

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental consistiu na retirada de amostras para a realização de ensaios de caracterização e de adensamento convencional (SIC) e de velocidade controlada (CRS) em amostras da camada de argila mole. O objetivo foi avaliar as propriedades de adensamento e compressibilidade após aproximadamente quinze anos da construção do aterro no local.

3.1 Coleta das amostras

A amostragem foi feita no início do mês de dezembro de 2012, com a retirada de 04 amostras shelby em duas verticais (V5A e V5B) e 03 amostras na vertical (V6A), com locação dos furos indicada na Figura 36. Os locais de amostragem foram escolhidos de forma que ficassem próximos às verticais dos ensaios realizados por ocasião do projeto, (V5 e V6), facilitando a comparação entre os parâmetros obtidos em diferentes épocas.

Os trabalhos de campo foram realizados por técnicos da Tecnosonda, que gentilmente realizaram os serviços para a equipe de pesquisadores da UERJ, a preço de custo e no fim de semana. A equipe é qualificada para este serviço, segundo Martins (2012), que costuma orientar e acompanhar os serviços de campo na extração de amostras de boa qualidade para ensaios de pesquisa. Esta equipe se originou da Geotécnica, sendo que o técnico responsável pelo serviço se lembrava de ter feito também a campanha original, cujos resultados foram apresentados no capítulo anterior.

As sondagens respeitaram a norma NBR 9820/1997 referente à retirada de amostras indeformadas em solos moles. O amostrador utilizado foi o Osterberg, indicado para argilas orgânicas moles, siltes argilosos e areias (Figura 37). Vale ressaltar que durante o tempo esperado para recuperação das amostras, o peso do amostrador foi mantido sobre o tubo Shelby, diferentemente do que recomenda a norma.



Figura 36 – Locação das verticais V5A, V5B e V6A de amostragem indeformada para a campanha de ensaios após a manutenção do aterro por 15 anos.



Figura 37 – Amostrador Osterberg e tubo Shelby utilizado na retirada das amostras.

3.1.1 Vertical V6

Serão descritos a seguir alguns detalhes relativos à operação de sondagem na vertical V6:

- i) O nível d'água foi encontrado na cota do terreno atual.
- ii) Os 0,5 m iniciais consistem de areia pura, seguida de areia com vestígios de turfa até a profundidade de 1,88 m.
- iii) A cravação do primeiro tubo (V6A-1), com 82 cm de comprimento, foi iniciada a 1,88 m de profundidade, até 2,70 m. O tempo para recuperação do 1º amostrador foi de 30 minutos. Em seguida foi retirado o amostrador.
- iv) Após lavagem de 10 cm, a cravação do segundo tubo (V6A 2), de 82 cm de comprimento, se iniciou na profundidade de 2,80 m, deixando 10 cm do tubo livre, ou seja a amostra possui 72 cm. A recuperação da amostra se deu após 30 minutos. Retirada do segundo amostrador.
- v) Após lavagem de 10 cm, ou seja, a partir da profundidade de 3,61 m, iniciou-se a cravação do terceiro tubo (V6A 3), de 81 cm de

comprimento, com 10 cm vazio em seu topo, até a profundidade de 4,33 m. Na fase de limpeza do furo, anterior à cravação, observou-se grande quantidade de areia. Com isso, o tempo para recuperação foi de 45 minutos.

- vi) Na fase de limpeza do furo, anterior à cravação do quarto (e último) amostrador, observou-se grande quantidade de areia. Nesta profundidade, 4,32 m, constatou-se o final da camada de argila, seguida de veios de areia e argila.

A Figura 38 mostra algumas das etapas da sondagem. Observa-se na Figura 38d a presença de conchas na retirada do primeiro tubo.



(a) Perfuração do terreno.



(b) Cravação do Amostrador.



(c) Retirada do tubo Shelby.



(d) Detalhe da amostra com conchas.

Figura 38 – Etapas da extração das amostras.

As amostras foram lacradas utilizando-se uma peça de topo de PVC, fita crepe e película de parafina pincelada na extremidade biselada do amostrador, mantendo-se a amostra na vertical. Na identificação feita nos tubos Shelby e caixa de madeira, constaram data, local, profundidade e numeração dada ao furo, como mostra a Figura 39. As amostras foram acondicionadas durante 38 dias na câmara úmida do laboratório de Geotecnia da UERJ, até o início dos ensaios.



(a) Retirada do tubo Shelby do amostrador.



(b) Lacre do topo com uso de fita crepe.



(c) Identificação do tubo Shelby.



(d) Identificação da caixa de madeira.

Figura 39 - Lacre, identificação e acondicionamento das amostras.

3.1.2 Vertical V5

A vertical V5 localizou-se em área atualmente utilizada como estacionamento. Face às dificuldades de recuperação das amostras, foram realizadas sondagens, em 2 pontos (V5A e V5B), como mostra a Figura 40. A distância entre elas foi da ordem de 10m. A sondagem V5B foi feita no dia seguinte à da vertical V5A, em um ponto visualmente mais baixo e em uma posição bem próxima à vertical de instalação da placa de recalque PL2' e ao inclinômetro I2.



(a) vertical V5A.



(b) vertical V5B.

Figura 40 – Localização dos furos.

Serão descritos a seguir alguns detalhes relativos à operação de sondagem na vertical V5A:

- i) O nível d'água observado no furo estava em torno de 80 cm abaixo do pavimento atual.
- ii) Foi utilizada lama bentonítica na perfuração, uma vez que a presença de veios de areia na camada argilosa dificultou a limpeza do furo antes da cravação de amostrador Shelby.
- iii) Cravação do primeiro tubo (V5A-1) à profundidade de 2,60 m, após a retirada de areia e turfa. O tubo de aço com 84 cm foi retirado após 30 minutos, sem recuperação de amostra, devido à presença de areia e turfa.

- iv) Cravação do segundo tubo (Shelby V5A 2) à profundidade de 3,40 m. Após uma hora, somente parte da amostra foi recuperada. O material retirado escorregou do tubo, com grande quantidade de areia.
- v) A presença de areia e mariscos no fundo do 2º amostrador, na profundidade de 4,20 m, caracterizou o término da camada argilosa.

Na vertical V5B os detalhes relativos à operação de sondagem, foram os seguintes:

- i) O nível d'água observado no furo foi encontrado a 70 cm abaixo da pavimentação existente.
- ii) Utilizou-se lama de bentonita para perfuração e limpeza do furo. Foram retirados 2,45 m de areia seguida de turfa, como mostra a Figura 41(a).
- iii) Cravação do primeiro tubo (V5B-1) de 84 cm, da profundidade de 2,45 m até 3,29 m e tempo de recuperação de 40 minutos.
- iv) Após pequena lavagem, procedeu-se à cravação do segundo tubo (V5B-2), com 82 cm, da profundidade de 3,39 m até 4,21 m, e a recuperação foi feita após 1,5 hora de repouso. A Figura 41(b) mostra a retirada do amostrador após a recuperação do Shelby.
- v) Antes da cravação do 3º Shelby, durante a lavagem do furo, foi detectada a presença de mariscos junto ao material argiloso, como mostra a Figura 41(c).
- vi) Cravação do terceiro tubo (V5B-3), de 60 cm, na profundidade de 4,3 m, chegando-se à 4,90 m, aguardando-se 40 minutos para recuperação da amostra.



(a) Topo da camada: areia seguida de turfa.



(c) Presença de conchas.



(b) Recuperação do tubo Shelby.

Figura 41 – Sondagem V5B.

3.2 Preparação dos Corpos de Prova

Foram realizados 03 ensaios de adensamento convencionais (SIC) e 14 ensaios CRS. A Tabela 12 resume a nomenclatura e as profundidades de todos os corpos de prova ensaiados.

Tabela 12 – Ensaio de adensamento SIC e CRS.

| Shelby | Ensaio de adensamento realizado | Profundidade em relação ao N.T (m) |
|--------|---------------------------------|------------------------------------|
| V6A 1 | SIC01 | 2,54 |
| | CRS01 | 2,67 |
| V5B 1 | SIC02 | 3,10 |
| | CRS02 | 2,97 |
| | CRS03 | 2,91 |
| | CRS04 | 2,79 |
| | CRS13 | 2,73 |
| | CRS14 | 2,63 |
| V5B 2 | SIC03 | 4,11 |
| | CRS05 | 4,07 |
| | CRS06 | 4,03 |
| | CRS07 | 3,99 |
| | CRS08 | 3,95 |
| | CRS09 | 3,91 |
| | CRS10 | 3,87 |
| | CRS11 | 3,83 |
| | CRS12 | 3,79 |

Na moldagem dos corpos-de-prova foi possível gerar detalhadamente o perfil de solo. Além da argila e areia, foram encontrados materiais como madeira e bidim, provavelmente provenientes da execução do aterro, além de mariscos, como mostram a Figura 42. As cotas referidas na figura estão relacionadas ao nível do terreno, considerado como 0,0. Os números, ao lado das cotas, correspondem à profundidade de cada trecho da amostra ao longo do tubo do amostrador.

Os resultados sugeriram que a espessura de aterro, considerada de 1,7m no projeto, chegou, de fato, a 2,45m. As espessuras da camada argilosa, que eram 3,65m (V5) e 3,50m (V6), a aproximadamente quinze anos após a construção do aterro, nas áreas referentes às verticais V5B e V6A, foram, respectivamente, de 1,76m e 0,34m.

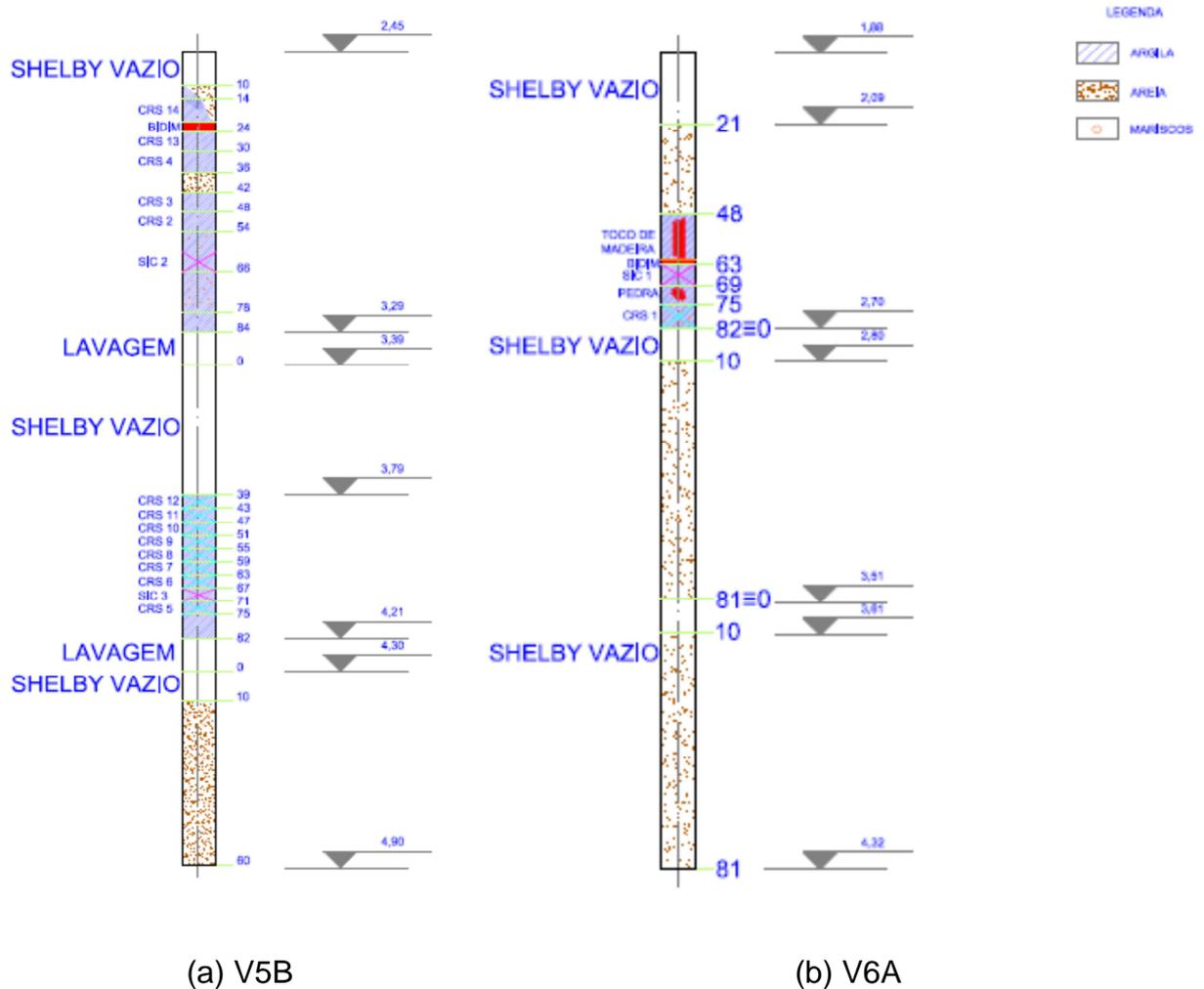


Figura 42 – Perfil de solo identificado nas amostras.

A Figura 43 ilustra a metodologia de preparação dos corpos de prova. O tubo shelby era apoiado horizontalmente em uma estrutura de madeira. A sequência adotada está descrita a seguir:

- Descarte da ponta, com tubo apoiado em um suporte na horizontal e auxílio de serra fina;
- Corte de seção da amostra com uso de fio de aço, e cuidado para não haver vibração;
- Corte do restante do tubo, separação entre a amostra e o tubo, com uso de fio de aço na interface entre o solo e a parede interna do tubo Shelby;

- d) Extração da amostra do tubo amostrador;
- e) Utilização de um suporte de diâmetro pouco inferior ao do tubo;
- f) Moldagem do corpo de prova.

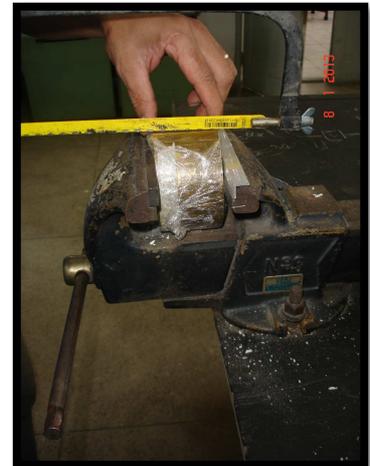
A presença predominante de mariscos pode ser observada na Figura 44. Cuidados na saturação da amostra e drenagem, utilizando-se as pedras porosas previamente fervidas e filtro de papel em ambas as faces da amostra são indicados na Figura 45.



(a) descarte da ponta.



(b) retirada da amostra.



(c) corte do tubo Shelby.



(d) separação da amostra e a parede do Shelby.



(e) utilização de suporte com diâmetro pouco inferior para extração da amostra.



(f) moldagem do corpo de prova.

Figura 43 – Preparação das amostras.



(a) Cravação do anel do corpo de prova fora do eixo da amostra.



(b) Dificuldades na moldagem do corpo de prova.

Figura 44 – Presença de mariscos.



(a) Fervura das pedras porosas.



(b) colocação da pedra porosa na célula para ensaio SIC.



(c) saturação da célula após colocação do corpo de prova.

Figura 45 – Cuidados na saturação.

Durante a operação de preparação dos corpos de prova, foram observadas algumas dificuldades do tipo:

- a) Presença de estaca de madeira (Figura 46a e b);
- b) Grande quantidade de areia (Figura 46b);
- c) Fissuras na amostra V5B 1 (Figura 46c e d);

Outros problemas como o excesso de água no shelby V5B 2 pode ser observado na Figura 47, assim como trincas e pedaços de bidim encontrados no shelby V5B 1 mostrados na Figura 48.



(a) Shelby V6A 1.



(b) Madeira do Shelby V6A 1.



(c) Shelby V5B 1.



(d) Fissuras na amostra V5B 1.

Figura 46 – Elementos no Shelby V6A 1e V5B 1.



(a) Shelby V5B 2.



(b) Moldagem do corpo de prova amolgado.

Figura 47 – Excesso de água.



(a) Trinca na amostra shelby V5B 1.



(b) Peça de bidim.

Figura 48 – Trinca e pedaço de bidim encontrados na amostra durante a moldagem do CRS13-V5B 1.

Face aos diversos problemas encontrados na fase de preparação de ensaios, a quantidade de amostras, consideradas visualmente adequadas, foi insuficiente para a realização da campanha de ensaios prevista inicialmente. Além da obtenção dos

parâmetros de compressibilidade ao longo da profundidade da camada de argila mole, havia também o desejo de se estudar a influência da velocidade do ensaio CRS. Assim sendo, optou-se por realizar ensaios em amostras visivelmente amolgadas, oriundas do shelby V5B 2, como ilustra a Figura 47.

3.3 Caracterização

Foram realizados ensaios de caracterização seguindo as determinações da Norma Brasileira, com exceção da determinação dos limites de consistência que foi feita sem secagem prévia, em conformidade com os ensaios realizados por ocasião do projeto, nas novas verticais V5B e V6A.

As curvas granulométricas estão indicadas na Figura 49 e Figura 50 respectivamente, para amostras da vertical V5B e V6A. Análogo ao observado na primeira campanha de ensaios (Figura 26), na vertical V5 observa-se uma tendência de redução da porcentagem de finos com o aumento da profundidade. Cabe destacar que a numeração das amostras se dá em ordem crescente com a profundidade. A vertical V6 também registrou uma granulometria compatível com a primeira campanha (Figura 26), com a ocorrência de uma porcentagem de argila inferior a da vertical V5, além da presença predominante de areia na amostra mais profunda, V6A 3.

As campanhas de 1997 e 2012 (Figura 26, Figura 49 e Figura 50) indicaram descontinuidades nas curvas granulométricas. A princípio tal comportamento foi considerado típico do solo local. Entretanto, estudos recentes mostraram descontinuidades em curvas granulométricas de outros solos, as quais foram atribuídas ao defloculante. Com isso, não se pode afirmar que as descontinuidades das curvas aqui apresentadas sejam de fato representativas do solo argiloso da baixada de Jacarepaguá.