013).

Outro aspecto a ser observado é o fato de que o ângulo de atrito tratado na norma NBR ISO 12957:2013 (ABNT:2013) do modelo contendo a estaca de areia é expressivamente superior ao valor alcançado pelo CP de solo, o que está diretamente relacionado com a tensão cisalhante atingida pela amostra, considerando, portanto, que o ângulo de atrito é o ângulo de ruptura do solo.



Diante disso, destaca-se que as estacas de areia, apesar de suas limitações, quando aplicadas com função estrutural de grandes solicitações, podem ser úteis nos solos que necessitam de reforço, bem como auxílio nas fundações do tipo radier, como exemplificado neste estudo (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012). A partir deste modelo reduzido tratado em laboratório, obteve-se um acréscimo de 1,58 vezes na resistência ao cisalhamento no solo analisado com incorporação da areia média, ao simular uma estaca granular, o que está diretamente relacionado com o aumento do ângulo de atrito que resultou em 35,22°, dentro dos parâmetros esperados para areia que geralmente varia entre 34-37 °.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo buscou investigar: qual é a capacidade resistiva do solo silte argiloso mediante a execução de estaca granular? Para tanto, teve como objetivo principal analisar a capacidade resistiva do solo silte argiloso amostrado mediante a execução de estacas de areia simuladas em laboratório, a fim de verificar se o seu uso é indicado como um método econômico para fundações profundas, reforço de solos moles e suporte para radiers.

Com isso, foi possível supor que o reforço de solo com materiais granulares é uma boa opção para o aumento da tensão admissível para fins de fundação, bem como para reforço de aterros sobre solos moles, o qual já utilizado em larga escala (MORAES, 2002).

Apesar de até a presente data não haver norma que regulamente uso das estacas de areia para fins de fundação ou reforço de solos na prática, pode-se verificar sua utilização crescente na construção civil, como por exemplo, na execução do Aeroporto Internacional de Macau, uma das Repúblicas populares da China, conhecida como uma das maiores obras da Ásia (PEREIRA, 2008).

Assim, justifica-se a utilização das estacas de areia pelos seguintes fatores:



- Facilidade de execução: com apenas o trado mecanizado é possível realizar as furações;
- Baixo custo: não é necessário dispor de outros equipamentos e pelo fato de ser mecanizado minimiza o contingente de mão de obra;
- Tempo de execução: consiste em um método prático, simplificado e rápido;
- Sustentabilidade: não são necessários outros recursos naturais além da areia, de modo que também não gera resíduos contaminantes.

Contudo, entende-se que outras pesquisas e análises podem ser realizadas, incluindo a execução de uma estaca granular em campo experimental com as dimensões reais, realizando a prova de carga para verificação da resistência à compressão e tensão admissível do solo, ampliando, assim, sua aplicabilidade na construção civil.

## REFERÊNCIAS

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS STANDARD. **ASTM -Designation D 3080:** Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. West Conshohocken: ASTM, 2004.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6457:** amostras de solo – preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 6459:** Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 6484:** Solo – Sondagens de simples reconhecimentos com SPT- Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR 7180:** Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 8197:** Materiais metálicos – Calibração de instrumentos de medição de força de uso em geral. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 6122:** Projeto e execução de Fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.



\_\_\_\_\_. **NBR 7185:** Solo - Determinação de massa específica aparente, "IN SITU", com emprego de frasco de areia. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 12957:** Geossintéticos – Determinação das características de atrito- Parte 1: Ensaio de cisalhamento direto. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRANDI, J. L. D.; NASCIMENTO, N. A. Solos moles reforçados com estacas de areia: do experimento ao canteiro de obra. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31. Curitiba, 2009.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Fundamentos. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

DAS, B. M.; SOBHAN, K. **Fundamentos de engenharia Geotécnica**. 7. ed. São Paulo: Cengage, 2014.

GAGLIARDO, J. C. **Método simplificado para escolha de fundações profundas**. 2003. TCC (Graduação em Engenharia Civil) Unasp - Centro Universitário Adventista de São Paulo, Engenheiro Coelho, 2003.

MIRANDA, C. F.; SILVA, M. de J. G. da. **Estacas de compactação de areia em solos moles**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade da Amazônia, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Belém, 2013.

MORAES, C. M. de. **Aterros reforçados sobre solos moles**: análise numérica e analítica. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: [http://www.coc.ufrj.br/pt/component/docman/?task=doc\\_download&gid=1902&Itemid=1](http://www.coc.ufrj.br/pt/component/docman/?task=doc_download&gid=1902&Itemid=1). Acesso em: 01 set. 2022.

PEREIRA, T. A. B. P. **Análise e dimensionamento de estacas sujeitas a compressão axial. Aplicações na região administrativa especial de Macau**. Dissertação de mestrado. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto, Portugal, 2008. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12742/2/Texto%20integral.pdf>; Texto. Acesso em: 01 nov. 2022.

PINTO, C. S. **Mecânica dos solos e suas aplicações** - Mecânica das rochas, fundações e obras de terra. Vol 2., 7<sup>a</sup> ed. LTC, 2015.

RODRIGUES, N. G. L. **Estudos sobre o ângulo de atrito em solos graníticos residuais**. Ublibiorum - Repositório digital da UBI, Covilhã, 2015. Disponível em: [https://ublibiorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/5018/1/4187\\_8009.pdf](https://ublibiorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/5018/1/4187_8009.pdf). Acesso em: 01 nov. 2022.



MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC JOURNAL

NÚCLEO DO  
CONHECIMENTO

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR NÚCLEO DO  
CONHECIMENTO ISSN: 2448-0959

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br>

SCHNAID, F; ODEBRECHT, E. **Ensaios de campo e suas aplicações à engenharia de fundações.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. Disponível em: [https://www.academia.edu/39300681/Ensaios\\_de\\_Campo\\_Schnaid](https://www.academia.edu/39300681/Ensaios_de_Campo_Schnaid). Acesso em: 01 nov. 2022.

SILVA, A. J. N.; CARVALHO, F. G. Coesão e resistência ao cisalhamento relacionadas a atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo de tabuleiro costeiro. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 853-862, 2007.

SOARES, W. C. **Estacas de compactação para melhoria do solo.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-28072006-142637/publico/dissertacao.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2022.

TELES, G. L. V. **Estudo sobre os parâmetros de resistência e deformabilidade da areia de Hokksund.** 2013. TCC. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/9568/1/monopolio10006507.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2022.



## APÊNDICE

### APÊNDICE I

**SOLOTEST®**  
APARELHOS PARA MECÂNICA  
DO SOLO LTDA

#### LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO SOLOTEST

##### REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pelo COCNEF de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob N°. 0493

Certificado de Calibração N°: 44999-17

5. Resultado

Pág.: 2/2

COMPRESSÃO							
Força Aplicada	Séries de Leituras (DIVISÕES)				Erros Relativos		1 Div. = 0,01 mm Incerteza da Medição
	1º	2º	3º	Média	Div/kN	Reprodutibilidade %	
kgf	kN	Leitura	Leitura	Leitura			
50,0	0,49	26	26	26	53,03	0,00	0,21 2,00
100,0	0,98	48	48	48	48,95	0,00	0,21 2,00
150,0	1,47	70	70	70	47,59	0,00	0,21 2,00
200,0	1,96	93	93	93	47,42	0,00	0,21 2,00
250,0	2,45	114	114	114	46,50	0,00	0,21 2,00
300,0	2,94	138	138	138	46,91	0,00	0,21 2,00
350,0	3,43	160	160	160	46,82	0,00	0,21 2,00
400,0	3,92	183	183	183	46,85	0,00	0,21 2,00
450,0	4,41	206	206	206	46,68	0,00	0,21 2,00
500,0	4,90	230	230	230	46,91	0,00	0,21 2,00

Equação Característica de Resposta em kgf:  $y = ax + b$

a	2,210
b	-5,265140388

Obs.: A equação acima não faz parte do escopo de acreditação.

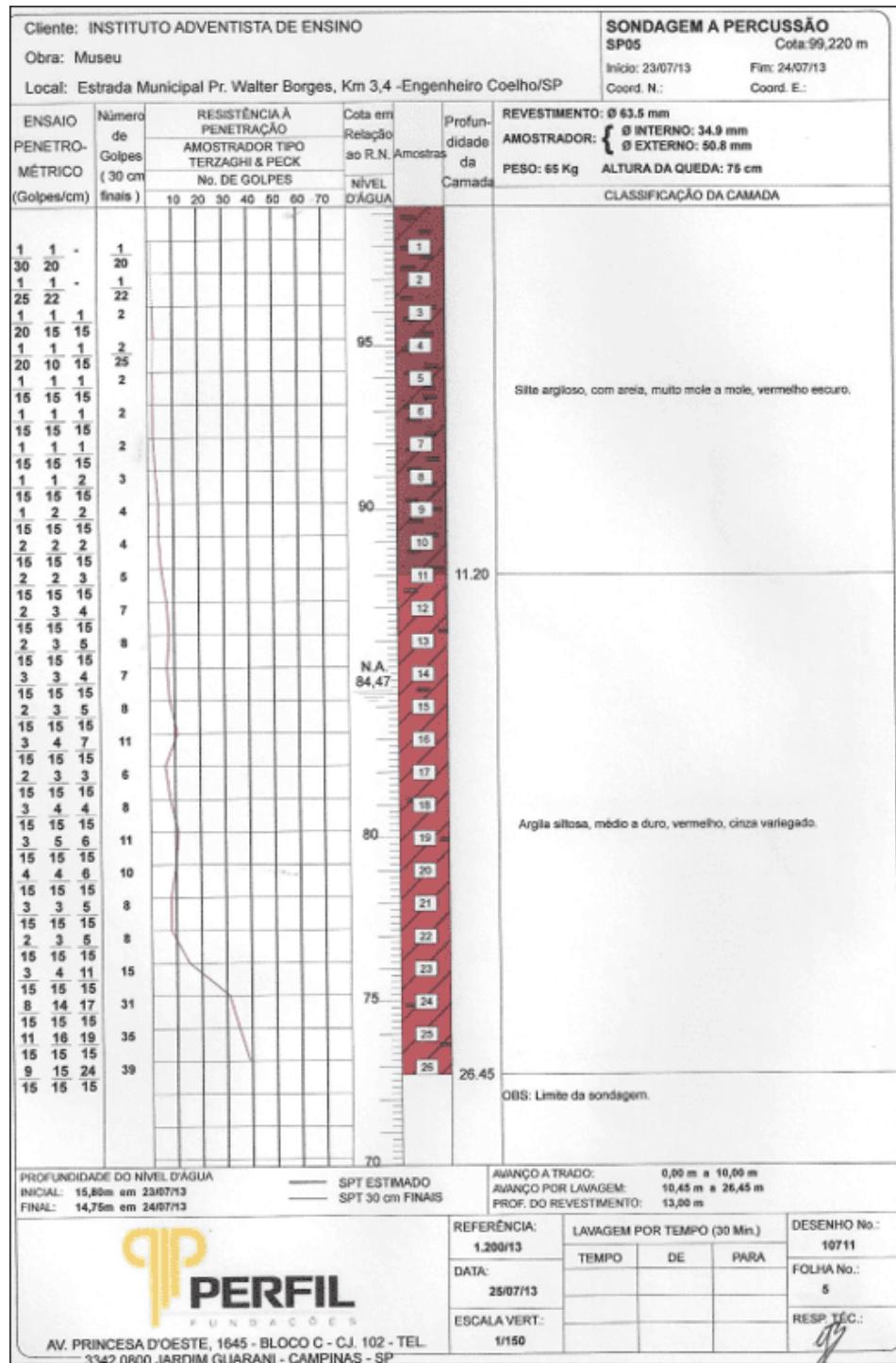
6. Notas

- A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k, indicado na tabela, calculada para uma distribuição normal com probabilidade de abrangência de 95,45%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.  
- Os resultados deste certificado são válidos exclusivamente para o instrumento/ equipamento calibrado descrito , nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer outros, mesmo que similares.  
- A sua reprodução parcial dependerá de prévia autorização formal da Solotest.

Equipamento para: Solo - Chumbo - Cimento - Betume - Agregados - Metalografia - Ásfa de Fundição - Refratários  
Rua: Conselheiro Guedes, 213 - Bela Vista - Cep: 01326-000 - São Paulo - SP - Brasil - Fone: 55 (11) 3289-8211 - Fax: 55 (11) 3289-4515  
[www.solotest.com](http://www.solotest.com) - [labmonitor@solotest.com](mailto:labmonitor@solotest.com)



## **APÊNDICE II**





MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC JOURNAL

NÚCLEO DO  
CONHECIMENTO

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR NÚCLEO DO

CONHECIMENTO ISSN: 2448-0959

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br>

Enviado: 12 de março, 2021.

Aprovado: 08 de setembro, 2022.

---

<sup>1</sup> Ensino Superior. ORCID: 0000-0003-2091-147X. Currículo Lattes:  
<https://lattes.cnpq.br/3976466139431040>.

<sup>2</sup> Orientador. ORCID: 0000-0002-2545-7731.