

Uma Contribuição às Discussões sobre a Qualidade de Amostras Indeformadas de Solo Mole Baseada em um Estudo de Caso

Letícia Menezes Santos Sá

Doutoranda em Geotecnia, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, Brasil, leticiamenezes0512@gmail.com

Erinaldo Hilário Cavalcante

Professor, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Brasil, erinaldo@ufs.br

Guilherme Bravo de Oliveira Almeida

Professor, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Brasil, gbravo1982@gmail.com

RESUMO: O estudo dos solos moles requer uma análise criteriosa da qualidade das amostras indeformadas coletadas para ensaios laboratoriais. Devido às características intrínsecas à estrutura das argilas moles, são necessários cuidados especiais para preservar ao máximo suas propriedades originais. Contudo, reproduzir o estado de tensões do campo em laboratório é desafiador, especialmente no caso dos solos moles, mais suscetíveis ao amolgamento. O presente estudo visa fomentar discussões sobre a importância de analisar a qualidade de amostras “indeformadas” de solos moles para a correta interpretação dos resultados de ensaios realizados com essas amostras, a fim de desenvolver projetos baseados em parâmetros mais confiáveis. Para isso, foram avaliados ensaios de caracterização geotécnica e adensamento executados para o desenvolvimento de obras na Região Metropolitana de Aracaju (RMA). Os resultados revelam que todas as amostras coletadas sofreram algum tipo de perturbação. Possíveis falhas no controle de qualidade, desde a amostragem, até o transporte, armazenamento e moldagem dos corpos de prova, podem ter contribuído para esse efeito. A dificuldade em coletar amostras dessa natureza em depósitos de argilas inativas (potencialmente sensíveis) também foi observada, enfatizando a complexidade do processo. Esses resultados, obtidos em situações reais de aplicação (casos de obra), suscitam o debate sobre o tema, afinal, contribuições visando à melhoria dos processos relacionados à coleta de amostras de solos moles são necessárias a fim de evitar problemas como esse em obras futuras.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade das Amostras, Solos Moles, Argilas Inativas, Amostras Indeformadas.

ABSTRACT: The study of soft soils requires a meticulous analysis of the quality of undisturbed samples collected for laboratory testing. Due to the intrinsic characteristics of soft clay structures, special care is needed to preserve their original properties as much as possible. However, reproducing field stress conditions in the laboratory is challenging, especially for soft soils, which are more susceptible to disturbance. This study aims to encourage discussions about the importance of to analyze the quality of undisturbed samples of soft soils for the correct interpretation of test results obtained with these samples, to develop projects based on reliable parameters. For this purpose, geotechnical characterization and consolidation tests conducted for the development of projects in the Metropolitan Region of Aracaju (RMA) were analyzed. The results revealed that all collected samples experienced some degree of disturbance. Possibly, quality control failures, from sampling to transportation, storage, and specimen molding, may have contributed to this outcome. The difficulty in collecting samples of this nature from inactive clay deposits (potentially sensitive) was also observed, highlighting the complexity of the process. These results, obtained in real-life application scenarios (construction projects), prompt discussion on the topic, after all, contributions aimed at improving processes related to the collection of soft soil samples are necessary to avoid problems like this in future projects.

KEYWORDS: Quality of the Samples, Soft Soils, Inactive Clays, Undisturbed Samples.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia geotécnica enfrenta desafios significativos na compreensão e previsão do comportamento de camadas de solos moles frente às solicitações impostas pelas obras construídas sobre eles. Uma análise

inadequada das características desse tipo de solo pode resultar em manifestações patológicas ou até mesmo ruína das estruturas. Solos moles são caracterizados pela baixa capacidade de carga, alta suscetibilidade ao recalque por adensamento e baixa permeabilidade, e são compostos principalmente por partículas siltosas ou argilosas. Dependendo do seu modo de formação, do ambiente e do processo de deposição, podem possuir quantidades significativas de matéria orgânica finamente dividida, fator que influencia consideravelmente as suas propriedades físicas (Terzaghi, Peck e Mesri, 1996).

Para melhor conhecer as características dos solos moles, são realizados ensaios de campo e laboratório, como o ensaio de palheta (*Vane test*) e o ensaio de adensamento. Os ensaios de campo oferecem menor perturbação ao estado de tensões do solo. Porém, como a condição no entorno da área ensaiada não é necessariamente uniforme, mede-se uma resposta local e instantânea do solo, que é então extrapolada para interpretação do comportamento global da área de estudo.

Por outro lado, os ensaios de laboratório são realizados sob condições bem controladas de tensão, deformação e drenagem (Tan *et al.* 2002). No entanto, a retirada de amostras do campo, por si só, já perturba o estado de tensão *in situ*, devido ao desconfinamento do solo amostrado. Essa perturbação, também chamada de amolgamento, é o enfraquecimento da adesão entre as partículas ou no rearranjo estrutural dos grãos, de acordo com Hvorslev (1949). É impossível obter amostras completamente indeformadas, afinal, além da alteração do estado de tensões *in situ* que ocorrerá no processo de amostragem, a perfuração, cravação e extração do tubo amostrador, o transporte e armazenamento, até a preparação do corpo de prova, podem influenciar na qualidade final da amostra ensaiada (Tan *et al.* 2002).

Diversos autores têm estudado ao longo dos anos o efeito da perturbação de amostras de solo (Bjerrum, 1973; Martins e Lacerda, 1994; Shogaki e Kaneko, 1994; Tan *et al.* 2002). Alguns, inclusive, desenvolveram critérios para avaliar a qualidade de amostras “indeformadas”, visando melhorar a interpretação dos resultados obtidos através dos ensaios de laboratório (Lunne, Berre e Strandvick, 1997; Coutinho, 2007; Andrade, 2009; Futai, 2010). De acordo com a literatura disponível, na Região Metropolitana de Aracaju (RMA), estado de Sergipe, a primeira pesquisa sobre os solos moles da região foi realizada no início da década de 90 (Ribeiro, 1992), cujo autor analisou as características de um depósito *offshore* de argila mole para implantação do Terminal Portuário de Sergipe. Três décadas depois, Sá, Cavalcante e Almeida (2022) realizaram a caracterização geotécnica e o georreferenciamento de oito depósitos de solos moles pertencentes à RMA, com o objetivo de contribuir na formação de um banco de dados local.

A partir deste último trabalho, esta pesquisa busca aprofundar a compreensão sobre a importância da análise da qualidade das amostras de solos moles para interpretação precisa dos resultados dos ensaios de laboratório, a fim de desenvolver projetos mais confiáveis. Para isso são utilizados dados obtidos em situações reais (casos de obra). Os resultados levantam questões importantes para aprimorar os processos de coleta de amostras “indeformadas” de solo mole com melhor qualidade.

2 LOCAL DE ESTUDO

Esta pesquisa centrou-se no estudo de depósitos de solo mole localizados na RMA estado de Sergipe, conforme georreferenciamento realizado por Sá, Cavalcante e Almeida (2022). Dos nove depósitos apresentados na Figura 1, serão analisados resultados referentes aos depósitos C, D, e E, e as curvas de adensamento dos depósitos A, B e I. Foram coletadas amostras “indeformadas” de solo mole em cada local analisado, associadas a obras específicas. As amostras foram coletadas por empresas locais: no passado para os locais C, D e E; durante a pesquisa de Sá, Cavalcante e Almeida (2022) para os locais A e B, e mais recentemente, em 2023, para o local I. Mais detalhes sobre a área de estudo e os depósitos podem ser acessados em Sá, Cavalcante e Almeida (2022).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Os solos de granulometria fina podem se acumular em vários tipos de ambientes deposicionais, formando os depósitos de solos moles. Sob a ótica da geologia, são sedimentos de origem bastante recente, formados, em geral, por argilas moles ou areias argilosas fofas, que tiveram sua deposição na Era Quaternária (Ribeiro, 1992). Flutuações do nível do mar ao longo do tempo, associadas a mudanças climáticas, influenciaram a formação das planícies costeiras brasileiras, com destaque para a Transgressão Antiga, em que foi atingido o nível marinho alto mais antigo do período Quaternário, evidenciado somente nos estados da

Bahia e de Sergipe, e para a Penúltima Transgressão, nas planícies costeiras dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas (Bittencourt et al., 1979; Suguio et al., 1985; Suguio e Martin, 1978).

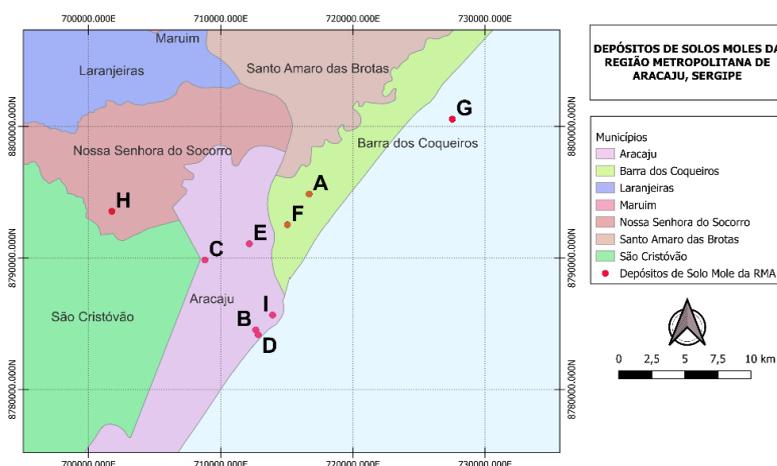


Figura 1- Depósitos de solo mole da RMA georreferenciados por Sá (2019) com base no Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe (Sergipe, 2016).

Quanto à classificação geológica, os depósitos situados nos locais A, B, D, E e I podem ser classificados como Depósitos Litorâneos, originados no período Quaternário, na época do Holoceno. São depósitos eólicos, formados por areias bem selecionadas. O local C, por sua vez, pertence aos Depósitos Flúvio-Lagunares, também originados no período Quaternário. São depósitos compostos por areia e silte argilosos, ricos em matéria orgânica (Sá, Cavalcante e Almeida, 2022).

No que diz respeito à estratigrafia, os boletins de sondagem dos locais em estudo revelaram, de modo geral, camadas de argila orgânica, de consistência mole a muito mole, de coloração cinza-escura. Essas camadas estavam por vezes intercaladas a lentes de areia e com presença de matéria orgânica, como fragmentos de conchas e crustáceos, reflexo de um ambiente de grande influência marinha. Os depósitos investigados possuem espessuras variando entre 1,75 m e 13,2 m, desde camadas mais próximas à superfície quanto mais profundas. Em todos os casos, foi possível encontrar pelo menos uma camada drenante de areia sobrejacente à camada compressível.

3.2 Métodos

3.2.1 Coleta das Amostras

As amostras "indeformadas" foram coletadas por empresas da região, ao que se sabe, utilizando o amostrador de paredes finas do tipo *Shelby*, embora outros amostradores de melhor qualidade, como o Laval, o *Sherbrooke* e o Japonês, estejam disponíveis (Bertuol, 2009). A escolha do tubo *Shelby* pelas empresas pode ter sido influenciada pela disponibilidade e/ou custo. Durante esta pesquisa, a coleta das amostras e a preparação dos corpos de prova dos locais A e B foram acompanhadas, verificando-se que foram seguidas recomendações da NBR 9820 (ABNT, 1997), como evitar a percussão durante a cravação do amostrador, lacrar imediatamente as amostras com parafina após a retirada do furo e acondicioná-las em local adequado. No entanto, não há informações sobre o transporte dessas amostras. Além disso, quanto às amostras dos locais C, D, E e I, não existem informações sobre as etapas de coleta, identificação, acondicionamento e transporte, que ficaram a cargo das empresas responsáveis.

3.2.2 Ensaios de laboratório

Os dados de ensaios de adensamento e caracterização geotécnica foram resgatados nos locais C, D e E, conforme detalhadamente apresentado por Sá, Cavalcante e Almeida (2022), enquanto novos ensaios foram executados por estes autores com as amostras dos locais A e B. Posteriormente, foram obtidas informações acerca de ensaios de laboratório realizados no local I.

3.2.3 Avaliação da Qualidade das Amostras

Três diferentes critérios foram aplicados para avaliar a qualidade das amostras “indeformadas” coletadas. O primeiro deles foi o critério de Lunne, Berre e Strandvick (1997), que se baseia na relação $\Delta e/e_0$, em que Δe é a diferença entre o índice de vazios inicial da amostra (e_0) e o índice de vazios correspondente à tensão efetiva de campo (e_{v0}) (Tabela 1). Segundo estes autores, uma variação no volume de vazios (Δe) é mais prejudicial à estrutura do solo quanto menor for o índice de vazios inicial (e_0). Essa proposta de classificação considera também a razão de pré-adensamento (OCR) do solo.

Tabela 1. Critério de classificação da qualidade das amostras proposto por Lunne, Berre e Strandvik (1997).

OCR	$\Delta e/e_0$			
	Excelente a Muito Boa	Boa a Regular	Pobre	Muito Pobre
1 - 2	< 0,04	0,04 - 0,07	0,07 - 0,14	> 0,14
2 - 4	< 0,03	0,03 - 0,05	0,05 - 0,10	> 0,10

Com base na experiência local e por considerar a proposta de Lunne, Berre e Strandvik (1997) muito rigorosa para as argilas brasileiras, Coutinho (2007) propôs modificações nos valores limites das faixas de variação de qualidade das amostras, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Critério de classificação da qualidade das amostras proposto por Coutinho (2007).

OCR	$\Delta e/e_0$			
	Excelente a Muito Boa	Boa a Regular	Pobre	Muito Pobre
1 - 2,5	< 0,05	0,05 - 0,08	0,08 - 0,14	> 0,14

Por fim, Andrade (2009) sugeriu uma modificação na classificação de Coutinho (2007) considerando os casos em que o valor de $\Delta e/e_0$ calculado coincidia exatamente com o valor limite entre classes, gerando dúvidas quanto à escolha adequada. Dessa forma, ele propôs uma nova classificação, apresentada na Tabela 3. Segundo essa classificação, se o valor calculado for equivalente ao limite entre duas classes vizinhas, a qualidade do corpo de prova será o adjetivo que é comum às duas classes (Aguiar, 2021).

Tabela 3. Critério de avaliação da qualidade de corpos de prova para ensaios de adensamento (Andrade, 2009).

OCR	$\Delta e/e_0$					
	Excelente a Muito Boa	Muito boa a Boa	Boa a Regular	Regular a Pobre	Pobre a Muito Pobre	Muito Pobre
1 - 2,5	< 0,05	0,05 - 0,065	0,065 - 0,08	0,08 - 0,11	0,11 - 0,14	> 0,14

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise dos Resultados de Ensaios de Laboratório

A Tabela 4 apresenta um resumo dos resultados dos ensaios de caracterização das amostras estudadas e o valor de OCR calculado com base nos ensaios de adensamento. Nesta Tabela, δ é massa específica real; w_0 , o teor de umidade natural; LL, o limite de liquidez; LP, o limite de plasticidade; IP, o índice de plasticidade, IA, o índice de atividade e IL, o índice de liquidez do solo. Maiores informações podem ser encontradas em Sá, Cavalcante e Almeida (2022).

Tabela 4. Resumo dos resultados dos ensaios de laboratório realizados nas amostras dos locais de estudo.

Local	Amostra	δ (g/cm ³)	w ₀ (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL	IA	OCR
A	1	2,56	29,41	27,41	18,81	9	1,2	0,44	-
	2	2,61	28,65	43,45	25,19	19	0,2	0,63	-
B	3	-	42,21	-	-	-	-	-	-
C	4	2,59	53,66	39,00	24,00	15	2,0	0,56	1,11
	5	2,59	48,80	36,00	23,00	13	2,0	0,55	1,00
D	6	2,66	41,40	48,00	27,00	21	0,7	0,56	0,83
	7	2,66	39,08	37,00	21,00	16	1,1	0,59	0,81
	8	2,55	39,79	-	-	-	-	-	1,96
E	9	2,54	50,23	-	-	-	-	-	2,22
	10	2,43	83,97	-	-	-	-	-	2,12
I	11	2,64	30,60	23	15	8	2,0	0,44	-
	12	2,62	27,40	26	18	8	1,2	0,37	-

Com base nos resultados apresentados, observa-se que em seis das oito amostras que possuíam valores para umidade e limite de liquidez, o teor de umidade do solo supera o seu limite de liquidez. O LL apresentou valores que oscilaram entre ~23 – 48% e uma média de 35%. Além disso, para essas mesmas amostras, os valores de IL foram maiores que 1,0. Os processos descritos por Mitchel (1976) podem ajudar a compreender os altos valores de IL encontrados nos ensaios. Esse autor explica que a umidade acima do limite de liquidez é uma característica distintiva das argilas muito sensíveis ou *quick clays*, que são formadas a partir de argilas normais devido aos processos de lixiviação e troca de íons ou à ação de agentes dispersantes, resultando em uma redução do LL, do IP e da atividade, o que leva a um aumento do IL à tensão efetiva constante.

Adicionalmente, o índice de atividade das argilas analisadas - calculado como a razão entre o IP e a fração argilosa do solo (porcentagem de partículas com dimensões inferiores a 2 μ m) - variou entre 0,37 e 0,63, indicando argilas inativas de acordo com a classificação de Skempton (1984). Para este autor, há evidência de que coletar amostras indeformadas de boa qualidade, em profundidade, em camadas de argila normalmente adensadas, é muito difícil quando essas argilas são sensíveis e inativas.

Embora não haja confirmação da sensibilidade das argilas estudadas, algumas características sugerem seu potencial para apresentar sensibilidade. Uma delas é o fato de estarem associadas a ambientes marinhos geologicamente jovens, conforme apresentado na seção 3.1. Mitchel (1976) afirma que as maiores sensibilidades estão associadas a argilas formadas em ambientes salgados que datam da última era glacial (no início do período Quaternário) e Brand e Brenner (1981) complementam que mudanças na estrutura na pós-formação dos depósitos argilosos podem estar relacionadas a sensibilidades muito altas de algumas argilas, majoritariamente argilas marinhas e geologicamente jovens (da última era glacial).

É importante notar ainda que, de acordo com Bertuol (2009), *quick clays* geralmente estão próximas a camadas drenantes e têm espessuras menores. Conforme já mencionado, as espessuras das camadas de argila estudadas nesta pesquisa variam de 1,75 m a 13,2 m, podendo ser consideradas de pequena a intermediária, quando comparadas às espessuras de outros depósitos argilosos brasileiros, que podem chegar até 40 m de espessura, e estão localizadas adjacentes a pelo menos uma camada de areia.

Por fim, é necessário considerar que valores de OCR menores que 1, como os apresentados pelas amostras do local D, podem indicar uma redução da tensão de pré-adensamento devido ao amolgamento da amostra (Ladd, 1973). Essa perturbação pode conduzir a OCR's diferentes do real, especialmente considerando-se a profundidade em que essa camada se encontra (~12 m). Por isso, foi adotado o valor de 1,0 para aplicação dos critérios de avaliação da qualidade dessas amostras.

4.2 Qualidade das amostras

Os critérios apresentados na seção 3.2.3 foram aplicados aos depósitos estudados nesta pesquisa e os resultados são apresentados na Tabela 5. Em adição, são apresentadas também as curvas de adensamento referentes aos ensaios realizados para os locais A, B e I na Figura 2.

Tabela 5. Avaliação da qualidade das amostras coletadas.

Dados qualidade das amostras						
Local	Amostra	OCR	$\Delta e/e_0$	Lunne et al. (1997)	Coutinho (2007)	Andrade (2009)
C	4	1,11	0,142	Muito pobre	Muito pobre	Muito pobre
	5	1,00	0,142	Muito pobre	Muito pobre	Muito pobre
D	6	0,83	0,145	Muito pobre	Muito pobre	Muito pobre
	7	0,81	0,121	Pobre	Pobre	Pobre a muito pobre
	8	1,96	0,133	Pobre	Pobre	Pobre a muito pobre
E	9	2,22	0,097	Pobre	Pobre	Regular a pobre
	10	2,12	0,090	Pobre	Pobre	Regular a pobre

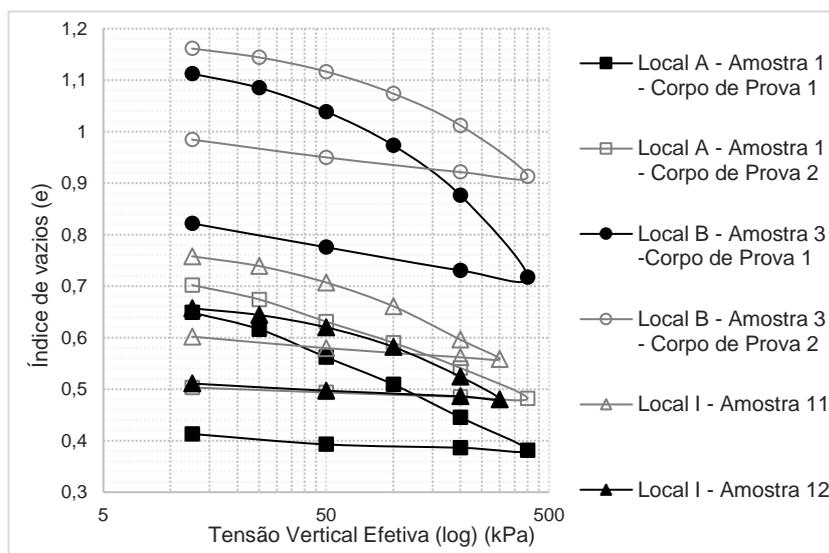


Figura 2 - Curvas de adensamento para os locais A, B e C.

A análise dos resultados apresentados revela que, todas as amostras, coletadas em diferentes épocas e depósitos, apresentaram qualidade insatisfatória sob a ótica de três diferentes autores tomados como referência. Além disso, para os locais A, B e I, é possível evidenciar a má qualidade das amostras apenas observando-se as curvas de adensamento. O amolgamento é verificado pela ausência de transição entre o trecho de recompressão e o trecho virgem das curvas de compressão (Martins e Lacerda, 1994), de forma tal que a tensão de pré-adensamento é mascarada.

Uma vez que essas amostras "indeformadas" de solo mole foram coletadas para ensaios de laboratório de obras reais e diante da evidente má qualidade, é fundamental investigar os fatores que contribuem para esse problema e encontrar maneiras de minimizá-los.

Inicialmente, vale discutir a relação entre o amolgamento das amostras e a inatividade e sensibilidade das argilas locais. Foi verificado que todas as argilas estudadas eram inativas e alguns depósitos foram classificados como normalmente adensados. Embora haja uma suspeita de possível sensibilidade desses depósitos, é preciso confirmá-la para que se verifique a afirmação de Skempton (1984): coletar amostras "indeformadas" de boa qualidade em camadas de argila sensível, normalmente adensadas, situadas em profundidade, é muito difícil quando essas argilas são inativas.

Um segundo ponto é que, para os locais A e B, verificou-se que os cuidados recomendados na coleta, armazenamento e moldagem do corpo de prova foram tomados. No entanto, não houve acompanhamento do transporte. Assim, pode-se começar com a hipótese de que uma falha durante o transporte das amostras pode estar causando seu amolgamento. Embora não se tenha informações sobre os procedimentos adotados nos

locais C, D, E e I, este é um ponto de partida para verificar se a causa do amolgamento está no processo de amostragem. É interessante também testar outros amostradores, como o Laval, o Japonês e o *Sherbrooke* que, de acordo com a literatura, costumam fornecer amostras de melhor qualidade que o Shelby (Tan *et al.*, 2002 e Bertuol, 2009).

Finalmente, destaca-se a importância em avaliar a qualidade das amostras “indeformadas” coletadas para melhor interpretação dos resultados obtidos nos ensaios de laboratório. Sabendo-se que uma amostra possui qualidade ruim, não é recomendado utilizar os parâmetros estimados com base em ensaios realizados com ela para cálculos de recalques, por exemplo, já que os prazos previstos para estabilização com base em amostras amolgadas podem ser maiores (Almeida e Marques, 2011).

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos ensaios de laboratório realizados e nas análises conduzidas, verificou-se que o teor de umidade excedeu o limite de liquidez em algumas das amostras coletadas e que a maioria delas apresentou índice de liquidez elevado. Além disso, a partir do índice de atividade todas as amostras foram classificadas como argilas inativas. Embora não se possa afirmar que as argilas estudadas são sensíveis, há indícios de potencial para sensibilidade devido a influências oriundas da sua formação, como mudanças no nível do mar durante o período do Quaternário. Essas informações são relevantes para aprofundar a compreensão da relação entre a inatividade e a potencial sensibilidade dos solos moles da RMA com a dificuldade de se obter amostras “indeformadas” de boa qualidade. Contudo, não se pode ignorar possíveis falhas no transporte, coleta, armazenamento e moldagem dos corpos de prova, bem como o modelo de amostrador escolhido como fatores causadores. Sugere-se que trabalhos futuros incluam uma avaliação da sensibilidade dos solos moles da RMA, investiguem os procedimentos de transporte adotados pelas empresas responsáveis pela coleta de amostras na região e explorem o uso de diferentes tipos de amostradores. Essas investigações podem oferecer valiosas contribuições para solucionar os problemas identificados neste estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua gratidão às empresas que viabilizaram os ensaios de campo e forneceram dados essenciais para este estudo, além da equipe do Laboratório de Geotecnia e Pavimentação (GEOPAV) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), pela colaboração nos ensaios laboratoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M. de S. S.; Marques, M. E. S. (2011). *Aterros sobre Solos Moles: Projeto e Desempenho*. Oficina de Textos, São Paulo, SP, Brasil, 254 p.
- Andrade, M. E. S. (2009). *Contribuição ao estudo das argilas moles da cidade de Santos*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Geotecnia, Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, 397 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1997). NBR 9820. *Coleta de Amostras Indeformadas de Solos de Baixa Consistência em Furos de Sondagem*. Rio de Janeiro.
- Bertuol, F. (2009). *Caracterização geotécnica da sensibilidade de um depósito sedimentar do Rio Grande do Sul com o uso de ensaios de laboratório*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Departamento de Geotecnia, 180 p.
- Bittencourt, A. C. S. P. *et al.* (1979). Quaternary Marine Formations of the Coast of the State of Bahia (Brazil). In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo. *Anais ...* p. 232-253.
- Bjerrum, L. (1973). Problems of Soil Mechanics and Construction on Soft Clays and Structurally Unstable Soils (Collapsible, Expansive and Others). In: International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow. *Anais ...* Moscow. p. 109-159.
- Brand, E. W.; Brenner, R. P. (1981) *Soft clay engineering*. Elsevier, 779 p.

- Coutinho, R. Q. (2007). Characterization and Engineering Properties of Recife Soft Clays- Brazil. In: Characterization and Engineering Properties of Natural Soils, Singapura, *Anais ... International Workshop*. v. 3, p. 2049-2100.
- Futai, M. M. (2010). Considerações sobre a influência do adensamento secundário e do uso de reforços em aterros sobre solos moles. Tese de Livre Docência, Departamento de Estruturas e Geotécnica, Universidade de São Paulo, 178 p.
- Hvorslev, M. J. (1949). *Subsurface Exploration and Samplings of Soils for Civil Engineering Purposes*. Waterways Experiment Station: Mississippi.
- Ladd, C. C. (1973). *Estimating settlements of structures supported on cohesive soils*. In: MIT 1971 Special Summer Program, 1.34s, “Soft Ground Construction”. Massachusetts, USA, p. 99.
- Lunne, T., Berre, T., Strandvik, S. (1997). *Sample Disturbance Effectation in Soft Low Plastic Norwegian Clay*. In: Lunne, T., Berre, T., Strandvik, S. *Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, p. 81-102.
- Martins, I. S. M., Lacerda, W. A. (1994). Sobre a Relação Índice de Vazios-Tensão Vertical Efetiva na Compressão Unidimensional. *Solos e Rochas*, p. 157–166.
- Mitchell, J. K. (1976). *Fundamentals of Soil Behavior*, 1st ed., John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 422 p.
- Ribeiro, L. F. M. (1992). *Ensaio de Laboratório para Determinação das Características Geotécnicas da Argila Mole de Sergipe*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Geotecnia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 201 p.
- Sá, L. M. S. (2019). *Caracterização geotécnica e georreferenciamento de alguns depósitos de solos moles da região metropolitana de Aracaju*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, 205 p.
- Sá, L. M. S., Cavalcante, E. H., Almeida, G. B. de O. (2022). Geotechnical Characterization And Georeferencing Of Some Soft Soil Deposits Of The Metropolitan Region Of Aracaju. *Geosciences= Geociências*, 41 (2), p. 359-372.
- Sergipe. (2016). *Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe*. Aracaju: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH.
- Shogaki, T., Kaneko, M. (1994). Effects of sample disturbance on strength and consolidation parameters of soft clay. *Soils and Foundations*, 34 (3), p. 1-10.
- Skempton, A. W. (1984). The Colloidal “Activity” of Clays. In: *Selected Papers on Soil Mechanics*, p. 57-61.
- Suguio, K., *et al.* (1985). Flutuações do Nível Relativo do Mar Durante o Quaternário Superior ao Longo do Litoral Brasileiro e suas Implicações na Sedimentação Costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, [s.l.], 15 (4), p. 273–286.
- Suguio, K., Martin, L. (1978). Quaternary Marine Formations of the State of São Paulo and Southern Rio de Janeiro. In: *International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary*, São Paulo). *Anais SGB*. p. 1-52.
- Tan, T. *et al.* (2002). Effect of sampling disturbance on properties of Singapore clay. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 128(11), p. 898-906.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 3rd ed, John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 549 p.