

11

Conclusões e sugestões para trabalhos futuros

Este trabalho consistiu na avaliação da influência dos processos de saturação de ensaios triaxiais tradicionalmente executados em solos residuais com baixo grau de saturação (<70%), através da análise do comportamento tensão-deformação-resistência e da variação de volume total durante esta fase do ensaio. Para tanto, foram selecionados e devidamente caracterizados solos residuais com características e origens diferentes. Além disso, um equipamento triaxial com medida de variação de volume total em amostras inicialmente não saturadas que, posteriormente, pudesse ser empregado em ensaios de sucção controlada, foi implementado. As principais conclusões deste trabalho são apresentadas a seguir.

11.1. Conclusões

11.1.1. Equipamento triaxial com medida de variação de volume total

O equipamento de variação de volume total implementado consiste em uma câmara triaxial dupla desenvolvida no laboratório de Geotecnia da PUC-Rio acoplada em uma prensa tipo Bishop-Wesley fabricada pelo Imperial College. Um recipiente hermético, também desenvolvido na PUC-Rio, foi ligado à câmara interna e posicionado sobre uma balança para medida de variação de volume total da câmara através da variação de massa registrada.

A escolha dos materiais empregados na produção do equipamento (conectores, materiais das tubulações e da câmara, sistema de proteção da balança, etc) foram escolhidos de forma a minimizar erros na medida de variação de volume total. Os fatores externos que pudessem influenciar em tal medida foram avaliados de forma criteriosa com o objetivo de serem eliminados ou detectados nos resultados dos ensaios para posterior correção.

Após calibrar o equipamento com o auxílio de uma bureta e obter a relação entre a variação de massa registrada na balança e a variação de volume total da

câmara, a mesma foi averiguada mediante a execução de ensaios de adensamento isotrópico em uma amostra de argila saturada. O erro máximo encontrado foi de $0,01\text{cm}^3$ que equivale a apenas $0,01\%$ do volume do corpo de prova.

Constatou-se que um dos principais fatores que interferem na medida de variação de volume total é a variação de temperatura registrada junto à câmara triaxial. Oscilações de temperatura decorrentes de ciclos diários (dia e noite) registradas na parede da câmara, normalmente de $\pm 0,3^\circ\text{C}$, implicam em variações de cerca de $\pm 0,08\%$ na medida de variação de volume total. Mesmo sem correção devido à variação de temperatura, este valor é equivalente ao erro absoluto listado por Dellage (2002) para câmaras triaxiais duplas com a câmara interna aberta, e menor que o encontrado em câmara triaxial *standard*, câmara triaxial dupla (Wheeler, 1998) e por processamento de imagens. Apesar de baixo, este erro pode ser ainda minimizado com pequenas modificações no equipamento, listadas no item 11.2.1.

O fator de correlação obtido para a relação entre a variação de volume total e o aumento de tensão confinante foi de 0,99, sendo este ajuste considerado satisfatório.

Diante do exposto, tem-se que o equipamento implementado apresenta características técnicas perfeitamente competitivas com os existentes no mercado para medida de variação de volume total, além de ser de fácil implantação e ter um custo reduzido devido ao material necessário para sua produção.

11.1.2. Características dos materiais estudados

Com o principal objetivo de avaliar o processo de saturação em solos residuais com diferentes características, solos provenientes de litologias distintas (ígnea e metamórfica) e graus de intemperismo foram caracterizados. No entanto, apenas dois solos (DC02 e T) foram submetidos a ensaios triaxiais.

i. Solos residuais de migmatito – Duque de Caxias

No perfil de migmatito de Duque de Caxias existem duas frentes de intemperismo provenientes de feições distintas: *leucocrática*, composta por

quartzo-k-feldspato e pobre em minerais máficos, e *melanocrática*, rica em minerais máficos, com destaque para a biotita.

As características das feições são claramente refletidas nos solos estudados. Enquanto os solos oriundos da feição melanocrática (DC01, DC02 e DC05) apresentam valores de densidade relativa dos grãos típicos de solos ricos em biotita (2,8), os solos pertencentes à porção leucocrática (DC03 e DC04) possuem valores relacionados a solos gerados a partir do intemperismo de rochas quartzo-feldspáticas (2,6). Tais diferenças também são visíveis nos resultados de DRX, onde os solos provenientes da feição leucocrática e melanocrática apresentam como mineral índice o K-feldspato e a biotita, respectivamente. A alteração dos minerais com o aumento do grau de intemperismo também é observada nas lâminas delgadas e na fração areia dos solos observados no microscópio binocular. Os resultados de análise química refletem, da mesma forma, a diferença no grau de alteração de solos da mesma porção, com a concentração de alumina e lixiviação de sílica sendo mais acentuada nos solos mais alterados.

O solo residual DC03, menos intemperizado da feição leucocrática, possui maior densidade e menor índice de vazios que o solo DC04, indicando menor grau de alteração do solo DC03. A mesma conclusão é obtida ao se avaliar tanto o teor de finos dos solos como a distribuição de poros. Nos resultados de porosimetria por injeção de mercúrio, para os solos mais intemperizados das duas porções (DC02 e DC04), tem-se um maior teor de finos, fruto da alteração dos minerais primários que, ao serem gerados, causam o aumento da microporosidade e a diminuição da macroporosidade, como observado. Este aumento de microporos e de teor de finos também é refletido nos valores do teor de umidade gravimétrica de saturação e de sucção de entrada de ar, que são maiores nos solos mais alterados das duas porções (DC02 e DC04).

A presença de agentes cimentantes no solo DC02 foi observada tanto na lupa binocular como nos resultados de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Esta característica, associada à presença de apenas traços de quartzo e homogeneidade da amostra, fizeram com que este solo fosse priorizado na análise da influência do processo de saturação no comportamento tensão-deformação-resistência.

ii. Solo residual de rocha alcalina – Tanguá.

O solo residual T é formado por caulinita, illita, K-feldspato e traços de quartzo. A fração areia apresenta concreções de caulinita e de K-feldspato em alteração.

A presença de macroporos é detectada tanto nos ensaios de porosimetria de mercúrio como na lâmina delgada analisada na lupa binocular. Caracteriza a estrutura deste solo a presença de grãos e grumos dispersos em uma matriz silto-argilosa. Neste solo não é detectada uma estrutura cimentada como caracterizada por Vaughan (1988).

11.1.3. Compressibilidade

i. Solos residuais de migmatito – Duque de Caxias

O ensaio CRS se mostrou aplicável em solos residuais, com o resultado realizado em amostra reconstituída no solo DC02 coincidindo com o do ensaio edométrico convencional. Entretanto, nos ensaios em amostras indeformadas, pode ter ocorrido algum tipo de perturbação na estrutura dos solos durante o processo de saturação e passagem dos corpos de prova para o equipamento, sendo visivelmente os solos da feição leucocrática (DC03 e DC04) os mais afetados. Tal efeito fica evidente ao se comparar as curvas deformação volumétrica normalizada ($\Delta e/e_0$) x $\log \sigma'_v$ dos ensaios em amostras indeformadas e reconstituídas destes últimos, que praticamente coincidem.

Apesar de um possível dano à estrutura devido ao processo de saturação, a curva e x $\log \sigma'_v$ do solo DC01, o menos intemperizado da feição melanocrática, ultrapassa de forma sutil a curva da amostra amolgada. Nenhuma indicação de cimentação foi detectada nos ensaios de caracterização, sendo seu comportamento atribuído à composição mineralógica e à distribuição granulométrica e espacial dos grãos. Tais características também regem o comportamento dos solos DC03 e DC04.

Dentre os solos deste perfil, apenas o DC02 apresentou comportamento claro de um material cimentado, com a curva do solo correspondente à amostra indeformada, seja no ensaio CRS ou edométrico, ultrapassando a curva do material reconstituído, atingindo assim uma região possível apenas para material com tal estrutura, como definido por Leroueil e Vaughan (1990), estando de acordo com a caracterização deste material.

Os índices de compressão das amostras indeformadas foram superiores aos obtidos nas amostras reconstituídas por diferentes razões. No caso do solo DC02, tal comportamento era esperado tendo em vista que um material com estrutura cimentada tende a apresentar maior compressibilidade que o reconstituído após a plastificação da estrutura. No caso do solo DC01, tais

valores são praticamente coincidentes, com o comportamento deste solo próximo ao de um material ideal ou fracamente estruturado como definido por Leroueil (1992) e Cuccovillo e Coop (1999), respectivamente. Tal diferença no solo DC03 pode estar relacionada à distribuição espacial das partículas da amostra indeformada que se encontram em contato direto formando macrovazios, visíveis na lâmina delgada, além do baixo teor de material argiloso.

Dentre os critérios empregados para a determinação da tensão de cedência dos solos no gráfico e $x \log$ de σ'_v , as tensões obtidas pelo método Pacheco e Silva são superiores às determinadas através da intersecção do prolongamento dos trechos das curvas. Ao plotar os resultados em escala log-log e aritméticas, como sugerido por Vaughan (1985) para determinação da tensão de cedência em solos com estrutura cimentada, apenas o solo DC02 apresenta um ponto de inflexão correspondente a plastificação da estrutura. A tensão de cedência determinada por este método é próxima da obtida pela intersecção do prolongamento dos trechos das curvas, tanto no ensaio CRS, como no edométrico. Neste solo, no ensaio edométrico, nos estágios seguintes ao mais próximo da tensão de cedência, há a convergência do valor do coeficiente de deformação volumétrica do ensaio em amostra reconstituída e indeformada.

As diferenças nos valores σ'_y obtidos de diferentes formas não devem ser encaradas como uma inconsistência de um ou outro critério. Uma tensão de cedência quando tomada como valor único representa, na verdade, uma região de plastificação.

Devido às limitações dos equipamentos, as tensões alcançadas no ensaio de adensamento isotrópico no solo DC02 não foram suficientes para desencadear a plastificação da estrutura do solo. Entretanto, ao comparar a curva deformação volumétrica normalizada x tensão vertical efetiva, única tensão comum aos ensaios edométrico, CRS e isotrópico, de todos os ensaios de adensamento executados, tem-se que a curva do ensaio isotrópico encontra-se próxima à do ensaio de adensamento edométrico, sugerindo um valor de K_0 para este solo próximo a 1. Devido a tal concordância, foi assumido que o valor do índice de compressibilidade do ensaio edométrico é próximo ao do ensaio de adensamento isotrópico. Da mesma forma, foi assumido que o valor da tensão de cedência do solo submetido a este tipo de carregamento é próxima da tensão de cedência do ensaio edométrico.

ii. Solo residual de rocha alcalina – Tanguá.

O ensaio de adensamento edométrico executado em amostra indeformada apresentou maior rigidez inicial que o do solo reconstituído com o mesmo índice de vazios. Além dos índices de compressão serem próximos, ao analisar os gráficos nas escalas log-log ou aritmética, nenhum ponto de inflexão que pudesse indicar a presença de estrutura cimentante foi indentificado, corroborando com os dados de caracterização que não indicam a presença de tal estrutura.

A tensão de cedência deste solo é baixa (110 kPa) e cerca de 5 vezes inferior a do solo DC02.

11.1.4.

Ensaio de resistência e avaliação do processo de saturação

O estudo da influência de processos de saturação, empregados em laboratórios comerciais e de pesquisa, na estrutura e, conseqüentemente, no comportamento tensão-deformação-resistência de solos residuais foi efetuado mediante a execução de ensaios triaxiais CIU e medida de variação de volume total. Entretanto, ao se alterar a metodologia de preenchimento da câmara definida durante a calibração do equipamento devido ao aumento da tensão confinante, acredita-se que a mesma possa não ter sido eficiente para eliminação de bolhas de ar. Tal alteração foi feita após ser observado que a técnica definida inicialmente alterava as condições iniciais do corpo de prova, interferindo na análise dos processos de saturação. A seguir são apresentados os principais pontos referentes não só ao processo de saturação, mas também relacionados ao comportamento dos solos.

i. Solo residual de rocha alcalina – Tanguá.

As maiores diferenças no comportamento mecânico do solo de Tanguá devido ao método de saturação em ensaios CIU são observadas para o menor nível de confinamento. Embora os corpos de prova empregados nos ensaios SIA-T-25 e PIE-T-25-3 possuam índices físicos semelhantes, a resistência não drenada no ensaio SIA-T-25 é 30% superior ao do ensaio PIE-T-25-3 e ocorre para menores deformações. Além disso, quando plotada a variação da razão das tensões efetivas principais contra deformação, a curva correspondente ao ensaio PIE-T-25-3 tende a se comportar de forma semelhante ao ensaio executado em amostra reconstituída. O único ensaio que de fato se diferencia dos demais por

apresentar um pico nesta representação é o SIA-T-25. As diferenças persistem nas trajetórias de tensões efetivas destes ensaios, com a ruptura do ensaio SIA-T-25 ocorrendo acima da linha do estado crítico independente do critério adotado. A “plastificação” da estrutura associa-se ao momento em que ocorre a ruptura por cisalhamento. Já no ensaio PIE-T-25-3, apesar da linha do estado crítico ser ultrapassada, o ponto de “plastificação” da estrutura ocorre abaixo desta.

Além disso, ao se plotar a variação do módulo de deformação secante em função da deformação axial, tem-se que o módulo do ensaio SIA-T-25 permanece praticamente constante até a ruptura, enquanto que nos demais ensaios, decresce gradativamente, com comportamento semelhante ao do material reconstituído.

O efeito do processo de saturação se reflete também na envoltória de resistência. Na envoltória obtida a partir dos ensaios submetidos ao processo de saturação PIE, o intercepto coesivo é inferior ao correspondente ao método de saturação SIA, sendo cerca de 75% menor no caso do critério de $\sigma'_1 / \sigma'_{3 \text{ máx}}$ (Figura 202a) e 50% para a máxima tensão desviadora.

As diferenças observadas no comportamento tensão-deformação, variação do módulo secante e trajetórias de tensões, principalmente nos ensaios executados com $\sigma'_c = 25 \text{ kPa}$, associadas à maior variação de volume total durante o processo de saturação do ensaio PIE-T-25-3 em relação ao ensaio SIA-T-25, indicam que o método de saturação SIA, não causa dano à estrutura do solo ou que o dano gerado é inferior ao do método PIE. Os corpos de prova empregados nestes ensaios apresentaram grau de saturação inicial inferior a 70%. Acredita-se que durante a percolação de água nos ensaios PIE o fluxo possa ter ocorrido por caminhos preferenciais tais como macroporos, não aumentando o grau de saturação de forma significativa em todas as partes do corpo de prova. Desta forma, a manutenção de um relativamente baixo grau de saturação pode ter contribuído para que um aumento da tensão confinante na fase de aplicação de contrapressão durante o processo de saturação tenha causado um enfraquecimento de ligações entre partículas, especialmente neste material que apresenta estrutura frágil, sem intertravamento de partículas ou agentes cimentantes em grande concentração, com uma tensão de cedência relativamente baixa (110 kPa). Nos ensaios SIA, a percolação de água é feita por meio de sucção com uma tensão confinante baixa, minimizando efeitos que possam afetar a estrutura do solo no início do ensaio e, ao mesmo tempo, propiciando um aumento mais significativo do grau de saturação do corpo de

prova. Além disto, a contrapressão é aplicada de forma lenta e contínua sem submissão do solo a ciclos de tensões, como no método PIE.

A magnitude da tensão efetiva de adensamento e a estrutura do solo influenciam simultaneamente na resposta mecânica do solo quando submetido a ensaios triaxiais. Para tensões efetivas muito abaixo da tensão de cedência, tem-se que a estrutura do solo é o principal fator influente em sua resposta mecânica. Para tensões próximas à de cedência, caso dos ensaios executados com $\sigma'_c=75\text{kPa}$, ocorre um balanço entre os dois efeitos (tensão efetiva de adensamento e estrutura). Já para valores de tensão efetiva superiores à de cedência, o solo passa a se comportar como material normalmente adensado, tendo seu comportamento fortemente influenciado por esta tensão.

ii. Solos residuais de migmatito – Duque de Caxias.

O comportamento do solo residual DC02 está de acordo com o descrito por Leroueil e Vaughan (1990) para solos com estrutura cimentada. A única diferença é um comportamento transitório entre baixas tensões efetivas de adensamento e intermediárias apresentado em alguns ensaios, onde se tem o comportamento *strain-softening* associado a um decréscimo da poropressão positiva. O forte caráter não linear da envoltória de resistência de ruptura para a faixa de tensões investigadas é um dos maiores reflexos da presença de cimentação. Tal estrutura já havia sido identificada na microscopia eletrônica de varredura (MEV) e constatada nos ensaios de adensamento edométrico, CRS e isotrópico.

O efeito do processo de saturação no comportamento deste solo, quando submetido a um estado de tensões triaxiais, é evidenciado nos resultados dos ensaios realizados com tensão efetiva de adensamento de 25 kPa. Para esta tensão, a principal diferença está relacionada à magnitude da resistência de ruptura. Enquanto a resistência obtida nos ensaios IE-DC02-25 e SIA-DC02-25 é superior a 230 kPa, a atingida pelo ensaio IU-DC02-25 é de 188,5 kPa, correspondente a uma redução de 22,5%. Além disso, a variação de volume total do corpo de prova deste ensaio durante a saturação e adensamento foi superior às registradas nos ensaios executados com as técnicas de saturação SIA e IE. Nos ensaios com $\sigma'_c = 75 \text{ kPa}$, apenas o realizado com a técnica de saturação IE apresenta tendência a expansão (evidenciado pela maior taxa negativa de geração de poropressão) após a ruptura. Os demais ensaios possuem estes pontos coincidentes, indicando maior fragilidade da estrutura cimentada desencadeada pela elevada tensão a que o solo foi submetido nos ensaios IU-

DC02-75 e SIA-DC02-75, lembrando que o último foi exposto a tais tensões de forma não intencional, assim como o ensaio SIA-DC02-150. A influência do processo de saturação também é refletida na magnitude e na variação do módulo secante e na relação entre as tensões principais efetivas nestes ensaios.

A pouca influência do índice de vazios inicial na avaliação do processo de saturação fica evidente ao se observar os resultados referentes à tensão efetiva de 150 kPa. Apesar do corpo de prova do ensaio IE-DC02-150 possuir um maior índice de vazios, igual a 1,43, a tensão desviadora máxima alcançada é maior que nos demais ensaios. Além disso, o ensaio IU-DC02-150, submetido à maior acréscimo de tensão confinante na fase de saturação, apresentou uma variação volumétrica durante o adensamento duas vezes superior ao ensaio IE-DC02-150, mesmo apresentando um índice de vazios inicial de 1,33, 7% inferior ao do ensaio IE-DC02-150.

Apesar da máxima tensão desviadora apresentada pelo ensaio IU-DC02-300 ser superior ao do ensaio IE-DC02-300, o mesmo não possui nenhuma tendência de formação de pico na curva σ'_1/σ'_3 , apresenta menor rigidez e atinge a máxima tensão desviadora próximo a envoltória de resistência última, ao contrário do ensaio IE-DC02-300.

A curva de plastificação da estrutura por cisalhamento, que se situa acima da linha do estado crítico, no ensaio IE encontra-se acima e deslocada para a direita em relação aos outros métodos de saturação, indicando que tensões mais elevadas são necessárias para desencadear a plastificação da estrutura do solo quando saturado por este método. Além disso, a curva de plastificação do ensaio IE é a que mais se aproxima da envoltória de resistência de pico não linear sugerida para baixas tensões, sendo este mais um indicativo que o método IE é mais adequado que o incremento único de contrapressão (IU).

O alto valor de intercepto coesivo (105,8 kPa) e baixo ângulo de atrito (21,5°) da envoltória linear correspondente aos ensaios saturados pelo método IE para baixas tensões efetivas de adensamento, refletem a forte influência da estrutura no comportamento do solo. Com a estrutura do solo sendo afetada pelo processo de saturação IU, tem-se uma redução de cerca de 40 % no valor de c' , e aumento no valor de ϕ' , sugerindo uma maior influência da tensão efetiva de adensamento nestes ensaios que nos realizados com a técnica de saturação (IE). Para o método de saturação SIA, caso não tivessem ocorrido problemas com o aumento indesejado de tensão confinante na fase de saturação em dois dos três ensaios empregados para estimar a envoltória, esperava-se que o resultado fosse próximo ao obtido pelo método IE. Entretanto, para os valores

determinados de fato por este método, os parâmetros de resistência são próximos aos dos ensaios IU, se considerado o critério de ruptura $\sigma_{dm\acute{a}x}$.

Independente da técnica de saturação, os valores de c' são maiores que os observados na maioria dos solos residuais, sugerindo que o processo de saturação nos ensaios IU, assim como nos dois ensaios submetidos a tensões efetivas elevadas de forma não intencional pelo método SIA, não comprometeu completamente a estrutura do solo, que apresenta uma alta tensão de cedência.

Apesar dos resultados mais satisfatórios estarem relacionados ao método de saturação IE, em solos com estrutura mais frágil, como o residual de Tanguá, que possui tensão de cedência baixa, tal método pode de fato gerar ciclo de tensões de forma a comprometer a estrutura do solo, mesmo com percolação prévia de água, como mostrado. Isto não foi observado no solo DC02 devido ao fato do arranjo dos grãos e ligações entre partículas presentes proporcionarem uma elevada resistência à compressão hidrostática, refletida no elevado valor da tensão de cedência. Logo, acredita-se que o método mais adequado dentre os avaliados é o que gera menores tensões, ou seja, a técnica baseada em aumento prévio do grau de saturação utilizando sucção, seguido de aumento contínuo, simultâneo e lento da tensão confinante e da contrapressão (SIA).

11.2.

Sugestões para trabalhos futuros

11.2.1.

Equipamento triaxial com medida de variação de volume total

Após a execução dos ensaios em solo, notou-se que algumas alterações podem ser realizadas para a melhoria do equipamento em questão e de seu uso. Dentre elas destacam-se:

- Instalar um sensor de temperatura dentro da câmara interna;
- Eliminar os orifícios que se encontram na base da célula interna executados para a passagem de tubulação e instrumentos de medição interna. O intuito é evitar locais onde bolhas de ar possam ficar aprisionadas, possibilitando a geração de erros na medida absoluta de variação de volume total. Os mesmos podem ser trocados por conexões internas;
- Estudar uma alternativa para a bolacha de PVC, tendo em vista que o preenchimento da câmara interna até o nível desejado é complicado de ser visualizado e a espessura da bolacha é de

apenas 1 cm. Uma possibilidade seria alterar o formato da câmara interna, deixando-a parecida com uma garrafa, semelhante a apresentada por Ng *et al.* (2002). A haste que liga a célula de carga ao corpo de prova poderia fazer o papel da bolacha de PVC. A submersão de células de carga tem sido evitada no laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente da PUC-Rio devido à ocorrência frequente de danos a estas. Caso se opte por manter a bolacha, o formato da seção transversal da mesma deve ser alterado de retangular para trapezoidal (invertido), para evitar acúmulo de ar sob a mesma durante o preenchimento da câmara. Esta medida e a anterior podem diminuir a importância da forma com que a câmara interna é preenchida com água deaerada;

- Colocar o transdutor de pressão confinante em contato com o ar comprimido antes deste atingir a câmara triaxial. Reposicionar o transdutor de contrapressão para mais próximo da câmara;
- Instalar a prensa em uma sala isolada e com controle de temperatura próprio. Esta seria mais uma medida para minimizar o efeito da temperatura;
- Alterar o formato do recipiente que fica sobre a balança de forma a fazê-lo ter a mesma área de contato com o ar da câmara interna.

11.2.2. Compressibilidade

- Avaliar o comportamento dos solos do perfil de migmatito mediante a execução de ensaios de compressão isotrópica em amostras indeformadas e reconstituídas;
- Estabelecer uma técnica de saturação ou adaptações na prensa CRS. Esta técnica deve ser empregada em solos residuais, que possuem baixo grau de saturação inicial, de forma a agilizar a caracterização do solo e vincular maiores tensões efetivas verticais apenas à capacidade da célula de carga.

11.2.3. Avaliação do comportamento do solo DC02

- Estudar o comportamento do solo DC02, que apresenta estrutura cimentada, mediante a execução de ensaios CID e de

adensamento anisotrópico para determinar a superfície de plastificação da estrutura. A utilização de instrumentação interna (medidores de deformação radial e axial) é necessária para avaliar o comportamento pré-ruptura do solo. Ensaios com s' constante também são empregados para determinar tal curva. Empregar também *bender elemento* para avaliar o comportamento deste solo;

- Realizar ensaios de resistência (CID e CIU) com tensões efetivas de adensamento elevadas para definir a envoltória de resistência de ruptura para esta condição;

11.2.4.

Avaliação de técnicas de saturação

- Realizar ao menos mais dois ensaios para cada tensão efetiva de adensamento executada na presente tese com o intuito de aumentar a representatividade. Nestes ensaios, medir a variação de volume total. Se possível, utilizar também medidor de deformação axial para avaliar o comportamento pré-ruptura, que deve evidenciar também a influência do processo de saturação na estrutura;
- A superfície de plastificação também é um indicativo de dano à estrutura. Logo, sugere-se que os ensaios recomendados no item 11.2.3, sejam executados com diferentes técnicas de saturação para avaliar a influência destas na estrutura do solo;
- Executar ensaios de porosimetria de mercúrio em amostras após estas serem submetidas a diferentes técnicas de saturação para observar uma possível mudança na distribuição dos poros. Realizar ao menos 3 ensaios por corpo de prova em diferentes pontos;

Avaliar outras técnicas de saturação ou variações das apresentadas como, por exemplo, a influência da diferença mantida entre a tensão confinante e contrapressão durante o processo de saturação.