



REALIZAÇÃO DO PROGRAMA INTERLABORATORIAL PROTERRA EM BAURU-SP (BRASIL)

Obede Borges Faria¹; Bruno Matiuzzi de Oliveira²; Margareth Tahira²; Rosane Ap. Gomes Battistelle¹

(1) Faculdade de Engenharia, UNESP – Universidade Estadual Paulista - campus Bauru;
Av. Eng. Luiz E.C. Coube, 14-01 17033-360, Bauru, SP, Brasil
Tel +55 14 3103 6112; obede@feb.unesp.br e obede.faria@gmail.com; rosane@feb.unesp.br

(2) brunomat18@hotmail.com; margarehtahira@yahoo.com.br

Palavras-Chave: adobe, caracterização física, caracterização mecânica

RESUMO

O presente trabalho apresenta a contribuição do Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia, da UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Campus de Bauru), com a proposta da Rede Ibero-Americana PROTERRA para a padronização de ensaios para caracterização física e mecânica de adobes (“Ensaio Interlaboratoriais”). Os adobes foram produzidos com uma mescla de solos de Bauru-SP (20% argila, 4% silte, 76% areia) e de Americana-SP (52% argila, 21% silte, 27% areia). Foram realizados ensaios de caracterização física dos solos (limites de Atterberg, composição granulométrica, massa unitária e teor de umidade em estado solto), para escolha da melhor proporção na mescla dos solos, de acordo com a metodologia proposta, o que resultou num solo com 29,5% de argila, 9,0% de silte e 61,5% de areia. A mescla de solos teve sua composição granulométrica determinada em laboratório, para verificação da validade da metodologia. Os adobes e corpos-de-prova (CP) foram produzidos, preparados e ensaiados rigorosamente de acordo com a proposta de “Ensaio Interlaboratoriais”, acrescentando-se mais um formato de CP prismático (7,5 cm x 7,5 cm x 15 cm) e a realização do ensaio de determinação do módulo de ruptura na flexão. Os resultados encontrados apontaram dificuldades de execução para algumas etapas da metodologia, assim como sinalizaram algumas conclusões, as quais deverão ser confrontadas com os resultados obtidos por outros laboratórios, participantes dos “Ensaio Interlaboratoriais”.

1. INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVAS E OBJETIVO

As vantagens e desvantagens do uso da terra como material de construção, assim como as dificuldades de produção e aceitação deste material na atualidade, já foram amplamente estudadas, discutidas e apresentadas nos diversos eventos técnico-científicos que precederam o “TerraBrasil2008”. O conhecimento produzido pode ser facilmente acessado, consultando-se os registros destes eventos (atas, anais e memórias), assim como o farto material já publicado pelo projeto PROTERRA/CYTED, ao longo de seus quatro anos de execução.

Os autores do presente trabalho têm focado suas pesquisas científicas, ao longo dos últimos anos, sobre o adobe, justificados pelo fato desta técnica de construção com terra ser de aspecto e uso muito parecidos com os dos tijolos cerâmicos convencionais, considerando-se sua região de atuação (interior do Estado de São Paulo, Brasil). Isto facilitaria a aceitação por parte do usuário, além de permitir a autoconstrução, em função do custo praticamente nulo e da facilidade de transferência da tecnologia.

Para a terra ser aceita como material de construção pelos órgãos governamentais, principalmente os responsáveis pelo financiamento de habitações de interesse social, é necessário que se tenha amplo conhecimento técnico-científico sobre ela. Embora em algumas universidades a terra esteja sendo pesquisada, sente-se a necessidade de um maior número de ensaios experimentais, para melhor embasar as possíveis normas técnicas sobre o material.

Como não existem normas brasileiras para adobes, alguns pesquisadores brasileiros realizam o ensaio de determinação da resistência à compressão recortando-se o adobe ao meio e unindo-se as duas partes com argamassa. O corpo-de-prova montado desta forma foi proposto por Faria (2002), assim como a metodologia para os ensaios de determinação da resistência à compressão e do módulo de ruptura na flexão, e vem sendo adotado por outros pesquisadores brasileiros. Na verdade, se trata de adaptações das normas brasileiras para tijolos cerâmicos maciços e para tijolos de solo-cimento. No âmbito dos países ibero-americanos, existe uma norma peruana, *Norma técnica de edificación E.080 Adobe* (RNC, 2000), que estabelece o ensaio de adobes em corpos-de-prova com forma de cubo, cujo lado é igual à menor dimensão do adobe (o qual deve ser recortado).

São encontrados outros trabalhos científicos, nos quais apresentam-se resultados de resistência à compressão de adobes, porém, as referências à metodologia de ensaio adotada são escassas ou, simplesmente, inexistentes. Dessa forma, não é possível a comparação entre os resultados obtidos pelos diversos pesquisadores, já que não é adotada uma metodologia única para sua determinação. Com a realização do presente trabalho, espera-se contribuir com o preenchimento desta lacuna, em conjunto com outros centros de pesquisa.

O presente trabalho pretende contribuir com uma proposta ibero-americana de padronização de ensaios para caracterização física e mecânica de adobes. Esta proposta de padronização foi elaborada pela Eng^a Célia Maria Martins Neves (pesquisadora do CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Bahia e coordenadora da Rede Ibero-Americana PROTERRA) juntamente com Obede Borges Faria (FEB/UNESP-Bauru), e apresentada à Rede PROTERRA, em julho de 2007. Tal proposta, denominada “Ensaio Interlaboratoriais”, consiste na realização de ensaios com adobes, utilizando vários tipos de corpos-de-prova, em laboratórios de diversos países ibero-americanos, para comparação e avaliação dos resultados, na busca de uma metodologia única de caracterização física e mecânica do material, no âmbito destes países.

2. METODOLOGIA

A metodologia de ensaios, tal como foi proposta aos membros da Rede Ibero-Americana Proterra, é apresentada no anexo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, são apresentados breve descrição das atividades desenvolvidas, assim como resumo dos resultados obtidos e sua discussão.

3.1. Caracterização física dos solos

De acordo com a metodologia adotada, complementada por Faria (2002), a caracterização dos solos é composta pelos seguintes ensaios: *a)* Massa unitária no estado solto (ρ_s); *b)* Teor de umidade do solo no estado solto (U_s); *c)* Ensaio de determinação da distribuição granulométrica; e *d)* Limites de Atterberg (LL e LP). Estes dois últimos ensaios, realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos, do Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia, UNESP-Bauru.

Foram utilizados solos de suas procedências: Americana-SP (argiloso) e Bauru-SP (arenoso). Todo o solo utilizado na pesquisa passou por processo de destorroamento mecânico, com o auxílio de um destorroador de solos, da marca SAHARA. As amostras de solo utilizadas para os ensaios de caracterização foram extraídas durante o processo de produção dos adobes. Na figura 1 são mostradas algumas imagens da realização destes ensaios, cujos resultados médios são apresentados na tabela 1.

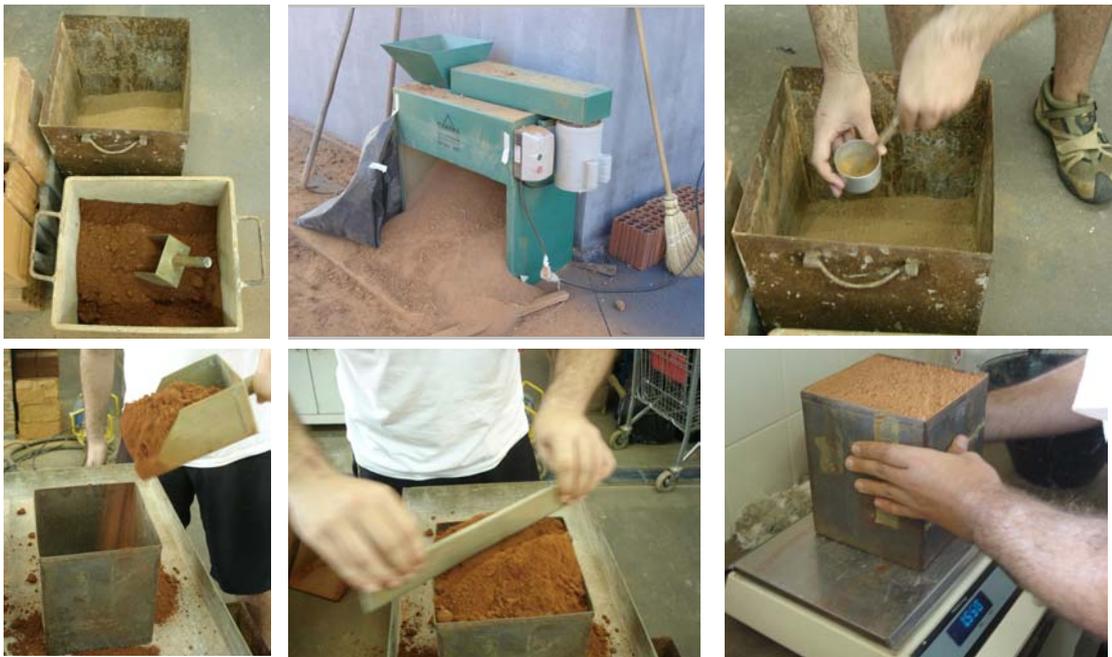


Figura 1 – De cima, no sentido horário: solos utilizados (Americana, mais claro e Bauru, mais escuro); destorroador de solos; coleta de amostras para determinação do teor de umidade natural; e, etapas do ensaio de determinação da massa unitária no estado solto.

Tabela 1 – Resultados médios dos ensaios de caracterização física dos solos

Solo	U_s (%)	ρ_s (g/cm ³)	Limites de Atterberg (%)			Granulometria (%)		
			LL	LP	IP	areia	silte	argila
Americana (A)	11,59	1,06	42,0	30,4	11,6	27	21	52
Bauru (B)	9,03	1,00	21,5	14,2	7,3	76	4	20

3.2. Adequação do solo

Como nenhum dos solos disponíveis apresentou teores de areia e argila próximos dos recomendados pela metodologia adotada (areia > 55% e argila \cong 30%), foi necessário promover uma estabilização granulométrica, misturando os dois solos até a obtenção da composição granulométrica desejada.

Para tanto, utilizou-se a planilha de cálculos proposta na metodologia e, após algumas tentativas, optou-se por utilizar 2 partes do solo A (Americana) e 5 partes do solo B (Bauru) resultando em uma mistura com a composição apresentada na tabela 2 (“calculado”). Para verificação da validade dos cálculos efetuados pela referida planilha, foi realizado também um ensaio de determinação da distribuição granulométrica, com uma amostra do solo resultante desta mistura, cujos resultados são apresentados na tabela 2 (“medido”). Também foram realizados os ensaios para determinação dos limites de Atterberg, para a mescla.

Tabela 2 – Características da mescla de solos

	Granulometria (%)			Limites de Atterberg (%)		
	Areia	Silte	Argila	LL	LP	IP
Calculado	61,5	9,0	29,5			
Medido	65,0	9,0	26,0	24,6	18,0	6,6
Diferença (%)	-5,41	0,39	13,38			

Analisando-se estes resultados, pode-se concluir pela validade da metodologia proposta, para estimativa da composição granulométrica de mesclas de solos.

3.3. Produção dos adobes

Para a produção dos materiais de acordo com a metodologia adotada, foram confeccionadas as fôrmas apresentadas na figura 2, a saber: uma fôrma para um adobe (7,5 cm x 15 cm x 30 cm); uma fôrma para dois cubos (10 cm de lados, cada); e, uma fôrma para dois cubos (15 cm de lados, cada).

O solo utilizado na produção dos adobes foi destorroado mecanicamente, dispensando-se a operação de peneiramento manual, recomendada pela maioria dos autores. Como citado anteriormente optou-se por misturar 2 partes do solo de Americana e 5 partes do solo Bauru para a produção dos adobes.



Figura 2 – *Linha superior*: fôrmas para produção dos adobes e cubos (de 10 cm e de 15 cm de lados). *Linha inferior*: detalhe dos dois solos utilizados; à esquerda o solo de Americana; ao meio o solo de Bauru e, à direita, detalhe da mistura.

O amassamento e descanso do barro, assim como a moldagem dos adobes e cubos foram realizados de acordo com a metodologia adotada, com as principais etapas mostradas na figura 3.



Figura 3 – Amassamento do barro e moldagem dos adobes e cubos.

Nesta etapa, a maior dificuldade encontrada foi com a moldagem adequada dos cubos, porque a “boca” das fôrmas é muito pequena, comparada com sua altura, dificultando o

perfeito preenchimento do espaço com o barro. Foram produzidos 25 adobes, 15 cubos de 10 cm e 15 cubos de 15 cm.

3.4. Caracterização física e mecânica dos adobes

A amostragem e os ensaios de caracterização física e mecânica do material também seguiram, rigorosamente, a metodologia adotada. No entanto, além dos corpos-de-prova (CPs) recomendados por ela, foram ensaiadas mais duas séries de CPs, a saber: uma com adobes cortados ao meio e juntados com argamassa (metodologia adotada por Faria, 2002) e outra, com prismas de 7,5 cm de base por 15 cm de altura, para avaliação da influência da forma do CP (representada pelo seu índice de esbelteza, λ) sobre os resultados de resistência à compressão, como determina a teoria da resistência dos materiais (Beer e Johnston, 1989). Na figura 4 são mostrados alguns aspectos dos CPs e na tabela 3 um resumo dos resultados médios dos ensaios.



Figura 4 – Corpos-de-prova preparados, antes da ruptura.

Tabela 3 – Resultados médios da resistência à compressão (f_c), do índice de esbelteza (λ) e massa específica aparente (ρ_{ap}), dos vários tipos de corpos-de-prova ensaiados.

Tipos de CP	λ	$f_c \pm sd$ (MPa)	$\rho_{ap} \pm sd$ (kg/m ³)
Cubo de 7,5 cm	3,7	1,24 ± 0,10	1860 ± 270
Cubo de 10,0 cm	3,4	1,21 ± 0,20	1740 ± 70
Cubo de 15,0 cm	3,4	1,13 ± 0,05	1750 ± 30
Prisma (adobe cortado)	3,7	1,04 ± 0,17	1730 ± 20
Prisma (7,5 cm x 15,0 cm)	7,3	1,09 ± 0,11	1840 ± 40

Obs: λ foi calculado com as dimensões reais dos CPs.

Analisando-se os resultados apresentados na tabela 3, pode-se observar que houve uma redução de cerca de 8% de f_c , do *Prisma (adobe cortado)* com relação ao *Cubo 15*, análogo ao observado por Ramos (2007). Provavelmente, este fato foi devido ao aumento do índice de esbelteza (λ) de 3,4 (*Cubo 15*) para 3,7 (*Prisma*), já que é sabido que a tensão crítica, em colunas, é proporcional ao módulo de elasticidade do material (E) e inversamente proporcional ao quadrado de seu λ (Beer e Johnston, 1989, p.581). Porém, nesta comparação não pode deixar de ser levado em consideração o fato de que no *Prisma* há a ocorrência de uma junta de argamassa, no ponto médio da altura do CP, a qual também pode ter causado uma perturbação.

Ainda sobre a influência do λ , pode-se observar que houve uma redução de cerca de 12% de f_c , do *Prisma 7,5 x 15* com relação ao *Cubo 7,5*, exatamente igual à encontrada por Ramos (2007), para a mesma variação de λ , ou seja, de 3,7 (*Cubo 7,5*) para 7,3 (*Prisma 7,5 x 15*). Neste caso, a única variável foi o λ , já que os dois tipos de CPs foram produzidos com o mesmo material, sem junta de argamassa intermediária.

Analisando-se os resultados apresentados na mesma tabela, e comparando-se apenas os relativos aos diversos cubos (com λ idênticos) pode-se observar que houve uma redução nos valores médios de f_c , o que poderá levar a supor que variando-se as dimensões do cubo, para um mesmo material, haverá variação nos resultados de resistência à compressão.

Considerando-se a possibilidade de adoção da norma Peruana (RNC, 2000), que recomenda, como corpo-de-prova para determinação da resistência à compressão cubos cortados de adobes, com lados iguais à menor dimensão dos adobes de origem e considerando-se que em cada localidade os adobes são produzidos com dimensões próprias, atendendo às necessidades e usos locais, somente seria possível comparar resultados de resistência obtidos por pesquisadores de diferentes procedências, caso seja encontrada alguma correlação entre dimensões dos cubos e resistência. Como é sabido que características particulares dos solos e da forma de produção dos adobes também poderão ter influência nos resultados de resistência, buscou-se, num primeiro momento, isolar estas duas variáveis, buscando-se a citada correlação de forma adimensional para a resistência, dividindo-se os resultados médios de f_c , de todos os cubos, pelo resultado médio do *Cubo 7,5*, como mostrado na tabela 4 e apresentado, graficamente, na figura 5.

Tabela 4 – Resultados médios da resistência à compressão (f_c), para os vários tipos de cubos ensaiados, e relação com o Cubo 7,5.

Forma do CP (dim. real)	f_c (MPa)	$f_c / f_{c\ 7,5}$
Cubo de 7,5 (7,2 cm)	1,24	1,00
Cubo de 10,0 (9,7 cm)	1,21	0,98
Cubo de 15,0 (14,5 cm)	1,13	0,91

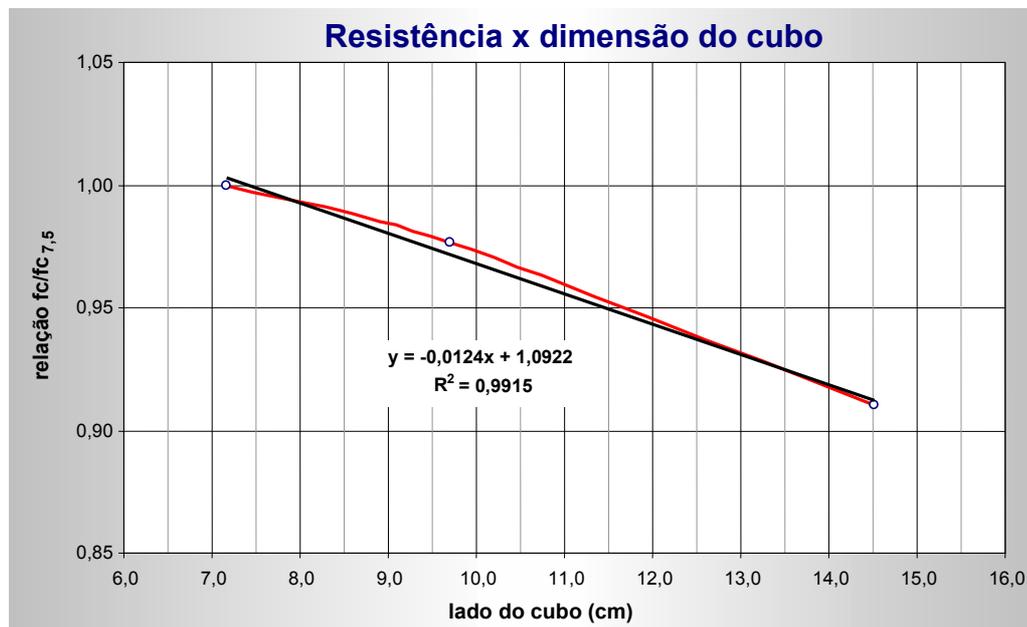


Figura 5 – Relação entre a resistência à compressão e as dimensões do cubo, tomando-se por base o cubo de 7,5 cm de lados. Em preto, a regressão linear

Se após a avaliação dos resultados encontrados pelos demais laboratórios, encontrarem-se as mesmas correlações, poder-se-ão comparar os futuros resultados de resistência à compressão encontrados futuramente, bastando uniformizá-los todos, por exemplo, pela seguinte equação (considerando-se a correlação linear):

$$f_{c\ 7,5} = f_{cL} / (1,0922 - 0,0124 L)$$

onde: f_{cL} = resistência média à compressão do cubo de lado L

$f_{c\ 7,5}$ = resistência média à compressão do cubo de lado 7,5 cm
 L = dimensão do lado do cubo, em cm

Também há que ser levado em consideração o efeito do confinamento, devido ao tipo de material utilizado na regularização das faces dos corpos-de-prova (no presente caso, argamassa de cimento e areia), fato alertado, durante a fase de apresentação da proposta de ensaios, pelos experientes professores Júlio Vargas Newman (da Pontifícia Universidade Católica, de Lima – Peru) e Normando Perazzo Barbosa (da Universidade Federal da Paraíba). Este efeito pode ser inferido pela observação dos padrões de ruptura dos corpos-de-prova, os quais podem levar a crer que esta influência seja maior nos cubos com dimensões maiores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalizando, cabe ressaltar que conclusões mais consistentes a respeito do assunto pesquisado, somente serão possíveis a partir do momento em que os demais laboratórios participantes da proposta apresentarem os respectivos resultados. Ao final desta etapa, espera-se que seja possível o acordo de uma metodologia única, para caracterização física e mecânica de adobes, o que permitirá a comparação, por exemplo, entre os resultados de resistência à compressão, obtidos por laboratórios diversos.

BIBLIOGRAFIA

FARIA, O. B. (2002). Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso na represa de Salto Grande (Americana-SP). São Carlos, Brasil. Tese (Doutorado), Programa de Doutorado do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada CRHEA, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BEER, F. P.; JOHNSTON JR., E. R. (trad. Paulo Prestes Castilho). (1989) Resistência dos materiais. 2.ed. São Paulo: McGraw-Hill. 653p.

RAMOS, S. C. Caracterização física e mecânica de adobe produzido com sedimento e macrófitas aquáticas do Reservatório de Salto Grande (Americana-SP). Bauru: FEB/UNESP, 2007. 110p. Trabalho de Conclusão de Curso.

REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES (2000). Norma técnica de edificación NTE E.80 Adobe. Lima. 18p.

AGRADECIMENTOS

À Pró-Reitoria de Pesquisa, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (PROPe/UNESP), pelo auxílio financeiro para participação no evento, através do Programa de Incentivo à Captação de Recursos (PICR).

AUTORES

Obede Borges Faria, Engenheiro Civil; Mestre em Arquitetura e Urbanismo (Tecnologia do Ambiente Construído); Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental; Professor e Chefe do Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia, da UNESP-Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru; Membro da Rede Ibero-Americana Proterra.

Bruno Matiuzzi de Oliveira, Engenheiro Civil; graduado pela Faculdade de Engenharia (UNESP-Bauru), em julho de 2008; orientado de Trabalho de Conclusão de Curso pelo Prof. Obede B. Faria.

Margareth Tahira, Engenheira Civil; graduada pela Faculdade de Engenharia (UNESP-Bauru), em dezembro de 2007; orientada de Trabalho de Conclusão de Curso pelo Prof. Obede B. Faria.

Rosane Aparecida Gomes Battistelle, engenheira civil; Mestre em Engenharia de Estruturas; Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental; Professora do Departamento de Engenharia Civil e do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, da UNESP-Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru.

ANEXO – Ensaio Interlaboratoriais, propostos por Célia Neves e Obede Borges Faria, em julho/2007

PROPOSTA DE PADRONIZAÇÃO DE ENSAIOS PARA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE ADOBES

A norma peruana (*Norma técnica de edificación E.080 Adobe*, Lima, 2000) estabelece o ensaio de adobes em corpos-de-prova com forma de cubo, cujo lado é igual à menor dimensão do adobe. Como não existem normas brasileiras para adobes, alguns brasileiros realizam o ensaio com o adobe recortado ao meio, com as duas partes unidas com argamassa. O objetivo deste trabalho é realizar estes dois tipos de ensaios, em diferentes laboratórios, com os mesmos procedimentos, comparar o comportamento dos resultados e recomendar o procedimento de ensaio que se mostrar mais adequado.

O plano de trabalho compreende as seguintes etapas: **a)** escolha do solo; **b)** produção dos adobes e corpos-de-prova cúbicos; **c)** preparação dos corpos-de-prova; **d)** realização dos ensaios de determinação da resistência à compressão; e **e)** análise dos resultados.

1. ESCOLHA DO SOLO

Para escolha do solo adequado (terra), deverão ser realizados os seguintes ensaios, com os solos disponíveis: **a)** composição granulométrica (peneiramento/sedimentação); **b)** limites de Atterberg (LL e LP); **c)** massa unitária no estado solto); e, **d)** teor de umidade do solo em estado solto.

Com os resultados destes ensaios, será possível avaliar a adequação de um dos solos disponíveis, ou planejar e realizar a mistura de dois ou mais solos, de forma a obter um solo com **teor de areia superior a 55% e teor de argila de cerca de 30%**.

Os ensaios de determinação da composição granulométrica e dos limites de Atterberg (limite de liquidez e limite de plasticidade) devem ser realizados de acordo com as normas vigentes, utilizadas nos laboratórios de mecânica dos solos. Os demais ensaios são descritos a seguir.

1.1 Ensaio de determinação da massa unitária do solo em estado solto (ρ_s)

Antes de iniciar o ensaio, o solo deve estar com o mínimo teor de umidade possível, obtido naturalmente (sem necessidade de secagem em estufa). O solo deve ser destorroado, mecanicamente ou por peneiramento.

Equipamentos:

- Recipiente metálico paralelepípedo, com volume de 5 dm³ (5 litros);
- Balança com precisão de 1 g;
- Concha metálica;
- Régua metálica biselada.

Procedimentos:

- a. Determinar a massa do recipiente;
- b. Encher o recipiente com o solo solto e o auxílio da concha, deixando-o cair de uma distância de 10 cm a 12 cm acima da borda do recipiente, até que o mesmo esteja repleto com transbordamento de solo;
- c. Rasar a superfície do recipiente, com auxílio da régua biselada, a partir do centro;
- d. Determinar a massa do recipiente cheio de solo; e
- e. Repetir os procedimentos de “b” a “d” mais duas vezes, registrando os resultados no arquivo **<ensaios de solos.xls>**.

A massa unitária do solo em estado solto (ρ_s) será dada pela média aritmética das três determinações, calculada automaticamente pela planilha.

1.2 Ensaio de determinação do teor de umidade do solo em estado solto (U_s)

Deve ser determinado o teor de umidade do solo em estado solto, para cada uma das três determinações de ρ_s .

Equipamentos:

- Cápsulas de alumínio, com tampa e devidamente taradas;

- Balança com precisão de 0,01 g;
- Espátula estreita e longa;
- Estufa com limite de temperatura acima de 100°C.

Procedimentos:

- a. Durante a 1ª determinação de ρ_s , coletar uma amostra do solo, em uma cápsula de alumínio, devidamente identificada, tampando-a em seguida;
- b. Determinar a massa da cápsula contendo o solo úmido;
- c. Destampar a cápsula e colocá-la em estufa, à temperatura de $100 \pm 2^\circ\text{C}$;
- d. Após 24 h, retirar a cápsula da estufa, tampá-la e medir a massa da cápsula contendo o solo seco;
- e. Registrar os resultados no arquivo <ensaios de solos.xls>; e,
- f. Repetir os procedimentos de “a” a “e”, para as outras duas determinações de ρ_s .

O teor de umidade médio do solo em estado solto será dado pela média aritmética das três determinações, calculada automaticamente pela planilha.

1.3 Escolha do solo adequado, ou cálculo da estabilização granulométrica

Caso nenhum dos solos disponíveis seja adequado (*areia* > 55% e *argila* \cong 30%), será necessário promover uma estabilização granulométrica, misturando dois ou mais solos, até que se obtenha a composição granulométrica desejada.

Para tanto, basta registrar a composição granulométrica dos solos no setor “A”, da tabela “3” da planilha do arquivo <ensaios de solos.xls> e jogar com as proporções, em volume, de cada um dos solos a serem utilizados, no setor “B”, da mesma tabela. Na coluna “Mistura”, surgirá o resultado da composição granulométrica da mistura dos solos.

2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DOS ADOBES

A caracterização física dos adobes será dada pela sua massa específica aparente (ρ_{apA}) e a caracterização mecânica, por sua resistência à compressão (f_c), baseados na metodologia inicialmente proposta por Faria (2002), adaptada de normas brasileiras para tijolos cerâmicos.

Estes ensaios serão realizados com 3 diferentes tipos de corpos-de-prova, produzidos com o mesmo tipo de solo e **sem a adição de qualquer tipo de estabilizante** (palhas, aglomerantes, etc). Para tanto, deverão ser produzidos os seguintes materiais:

- a. Pelo menos 20 adobes, moldados em fôrmas com dimensões internas de (7,5 x 15 x 30) cm;
- b. Pelo menos 20 cubos, moldados em fôrmas com dimensões internas de (10 x 10 x 10) cm; e,
- c. Pelo menos 20 cubos, moldados em fôrmas com dimensões internas de (15 x 15 x 15) cm.

Estes materiais deverão ser produzidos, respeitando-se as boas práticas da produção de adobes, ou seja: amassar muito bem o barro; deixar o barro descansar, por pelo menos 16 h; moldar os adobes (ou cubos); conduzir o seu processo de secagem de forma a minimizar a ocorrência de fissuras; e, armazenar o material adequadamente, protegido de intempéries.

A seguir, preparar os corpos-de-prova e realizar os ensaios.

2.1 Amostragem

- a) Dos 20 adobes, retirar 10 unidades, **aleatoriamente**, para os ensaios de determinação da massa específica aparente e de determinação da resistência à compressão em cubos recortados com 7,5 cm de lado. Cada um destes adobes deverá ser cortado ao meio, sucessivamente, até que se obtenha 8 cubos de cada adobe. Separar 1 cubo de cada adobe, **aleatoriamente**, para compor a amostra de 10 unidades, identificando-as com números de 1 a 10.
- b) Dos 20 cubos com **10 cm** de lado produzidos, retirar 10 unidades, **aleatoriamente**, para os ensaios de determinação da massa específica aparente e da resistência à compressão, identificando-os com números de 1 a 10.
- c) Dos 20 cubos com **15 cm** de lado produzidos, retirar 10 unidades, **aleatoriamente**, para os ensaios de determinação da massa específica aparente e da resistência à compressão, identificando-os com números de 1 a 10.

d) Colocar as 3 amostras obtidas anteriormente em estufa, a $100 \pm 2^\circ\text{C}$, por 24h.

2.2 Ensaio de determinação da massa específica aparente dos adobes (ρ_{apA})

Retirar as amostras da estufa e deixá-las esfriar naturalmente, até uma temperatura adequada ao manuseio. A seguir, adotar os seguintes procedimentos, para o ensaio de determinação da massa específica aparente.

Equipamentos:

- Paquímetro digital, ou trena com precisão de 1 mm;
- Balança com precisão de 1 g;

Procedimentos:

- a. Para os cubos de 7,5 cm (adobe recortado), 10 cm e 15 cm, medir 2 dimensões em cada uma das 3 direções (“a”, “b” e “h”), nas linhas médias de 2 faces opostas, como indicado na figura 1, registrando os resultados no arquivo <ensaios com adobes>, nas respectivas planilhas (“cubo 7,5”, ou “cubo 10”, ou “cubo 15”);
- b. Determinar a massa de cada um dos cubos, registrando-a no mesmo arquivo, nas respectivas planilhas;
- c. Serão calculados, automaticamente, a massa específica aparente e os parâmetros estatísticos.

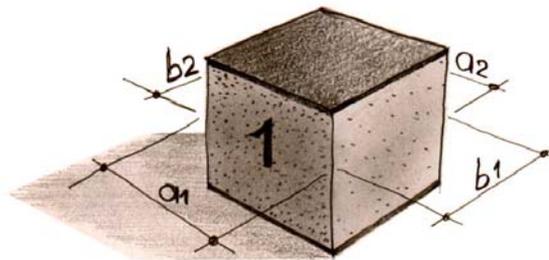


Figura 1 – Forma de medição das dimensões dos cubos.

2.3 Preparação dos corpos-de-prova para os ensaios de determinação da resistência à compressão (f_c)

Adotar os seguintes procedimentos, para a preparação dos corpos-de-prova dos ensaios de determinação da resistência à compressão.

Materiais e equipamentos:

- Paquímetro digital, ou trena com precisão de 1 mm;
- Serrote para madeira, ou equipamento similar;
- Dispositivo para apoio dos adobes (opcional);
- Óleo mineral, para untura da bancada de trabalho;
- Argamassadeira, ou tacho metálico e espátula;
- Cimento Portland comum;
- Areia fina;
- Espátulas e demais equipamentos auxiliares de laboratório.

Procedimentos:

- a. Untar, com óleo mineral, a superfície de trabalho da bancada;
- b. Preparar uma argamassa de cimento e areia fina, no traço 1:3 (1 parte de cimento para 3 partes de areia);
- c. Com auxílio de espátulas, colocar uma porção de argamassa sobre a superfície untada, espalhando em uma fina camada, com área suficiente para assentar o corpo-de-prova;
- d. Molhar levemente a superfície inferior do cubo e assentá-lo sobre a argamassa, pressionando para que a mesma fique em contato com toda a superfície do cubo, com uma espessura de cerca de 2 mm;
- e. Retirar, cuidadosamente, o excesso de argamassa que ficou fora do cubo;
- f. Aguardar a secagem das argamassas (geralmente de um dia para o outro); deslocar o corpo-de-prova, com cuidado para manter a integridade da camada de acabamento da superfície inferior, e virar o corpo-de-prova com esta superfície para cima;

- g. Limpar a bancada de trabalho, untar sua superfície com óleo mineral e repetir os procedimentos de “b” a “f”, para regularização da segunda extremidade do corpo-de-prova, tomando-se o cuidado de manter o seu prumo e o paralelismo entre as faces regularizadas.

Após a completa secagem das argamassas de assentamento e regularização de todos os corpos-de-prova, colocá-los em estufa, a temperatura de $100 \pm 2^\circ\text{C}$, por pelo menos 24 h, antes de realizar os ensaios de determinação da resistência à compressão.

2.4 Realização dos ensaios de determinação da resistência à compressão (f_c)

Retirar as amostras da estufa e deixá-las esfriar naturalmente, até uma temperatura adequada ao manuseio. A seguir, adotar os seguintes procedimentos, para a realização dos ensaios de determinação da resistência à compressão.

Equipamentos:

- Paquímetro digital, ou trena com precisão de 1 mm;
- Máquina universal de ensaios;
- Célula de carga com capacidade para 5.000 kgf.

Procedimentos:

- a. Posicionar cada corpo-de-prova na máquina universal de ensaios, realizando os ajustes necessários para aplicar o carregamento a uma taxa de incremento de tensão de **0,29 MPa/min**, constante para os 3 séries de corpos-de-prova, o que resulta nas velocidades de carga indicadas na tabela 1, permitindo-se variações de 5% (para adequação às condições do laboratório);

Tabela 1 – Velocidades de carga para os diferentes tipos de corpos-de-prova.

Tipo de corpo-de-prova	Velocidade de carga - v	
	(kgf/min)	(kgf/s)
Cubo de 7,5 cm	163	2,71
Cubo de 10 cm	289	4,81
Cubo de 15 cm	650	10,83

- b. Registrar os resultados das cargas de ruptura (F_{rup}) no arquivo <ensaios com adobes>, na planilha correspondente ao tipo de corpo-de-prova que foi ensaiado;
- c. A planilha calcula automaticamente os valores da resistência à compressão (f_c) e os parâmetros estatísticos.

OBSERVAÇÕES:

1. No arquivo <ensaios com adobes>, encontram-se as seguintes planilhas: “cubo 7,5”, “cubo 10” e “cubo 15”;
2. Não se esqueça de registrar o valor da velocidade de carregamento, na célula correspondente das planilhas do arquivo <ensaios com adobes>;

(recortado dos adobes)									
CP N°	dimensões efetivas do cubo (mm)						Área seção (cm ²)	Massa (g)	P _{sp} C (g/cm ³)
	a ₁	a ₂	b ₁	b ₂	H ₁	H ₂			
	a _{médio}	b _{médio}	H _{médio}						
1	75	75	75	75	72	78	56,25	500	1,19
2									
3									
4									
5									

3. Não se esqueça de registrar o resultados da granulometria, dos índices físicos e a procedência do solo, na planilha <**cubo 7,5**>, do arquivo <**ensaios com adobes**>;
4. Os valores medidos e determinados devem ser registrados nas células amarelas das planilhas;
5. Após efetuar os ensaios, enviar as planilhas para cneves@superig.com.br, com cópia para obede.faria@gmail.com ;
6. Recomenda-se fotografar algumas etapas deste trabalho para registro da experiência.

Esta é a primeira proposta de ensaio interlaboratorial que fazemos em **Protterra**. Em seguida, devemos propor o ensaio em pequenas paredes de adobe.

Nosso objetivo é definir a recomendações de ensaios para adobe e alvenaria de adobe de PROTERRA