

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



Análise Comparativa do Uso de Amostradores na Qualidade de Amostra de Solos Moles

Joás Tomaz de Aquino

Mestrando em Engenharia Civil, UFPE, Recife-PE, Brasil, joas.tomaz@ufpe.br

Silvio Romero de Melo Ferreira

Docente, UFPE, Recife-PE, Brasil, silvio.mferreira@ufpe.br

Silvânio da Silva Sousa Segundo

Mestrando em Engenharia Civil, UFPE, Recife-PE, Brasil, silvaniosegunundo@hotmail.com

Martha Maria Bezerra Santos

Mestranda em Engenharia Civil, UFPE, Recife-PE, Brasil, martha.bezerra@ufpe.br

Iálysson da Silva Medeiros

Mestrando Engenharia Civil e Ambiental, UFPE - CAA, Caruaru-PE, Brasil, ialysson.medeiros@ufpe.br

RESUMO: Os processos de amostragem e de extrusão de amostras podem causar algumas perturbações no solo, comprometendo, dessa forma, a qualidade e a confiabilidade dos parâmetros. Nesses termos, o objetivo desse trabalho é realizar uma análise comparativa dos principais métodos de campo para obtenção de amostras de solos argilosos e verificar a qualidade associada das mesmas. O presente trabalho se caracteriza como pesquisa bibliográfica, de natureza qualitativa e caráter exploratório, baseada na análise de literatura sobre o tema para identificar os tipos de amostradores com a qualidade das respectivas amostras, conforme as classificações de Lunne *et al.* (1997) e Coutinho (2007). Os resultados revelaram que o amostrador *Sherbrooke* é o que possui o melhor índices de qualidade, assim como maior precisão. Um controle da velocidade de penetração do amostrador também tem impacto no nível de qualidade. Ressalta-se que o tipo de amostrador é importante para resultados mais confiáveis, mas também deve ser considerado o processo de transporte, armazenagem, técnica de ensaio, como anunciado pela literatura.

PALAVRAS-CHAVE: Amostras indeformadas, Qualidade de amostras, Solo Argiloso.

ABSTRACT: Sampling and sample extrusion processes can cause some disturbances in the soil, thus compromising the quality and reliability of the parameters. In these terms, the objective of this work is to carry out a comparative analysis of the main field methods to obtain samples of clayey soils and verify their associated quality. The present work is characterized as a bibliographical research, qualitative and exploratory in nature, based on the analysis of the literature on the subject to identify the types of samplers with the quality of the respective samples, according to the classifications by Lunne *et al.* (1997) and Coutinho (2007). The results revealed that the Sherbrooke sampler has the best quality indices, as well as the highest precision. A control of the penetration speed of the sampler also has an impact on the quality level. It is noteworthy that the type of sampler is important for more reliable results, but the process of transport, storage, testing technique, as announced in the literature, must also be considered.

KEYWORDS: Undisturbed samples, Sample quality, Clay soil.

1 Introdução

Na Geotecnia, em muitas de suas investigações, o processo de amostragem consiste na coleta de amostras do solo em campo para a realização de ensaios em laboratório. A partir da amostragem podem ser realizados ensaios de caracterização, determinação das variáveis do estado do solo, como porosidade, grau de saturação, bem como tensões totais e pressão da água dos poros, determinação de propriedades mecânicas, como resistência, rigidez, compressibilidade e permeabilidade, entre outros. Em todos esses casos, as amostras

testadas devem preservar composição e estado semelhantes ao solo *in situ* para que se obtenha um índice representativo dos parâmetros geotécnicos a serem usados em projetos de engenharia.

Nesses termos, Hvorslev (1949) já anunciava as dificuldades para obtenção de amostras de solo de alta qualidade, dados os vários processos envolvidos na sua obtenção. Assim, esse autor classificou o distúrbio da amostra de acordo com cinco categorias, a saber: (a) variações nas condições de tensão; (b) variações no teor de água e na razão de vazio inicial; (c) alteração da estrutura do solo; (d) variações químicas; e (e) mistura e separação dos constituintes do solo. Assim, a influência da perturbação nos resultados dos ensaios laboratoriais depende do tipo e grau de perturbação, das características do solo e da técnica usada nos testes. Ladd e Lambe (1963) definiram que a amostragem perfeita estaria correlacionada ao processo em que a perturbação é limitada apenas aos efeitos causados pelo alívio da tensão de campo.

Nessa mesma perspectiva, Jamiolkowski *et al.* (1985) também sistematizou alguns fatores que resultam em alterações durante o procedimento de amostragem e preparação dos corpos de prova, a saber: variação de tensões causadas pela abertura do orifício; remoção das tensões de campo; geometria e tipo de equipamento de extração de amostra; método utilizado pelo equipamento de extração de amostra; relação entre o diâmetro do equipamento de extração da amostra e os corpos de prova; processo de transporte, armazenamento e manipulação laboratorial. Leroueil e Jamiolkowski (1991) definiram a perturbação da amostra como a destruição do aglutinante entre os pontos de contato dos grãos do solo, e indicaram que as duas principais causas do distúrbio são os mecanismos de distorção associados iniciado com a operação de amostragem e o alívio do campo de tensão total.

Sobo o ponto de vista dos parâmetros geotécnicos, analisando o comportamento de argilas orgânicas moles (coletadas por amostradores do tipo *Shelby*) de Recife, Ferreira (1982) identificou que o amolgamento das amostras de solo altera os valores do coeficiente de adensamento vertical na região de recompressão e diminuição na região de recompressão virgem, havendo alteração (queda) também no valor do coeficiente de permeabilidade. Destaca-se que, com o efeito do amolgamento, tem-se o descréscimo do índice de vazios (para um dado valor da tensão de adensamento), ocasionando dificuldades para definição do ponto de raio mínimo e, consequentemente, a tensão de pré-adensamento, sendo necessário a utilização de métodos de reconstrução da curva $e \times \log \sigma$, como a metodologia proposta por Schertmann (1955), que proporciona a correção da tensão de pré-adensamento de forma iterativa.

Nessa mesma linha, Ferreira e Coutinho (1988) quantificaram o efeito do amolgamento nas características de compressibilidade de argilas orgânicas mole de Recife e do Rio de Janeiro, por meio de ensaios edométricos com drenagem vertical para diversos tipos de qualidade da amostra (semi-indeformadas de boa e má qualidade, além de amostras completamente amolgadas em laboratório). Nesse estudo foi identificado que o amolgamento da amostra impactou na diminuição do índice de vazios, na tensão de pré-adensamento, na permeabilidade e no coeficiente de adensamento do solo.

Ferreira *et al.* (2022) analisando o comportamento tensão, deformação e resistência de argilas moles da região norte da cidade do Recife-PE identificaram que o amolgamento impacta no comportamento hidrogeomecânico do solo e mesmo as amostras de boa qualidade é necessário fazer correções da curva de compressibilidade, para melhor definir a tensão de pré-adensamento.

Assim, o conhecimento da qualidade de uma amostra de solo é de grande valia para obtenção de parâmetros geotécnicos mais fidedignos e, consequentemente, projetos de engenharia mais confiáveis. Isto é, se a realização de ensaios já é importante para se obter parâmetros específicos para uma determinada obra e com isso fazer o dimensionamento de uma estrutura de contenção ou obter um fator de segurança de um talude ou barragem, por exemplo, a ciência de uma amostra de qualidade ganha a mesma proporção já que ela impacta nos resultados *a posteriori*.

Nessas condições, o objetivo desse trabalho é realizar um análise comparativa dos principais métodos de campo para obtenção de amostras de solos argilosos e verificação do nível de qualidade das mesmas.

2 Metodologia

Buscando atingir o objetivo, o presente trabalho, de caráter exploratório, se propôs a realizar uma revisão atualizada do tema, através de pesquisa bibliográfica da literatura e estudo de casos sobre investigações de argilas moles com uso de amostradores e seu impacto com a qualidade obtida. A revisão bibliográfica foi feita através de pesquisa em livros, artigos em periódicos de impacto e reconhecimento na literatura geotécnica,

teses e dissertações de centros de pesquisa, trabalhos apresentados em anais congressos nacionais e internacionais, relatórios técnicos, reportagens em veículos de comunicação variados e em publicações de outras áreas do conhecimento, procurando o viés técnico dentro delas. Nesta fase foram identificados 6 (seis) trabalhos entre teses, dissertações e artigos científicos provenientes, em sua maioria, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e da COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) que são centros reconhecidos por seus estudos em investigação geotécnica em solos moles.

Após a etapa de busca e identificados os trabalhos convergentes com essa pesquisa, os mesmos foram analisados sob a ótica do tipo de amostrador utilizado, a qualidade da amostra e seu impacto nos parâmetros geotécnicos. Buscando avaliar a qualidade das amostras, as mesmas foram classificadas pelos critérios de Lunne *et al.* (1997) e Coutinho (2007), por meio do índice $\Delta e/e_0$, bastante utilizado na literatura.

Lunne *et al.* (1997) sugeriram a utilização do índice $\Delta e/e_0$, para classificar a qualidade de uma amostra de solo argiloso, em que $\Delta e = e_0 - e_{v0}$, onde e_0 é o índice de vazios inicial da amostra e e_{v0} é o índice de vazios correspondente à tensão efetiva de campo. A utilização desse índice ocorre por que uma variação no volume de vazios (Δe) é mais prejudicial à estrutura do solo quanto menor for o índice de vazio inicial (e_0).

A partir dessas premissas e nos estudos desenvolvidos no NGI (*Norwegian Geotechnical Institute*), os autores apresentaram uma classificação para analisar a qualidade de amostras de solo argiloso, para duas faixas de OCR, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Critério para classificação da qualidade da amostra com base em Lunne *et al.* (1997).

OCR	Avaliação da qualidade da amostra de solo argiloso			
	Índice de qualidade = $\Delta e/e_0$			
	Muito Boa para Excelente	Bom 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

Fonte: Adaptado de Lunne *et al.* (1997).

Buscando uma adaptação do critério proposto por Lunne *et al.* (1997) para as argilas plásticas brasileiras, Coutinho *et al.* (1998) propuseram novas faixas de valores para a classificação da qualidade de amostras, sendo levado em consideração argilas do Rio de Janeiro e de Pernambuco. A partir dos estudos de Oliveira (2002) com o amostrador *Sherbrooke* o banco de dados foi aprimorado e uma nova classificação foi estabelecida por Coutinho (2007), essa está apresentada na Tabela 2. Esta nova classificação, constituída com uma base de dados brasileira, é composta por quatro classes, indo de um extremo bom e intermediário bom, quando a diferença relativa dos índices de vazios é até 0,08, e do intermediários ruim até o extremo ruim quando se obtém valores acima desse limite, como apresentado na Tabela 2. Nos critérios apresentados verifica-se que quanto menor o índice, maior é a avaliação da qualidade da amostra.

Tabela 2. Critério adaptado para classificação da qualidade da amostra com base em Coutinho (2007).

OCR	Avaliação da qualidade da amostra de solo argiloso			
	Índice de qualidade = $\Delta e/e_0$			
	Muito Boa para Excelente	Bom a regular	Pobre	Muito pobre
1,00 – 2,50	< 0,05	0,05 – 0,08	0,08 – 0,14	> 0,14

Fonte: Adaptado de Coutinho (2007) e Oliveira (2002).

Após a classificação, algumas estatísticas básicas foram obtidas (como a média, mediana, desvio padrão e coeficiente de verificação) e foram comparados os tipos de amostradores com a classificação da qualidade da amostra, com base nos critérios adotados.

3 Resultados e discussão

3.1 Caracterização dos estudos e amostradores identificados

Nesta subseção estão apresentados as características dos estudos analisados. Os amostradores identificados nas pesquisas foram o *Shelby*, pistão e *Sherbrooke* para investigações em depósitos de argilas

moles ou muito moles. Os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 1, onde são apresentados os objetivos, local de investigação geotécnica, breve caracterização do depósito de argila e tipo de amostrador para cada pesquisa.

Quadro 1. Características gerais dos estudos analisados neste trabalho.

Autores	Objetivo	Local de estudo	Breve característica do solo argiloso	Tipo de amostrador
Oliveira (2002)	Analisar a influência da qualidade da amostra na resistência de argilas moles.	Recife e Rio de Janeiro.	No Rio de Janeiro: argila cinza muito mole de origem flúvio-marinha. No Recife: uma camada de areia argilosa fofa, seguido de uma camada argila siltosa orgânica mole.	<i>Sherbrooke</i> e pistão estacionário (100 mm de diâmetro interno).
Baroni (2010)	Realizar uma investigação geotécnica em argilas orgânicas muito compressíveis em depósitos da Barra da Tijuca.	Rio de Janeiro.	Planície costeira com cerca de 120 km ² , coberta de sedimentos cenozóicos.	<i>Shelby</i> de pistão estacionário de paredes finas (100 mm de diâmetro interno).
Rocha (2016) Cadete (2016) e Ferreira <i>et al.</i> (2022)	Analisar a compressibilidade de uma argila orgânica mole do Recife.	Bairro de Chão de Estrelas-PE.	Depósito de origem flúvio-marinha.	<i>Shelbys</i> , amostrador metálico de parede fina e ponta biselada (diâmetro de 100mm).
Freire (2016)	Estudar as propriedades geotécnicas do Subsolo do Cluster Naval.	Suape, Pernambuco.	Áreas com substrato formado por sedimentos de mangues.	<i>Shelby</i> com diâmetro de 100 mm.
Lim <i>et al.</i> (2018)	Prever o comportamento de um aterro.	Newcastle (Austrália).	Depósitos de argila mole.	<i>Shelby</i> (600mm), pistão fixo e livre, <i>Sherbrooke</i> (350mm).
Jannuzzi <i>et al.</i> (2021)	Avaliar a força de penetração e remoção durante a amostragem de argila muito moles.	Rio de Janeiro.	O solo argiloso de alta plasticidade.	<i>Shelby</i> de latão (100 mm de diâmetro).

Fonte: Autores (2021).

Entre os amostradores identificados tem-se o amostrador de pistão que é aquele em que a extremidade inferior do tubo de amostragem é fechada com um pistão, sendo sua maior vantagem o bloqueio a entrada de solo amolgado da base do furo. A posição e o movimento do pistão são controlados pela haste interna, e, dependendo de seu tipo de movimentação, são classificados em: estacionário e livre. No sistema estacionário o pistão é mantido a uma profundidade constante durante a amostragem. O pistão deve ser posicionado na altura da sapata de corte e fixado na haste de sondagem é liberado. Enquanto o amostrador é cravado no solo o pistão mantém a posição. O amostrado é então retirado do solo contendo a amostra. Uma das principais vantagens desse tipo de amostrador diz respeito a não transferência de pressão hidrostática ou atmosférica para a amostra.

Outro tipo é o amostrador identificado foi o *Shelby*. Ele é composto por um tubo conectado a um cabeçote provido de uma válvula de esfera, que possibilite ao ar e a água escaparem, à medida que, o amostrador é cravado na camada argilosa, e a amostra coletada, alojada no seu interior. Ainda, foi identificado o amostrador denominado de *Sherbrooke* que propõe a recuperação de amostras profundas, a partir da

superfície do terreno e utilizando procedimentos semelhantes na obtenção de blocos em trincheiras superficiais. Ele possui três hastes, pelas quais circula água ou lama para facilitar a execuções das seções da amostra, na extremidade de cada uma destas hastes existe uma faca, fazendo assim possível o amoldamento da amostra através da rotação lenta do amostrador. Finalizado o amoldamento, um peso sob gravidade gera um impacto e aciona molas e abre facas, que cortam a base da amostra, passando assim a sustentar sua recuperação.

3.2 Análise comparativa dos resultados dos amostradores e qualidade das amostras

No Quadro 2 estão sintetizados os resultados da qualidade da amostra, percebe-se que, na maioria dos casos, os dois critérios convergiram para a mesma classificação da amostra de solo argiloso. Quando isso não ocorreu, foi devido ao fato da classificação de Coutinho (2007) abranger limites um pouco maiores nas classes da avaliação, dada a alta plasticidade das argilas brasileiras, e com isso uma amostra que apresentou um índice no limiar de ser considerada como pobre (má qualidade), com essa ampliação, ela pode ser classificada como bom a regular (boa qualidade), por exemplo, como no caso das amostras de Rocha (2016).

Quadro 2. Resumo da avaliação da qualidade das amostras.

Autores	Tipo de Amostrador	Número de amostras indeformadas	Critérios e níveis da qualidade			
			Lunne <i>et al.</i> (1997)		Coutinho <i>et al.</i> (2007)	
			Boa	Má	Boa	Má
Oliveira (2002)	<i>Sherbrooke</i>	14	42,85%	57,15%	57,15%	42,85%
	Pistão	4	50%	50%	50%	50%
Baroni (2010)	<i>Shelby</i>	11	54,55%	45,45%	72,73%	27,27%
Rocha (2016) Cadete (2016) e Ferreira <i>et al.</i> (2022)	<i>Shelby</i>	5	20%	80%	80%	20%
Freire (2016)	<i>Shelby</i>	24	62,5%	37,5%	66,67%	33,33%
Lim <i>et al.</i> (2018)	<i>Sherbrook</i>	3	100%	0%	100%	0%
	Pistão Livre	3	100%	0%	100%	0%
	Pistão Fixo	2	100%	0%	100%	0%
	<i>Shelby</i>	3	33,33%	66,67%	33,33%	66,67%
Jannuzzi <i>et al.</i> (2021)	<i>Shelby</i>	13	100%	0%	100%	0%

Fonte: Autores (2021).

Nos estudos de Oliveira (2002), o pistão apresentou metade das amostras de boa qualidade e a outra metade de má qualidade. Enquanto o tipo de amostrador *Sherbrooke* apresentou 57,15% da amostras de boa qualidade, pelo critério de Coutinho (2007). No caso de Baroni (2010) e Freire (2016), o amostrador *Shelby* apresentou a maioria das amostras de boa qualidade pelos dois critérios considerados. Na investigação de Lim *et al.* (2018) para os amostradores *Sherbrooke* e do tipo pistão (fixo e livre) todas as amostras foram consideradas de boa qualidade. O mesmo correu com Januzzi *et al.* (2021) utilizando o *Shelby*.

Buscando verificar o desempenho médio de cada estudo, foram calculadas as estatísticas descritivas básicas para cada autor, com base no amostrador utilizado e região analisada. Sabe-se que esse procedimento depende de uma quantidade considerável de amostras (valor de N), mas como o objetivo desse trabalho é fazer uma análise teórico-comparativa e sabendo que o uso de determinados amostradores é bastante oneroso, as estatísticas descritivas obtidas aqui servem para obter a ordem de grandeza do valor do índice, $\Delta e/e_0$, que mensura a qualidade das amostras. Os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 3 e apresentados na Figura 1, por meio do gráfico de *boxplot*.

Como observado pelo Quadro 3, nos estudos de Oliveira (2002) um melhor desempenho médio foi obtido com o uso do *Sherbrooke* para as argilas de Recife-PE (com um índice médio de 0,067), possuindo essa investigação geotécnica a menor dispersão (desvio padrão de 0,0174 e coeficiente de variação de 0,2597). Na amostra do Rio de Janeiro, com o *Sherbrooke* foi obtido um valor médio de 0,0808, estando entre o limiar da classificação entre uma amostra de qualidade boa a regular e pobre, conforme o critério de Coutinho (2007). Por outro lado, o amostrador do tipo pistão apresentou o maior valor médio do índice de qualidade (média de

0,0905) e uma maior dispersão em torno da média (coeficiente de variação de 0,6309). Esses resultados numéricos convergem para as informações apresentadas na Figura 1, nela as amostras obtidas por meio do *Sherbrooke* de Recife-PE apresentaram a menor distância interquartilica, o que não acontece com as amostras obtidas pelo amostrador pistão.

Quadro 3. Estatísticas descritivas da avaliação da qualidade das amostras.

Autores	Tipo de Amostrador / Local	N	Min	Máx	Média	Mediana	Desvio Padrão	CV
Oliveira (2002)	<i>Sherbrooke</i> - RJ	10	0,047	0,132	0,0808	0,0785	0,0245	0,3032
	Pistão - RJ	4	0,039	0,157	0,0905	0,083	0,0571	0,6309
	<i>Sherbrooke</i> - PE	4	0,052	0,092	0,067	0,062	0,0174	0,2597
Baroni (2010)	<i>Shelby</i> - CM1	5	0,06	0,13	0,08	0,07	0,0283	0,3538
	<i>Shelby</i> - CM2	6	0,06	0,14	0,0867	0,08	0,028	0,3230
Rocha (2016) Cadete (2016) e Ferreira <i>et al.</i> (2022)	<i>Shelby</i> - PE	5	0,048	0,093	0,067	0,071	0,0183	0,2731
Freire (2016)	<i>Shelby</i> - Área 1	3	0,03	0,26	0,1133	0,05	0,1274	1,1244
	<i>Shelby</i> - Área 2	6	0,03	0,22	0,0767	0,055	0,0712	0,9283
	<i>Shelby</i> - Área 3	3	0,05	0,09	0,07	0,07	0,02	0,2857
	<i>Shelby</i> - Área 4	3	0,03	0,15	0,0767	0,05	0,0643	0,8383
	<i>Shelby</i> - Área 5	6	0,04	0,25	0,1183	0,1	0,0768	0,6492
	<i>Shelby</i> - Área 6	3	0,01	0,08	0,0433	0,04	0,0351	0,8106
Lim <i>et al.</i> (2018)	<i>Sherbrooke</i>	3	0,018	0,033	0,0277	0,032	0,0084	0,3032
	Pistão Livre	3	0,03	0,068	0,0493	0,05	0,019	0,3854
	Pistão Fixo	2	0,015	0,037	0,026	0,026	0,0156	0,6000
	<i>Shelby</i>	3	0,038	0,162	0,1067	0,12	0,0631	0,5914
Jannuzzi <i>et al.</i> (2021)	<i>Shelby</i>	13	0,005	0,045	0,0267	0,025	0,0123	0,4607

Legenda: N = tamanho da amostra; Min – valor mínimo do coeficiente de avaliação da qualidade da amostra; Máx = valor máximo; Média = média aritmética dos valores obtidos; Mediana = valor que divide a amostra ao meio; Desvio padrão = medida utilizada para verificar a dispersão dos dados; CV = coeficiente de verificação, desvio padrão dividido pela média, mostra a dispersão dos dados em torno da média.

Fonte: Autores (2021).

Para o estudo de Baroni (2010) as duas investigações apresentaram valores médios (um índice cerca de 0,08335) e dispersões semelhantes (em torno de 0,028). Já em Freire (2016), ao investigar as argilas de Suape, Pernambuco, em diversos pontos com o *Shelby*, obteve valores bastante dispersos (com diferenças significativas do desvio padrão e, conseqüentemente, do coeficiente de variação), por exemplo, as amostras das áreas 1 e 5 apresentaram índice médio de qualidade de 0,11 (pobre pelo critério de Coutinho (2007)) e coeficientes de variação de 1,1242 e 0,6489, respectivamente, valores altos quando comparados com os resultados obtidos por outros autores utilizando o mesmo amostrador, essa não conformidade também é vista na Figura 1, com o bloxpot dessas amostras apresentando uma grande diferença interquartilica. Em geral, o autor em seu estudo obteve amostras consideradas de boa qualidade e má qualidade, utilizando o mesmo tipo de amostrador. Isso ocorreu, por que na coleta das amostras das áreas 1, 4 e 5 surgiram dificuldades de logísticas e de execução, além de sofrer grande interferência da maré, confirmando que vários são os fatores que podem perturbar a qualidade da amostra, além do uso do amostrador, conforme Hvorslev (1949).

Ainda, no trabalho de Freire (2016) as amostras de qualidade regular observou-se que a curva teórica no trecho de recompressão apresentou um bom comportamento, se aproximando das amostras de boa qualidade. Porém no trecho compressão virgem, nota-se que o comportamento não acompanhou as amostras de boa qualidade, com inclinação inferior, acarretando uma redução dos valores de C_c , sendo necessária a correção da mesma.

Nos estudos de Lim *et al.* (2018) os amostradores *Sherbrooke* e pistão fixo apresentaram os menores índices de qualidade médios, 0,0277 e 0,026, respectivamente, conforme o Quadro 3. No entanto, o amostrador *Sherbrooke* apresentou valores menos dispersos (menor desvio padrão (0,00084) e coeficiente de variação

(0,3032)), quando comparado com os demais amostradores utilizados pelo autor. Já Jannuzzi *et al.* (2021) ao utilizar *Shelby* de latão com folga externa igual a zero e velocidade de penetração constante, de cerca de 10 mm/s, associado a cuidados com o transporte e manuseio da amostra, obteve amostras de qualidade (índice médio de 0,0267, conforme o Quadro 3). Além do mais, após a penetração o amostrador teve um período mínimo de descanso de uma hora, permitindo que o excesso de poropressão gerado durante a condução se dissipasse.

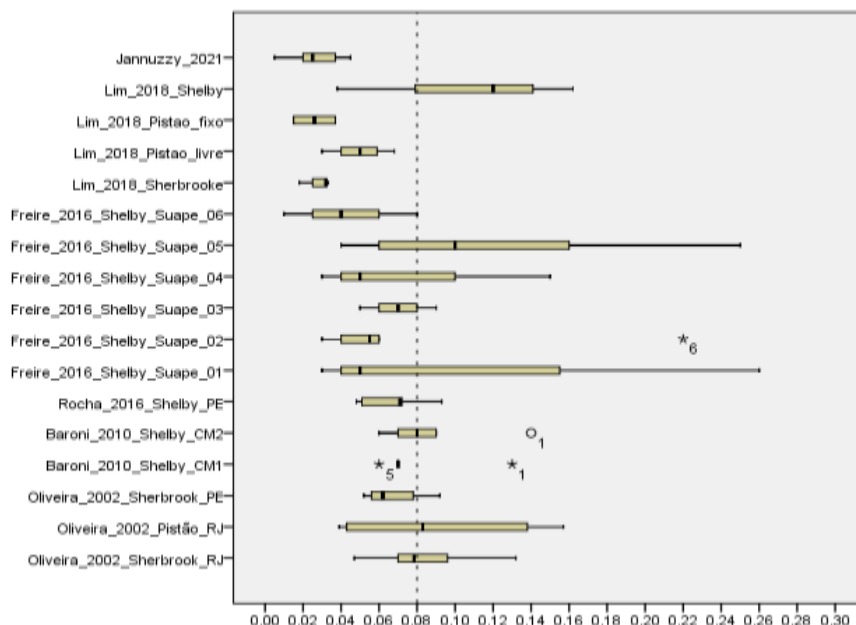


Figura1. Gráfico *Boxplot* dos índices de qualidade das amostras. Fonte: Autores (2021).

Salienta-se que nas amostras de Freire (2016) na área 2 e Baroni (2010) foram identificados *outliers*, que revelaram amostras coletadas de forma inadequada, apresentaram um desempenho muito ruim da qualidade da amostra, como apresentado na Figura 1. Ademais, de forma geral, por meio da Figura 1, é possível perceber que o amostrador do tipo *Sherbrooke* apresentou uma maior qualidade da amostra e valores mais consistentes, enquanto os resultados obtidos pelos amostradores pistão e *Shelby* não apresentaram um padrão (oscilando entre uma maior e uma menor dispersão a depender das condições de manuseio). Ainda, foi verificado uma correlação negativa entre o diâmetro do amostrador e o índice de qualidade, para o amostrador *Sherbrooke* foi obtido um coeficiente de correlação de Spearman de -0,661 (*p-value* de 0,004) e para o pistão um coeficiente de -0,641 (*p-value* de 0,063), evidenciando que quanto maior o diâmetro do amostrador melhor a qualidade da amostra, reduzindo os efeitos do amolgamento.

4 Considerações Finais

A partir das pesquisas analisadas foi possível verificar o quanto o tipo de amostrador impacta na qualidade da amostra (com essa sendo medida de forma quantitativa). Em suas investigações foi possível constatar que o amostrador *Sherbrooke* apresentou os melhores resultados em termos de qualidade, quanto em termos de menor variação dos resultados obtidos. Com relação ao amostrador comumente utilizados para obras, o *Shelby* apresentou resultados com grandes variações, como no trabalho de Freire (2016) ao investigar argilas moles em Suape-PE. No entanto, por outro lado, Jannuzzi *et al.* (2021) com o mesmo tipo de amostrador apresentou resultados excelentes, controlando a força com que esse amostrador atingia o solo. Isso mostra que falar de qualidade de amostra é muito mais do que a escolha do tipo de amostrador, é ter controle no modo de execução, transporte e armazenamento da amostra, com os cuidados de campo só se finalizando com o término do ensaio de laboratório. Pelos resultados obtidos pelos autores pode-se concluir que sempre é necessária a avaliação de amostras indeformadas de solos moles, tendo em vista a percentagem de amostras consideradas de má qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baroni, M. (2010) *Investigação geotécnica em argilas orgânicas muito compressíveis em depósitos da Barra da Tijuca*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). COPPE-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 270 p.
- Cadete, A.N.M. (2016) *Avaliação da resistência não drenada de uma argila orgânica mole do bairro de Chão de Estrelas em Recife-PE*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 164p.
- Coutinho, R. Q. (2007) Characterization and engineering properties of Recife soft clays-Brazil. In: Proc. 2nd Int. Workshop on Charac. and Eng. Properties of Natural Soils. Tan, Phoon, High and Leroueil (eds). Anais... Singapore, p. 2049-2100.
- Coutinho, R. Q., Oliveira, J. T. R., Oliveira, A. T. J. (1998) Estudo quantitativo da qualidade de amostras de argilas moles brasileiras - Recife e Rio de Janeiro. Proc. In: XI Cong. Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Anais... ABMS, Brasília, v. 2. p. 927-936.
- Coutinho, R. Q. (1976) *Características de Adensamento com Drenagem Vertical e Radial em Argila Mole na Baixada Fluminense*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 206 p.
- Ferreira, S.R.M. (1982) *Compressibilidade de uma argila orgânica mole do Recife*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 235 p.
- Ferreira, S.R.M., Coutinho, R.Q (1988) Quantificação do efeito do amolgamento nas características de compressibilidade de argila mole - Rio de Janeiro e Recife. In: Proc. Simp. Depósitos Quaternários das Baixadas Litorâneas Brasileiras, SIDEQUA, Anais...v. 1, p. 3.55-3.69.
- Ferreira, S.R.M., Oliveira, J. T. R., CADETE, A.N., Rocha, F. M. A., OLIVEIRA, M.S. Comportamento tensão-deformação-resistência de uma argila orgânica mole da região norte da cidade do Recife-PE, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 3, 2022.
- Freire, F. C. (2016) *Análise das propriedades geotécnicas do solo mole do cluster/Suape-PE*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFPE, Recife, 255 p.
- Hvorslev, M. J. (1949) *Surface exploration and sampling of soils for civil engineering purposes*. Waterways Experiment Station, Vicksburg.
- Jamiolkowski M., Ladd, C., Germaine, J. T., Lancellota, R. (1985) New Developments in field and laboratory testing of soils. In: Proc. Proc. 11th ICSMFE, San Francisco, Anais... v. 1, p. 57-153.
- Jannuzzi, G. M. F., Danziger, F. A. B., Martins, I. S. M., Lunne, T. (2021) Penetration and retrieval forces during sampling in a very soft clay. *Soils and Foundations*, n. 61, p. 303–317.
- Ladd, C. C.; Lambe, T. W. (1963) The Strength of Undisturbed Clays Determined from Undrained Tests. ASTM STP361, Laborat. *Shear Tests of Soils*, p. 342-371.
- Leroueil, S., Jamiolkowski, M. (1991) Exploration of soft soil and determination of design parameters. General Report-Session 1, In: Conf. on Geotech. Engin. For Coastal Development, Anais...Yokohama, p. 1-41.
- Lim, G T., Pineda, J., Boukpeti, N., Carraro, J. A., Fourie, A. (2018) Effects of sampling disturbance in geotechnical design. *Canadian Geotechnical Journal*, v. 56, n. 2.
- Lunne, T., Berre, T., Strandvik, S. (1997) Sample disturbance effects in soft low plastic norwegian clay. In: *Recent Develop. in Soil and Pavement Mechanics*. COPPE/UFRJ, Anais... Rio de Janeiro, p. 81-102.
- Oliveira, J. T. R. (2002) *A influência da qualidade da amostra no comportamento tensão-deformação-resistência de argilas moles*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 260 p.
- Rocha, F. M. A. (2016) *Compressibilidade de uma argila orgânica mole do bairro de Chão de Estrelas no Recife*. Dissertação (Mestrado em Eng. Civil), Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 127 p.
- Shmertmann, J. H. (1955). *The Undisturbed Consolidation Behavior of Clay*. Transactions, ASCE, Vol. 120, p.1201-1233.