

Potencialidades da estabilização física pela adição de fibras naturais

T. M. P. de Carvalho¹; L.F.M. Carvalho².

¹ Mestranda em Engenharia de Materiais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí/ IFPI.

² Professor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí/ IFPI

Endereço: Rua Quintino Bocaiúva, 93, Centro, Teresina - PI. CEP 64002-370. E-mail: thaismarjore.pc@gmail.com

RESUMO

A arquitetura de terra é uma técnica milenar muito eficiente, durável e de baixo impacto ambiental. Seu uso pode ser potencializado através de inovações baseadas em pesquisas científicas. O objetivo deste trabalho foi verificar a resistência à compressão simples de tijolos de adobe reforçados com palha de carnaúba [Copernicia prunifera (Miller) H. E. Moore], nas proporções de 0% (grupo de controle, C), 1% (grupo N1), 5% (grupo N2) e 10% (grupo N3) em massa. A norma peruana NTE E.080 ADOBE determina a utilização de corpos de prova cúbicos que suportem ao menos 12 kgf/cm². Os resultados obtidos comprovam a viabilidade da estabilização pela adição da fibra vegetal. Os grupos C e N1 apresentaram, respectivamente, 1,42 MPa e 1,35 Mpa de resistência. Já N2 atingiu 1,70 MPa, melhora de 20% em relação ao controle. Por fim, N3 alcançou um valor médio de 4,68 Mpa, mais que o triplo da referência.

Palavras-chave: sistema construtivo, compósito sustentável, compressão simples.

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem participação bastante significativa na degradação ambiental. A construção e o uso dos edifícios implicam no consumo de 50% dos recursos naturais, 40% da energia e 16% da água, o que representa um consumo energético responsável por mais de 25% das emissões totais dos gases que promovem o efeito estufa, especialmente o gás carbônico (¹).

A escolha correta dos materiais construtivos garante a sustentabilidade do sistema, pois materiais sustentáveis significam baixa energia embutida e menor impacto ambiental (²). A arquitetura de terra, então, surge como alternativa pois

"reduzem a demanda de cimento que hoje promove 8% do aquecimento do planeta, assim como minimiza o transporte, 80% do aquecimento da atmosfera se origina do petróleo" (3, p.1), visto que a construção em terra utiliza-se de matéria prima local.

Os tijolos de adobe não passam por processo de queima, são simplesmente secos ao sol, e por isso apresentam baixa energia embutida. Por isso "a energia necessária para produzir um bloco de adobe é de apenas 5 (kWh)/m³ em comparação com cerca de 1000 (kWh)/m³ para um tijolo queimado e 400-500 (kWh)/m³ para o concreto" (4, p.1-2).

A técnica é eficiente, durável e versátil. Há registros de habitações de terra que foram descobertas em Tuquestán, datadas do período de 8.000 a 6.000 a.C., e também, restos de construções de terra, datadas de 5.000 a.C., que foram encontradas na Assíria (5). No México, América Central e do Sul, quase todas as culturas pré-colombianas utilizavam o adobe em suas construções.

Mas é preciso ressaltar a baixa resistência à umidade (6,7). Uma forma de aumentar a resistência às intempéries é estabilizar o solo. Tal estabilização pode ocorrer por três processos: *mecânica*, onde uma força de compressão torna o material mais denso e menos poroso; *química*, na qual são adicionados materiais que provoquem reações físicas ou químicas para alterar as propriedades da terra e; *física*, onde se altera a textura da terra pela adição de outro solo ou de fibras metálicas, minerais, sintéticas ou vegetais (8).

Quanto às vantagens do uso de fibras (9, p.38-39):

(...) além do ganho substancial de resistência à tração, a inserção de fibras de alto ou baixo módulo de elasticidade em matrizes de solo é capaz de impedir a fissuração durante a secagem, distribuindo as tensões de retração em toda a massa do material, além de melhorar o comportamento do material pós-fissuração, dando-lhe ductilidade e capacidade de absorver energia.

Sendo assim, este trabalho vem propor a estabilização de solos argilosos por meio da adição de fibras da palha de carnaúba, espécie típica da flora piauiense. O objetivo do estudo foi encontrar uma alternativa acessível e sustentável para aumentar a resistência dos tijolos de adobe.

A região escolhida para retirada das amostras de solo foi a comunidade rural Ininga no município de Oeiras, localizado 300 Km ao sul de Teresina. A cidade de Oeiras foi a primeira capital do estado do Piauí e dispõe de um grande patrimônio histórico-arquitetônico de construções executadas em adobe.

MATERIAIS E MÉTODOS

A normalização brasileira vigente não trata do adobe. Assim, foram seguidas as recomendações peruanas definidas pela *Norma Técnica de Edificación NTE E.080 ADOBE*, que “compreende o que se refere ao adobe simples ou estabilizado como unidade para a construção de alvenaria com este material, assim como as características, comportamento e desenho” (10, p.1).

Coleta e armazenamento do solo e da palha de carnaúba

Durante a coleta do solo a camada mais superficial foi descartada, pois nela se concentra a vegetação rasteira, folhas, raízes e outros materiais orgânicos que são prejudiciais às propriedades mecânicas. O material foi armazenado em sacos de piscicultura transparentes de 200 micras, completamente vedados para não absorver umidade. Foram armazenados por 5 meses, para “descansar”. Transcorrido o período de sazonalidade, a argila foi preparada e os corpos de prova foram produzidos.

A palha de carnaúba [*Copernicia prunífera* (Miller) H. E. Moore] foi fornecida pela empresa BRASIL CERAS – Carnaúba WAX. A mesma foi armazenada em sacos plásticos vedados, até que o sazonalidade da argila terminasse. O material trata-se da bagana, ou seja, a palha seca resultante da extração da cera da folha da carnaúba.

A escolha da palha de carnaúba como reforço para os adobes ocorreu porque esta espécie nativa abundante no Piauí é adaptada climaticamente ao semiárido, além de resistente, flexível e durável. Além disso, há um elevado volume de resíduos desprezados pela indústria da cera.

Preparo dos materiais

Após o sazonalidade, o solo coletado e armazenado foi destorroado manualmente com o auxílio de almofariz e pistilo. Em seguida foi submetido a peneiramento com a peneira ABNT nº 10, a fim de retirar todo material indesejado pois areias, pedregulhos, húmus e outros materiais orgânicos podem afetar a resistência final do material (11).

Todos os vestígios de talos de carnaúba foram retirados da amostra total, para garantir que seria utilizada apenas a porção das folhas da palmeira. Então, a palha foi triturada mecanicamente até adquirir um tamanho médio de 20 mm de comprimento por 5 mm de largura. Todo o material passante na peneira ABNT nº 16 foi desprezado, pois o pó e as partículas pequenas não teriam boa influência como reforço mecânico dos tijolos.

Produção dos tijolos de adobe

As fôrmas utilizadas são em perfil de alumínio com seção quadrada, com 10 cm³ cada. Tratam-se de peças inteiriças e inflexíveis, com superfícies lisas e homogêneas, para permitir maior facilidade ao desenformar os cubos. Os adobes produzidos possuem quatro tipologias: controle (grupo C), sem palha, e três tipos de compósitos com 1% (grupo N1), 5% (grupo N2) e 10% (grupo N3) de fibra natural em massa.

O mistura das massas foi realizada em reservatórios plásticos com capacidade para 30L e com as mãos calçadas em luvas (figura 1). O amassamento foi enérgico e constante, com acréscimo gradual de água até alcançar trabalhabilidade, pois “a operação só termina após a obtenção de uma massa homogênea, plástica e não aderente às mãos” (11, p.6).



Figura 1 - Amassamento da mistura de barro e palha com as mãos.

Por fim, as misturas foram identificadas e envolvidas em sacos plásticos para que não perdessem água por evaporação. Então, foram mantidas em repouso por 48h, de forma a garantir que a umidade fosse homogeneamente distribuída a todos os componentes. Transcorridas o período de descanso, as misturas foram amassadas novamente. A seguir, as fôrmas de alumínio foram limpas com pano úmido, para retirar qualquer vestígio de poeira ou outro material indesejado que pudesse interferir no deslizamento durante o processo de moldagem.

Para montagem dos cubos, a massa foi lançada dentro da fôrma com força suficiente para que não se formassem vazios. Os espaços próximos às arestas foram pressionados com cuidado (figura 2a), pois a argila aderiu bastante às luvas. O procedimento foi repetido até preencher completamente o cubo, com retirada do material excedente.

Em função da grande adesão da argila às fôrmas, os tijolos eram desenformados com muita dificuldade, causando-lhes severas deformações. Assim, foi preciso untá-las com glicerina. O grupo N2 (figura 2b) precisou de uma menor quantidade e no N3 (figura 2c) seu uso não foi necessário. Foram produzidos 48 (quarenta e oito) cubos, sendo 12 (doze) amostras de cada tipologia.

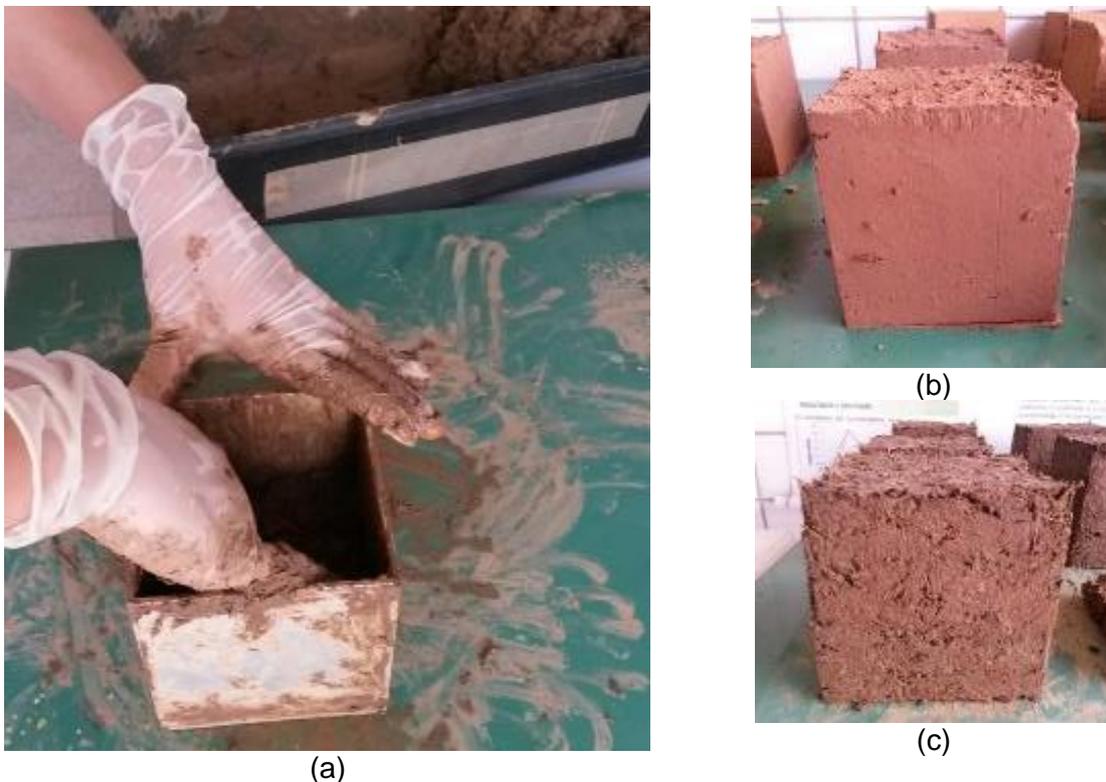


Figura 2 - Moldagem dos corpos de prova: a) preenchimento dos cantos das fôrmas; b) adobe com 5% de palha - grupo N2; c) adobe com 10% de palha - grupo N3.

Os cubos de adobes foram mantidos dentro do Laboratório de Materiais do IFPI, em um local protegido da chuva e do vento, mas que lhes permitia pegar sol pela manhã. Suas posições eram alternadas diariamente para que todas as faces pudessem secar de maneira mais homogênea e eficiente. Depois de secos, todos foram devidamente identificados com as iniciais de seus grupos e com a numeração das amostras (figura 3). Os ensaios mecânicos foram iniciados ao final de 45 dias da produção dos últimos exemplares.



Figura 3 – Cubos de adobe secos e identificados.

De acordo com a *NTE E.080 ADOBE*, após a secagem, cada amostra “(...) deverá estar livre de matérias estranha, rachaduras, fissuras ou outros defeitos que possam degradar sua resistência ou durabilidade” (10, p.4). Qualquer cubo que não atendesse a estas exigências deveria ser descartado, mas não houve nenhum caso.

Ensaio de determinação da resistência à compressão simples

A norma peruana indica que são necessárias 6 (seis) unidades de cada tipologia para realizar os ensaios de compressão simples. Por sorteio foi definido

que as amostras de número 1, 3, 4, 7, 10 e 12 dos grupos C, N1, N2 e N3 seriam ensaiadas, um total de 24 cubos de adobe. Foi utilizado um aparelho da SHIMADZU, modelo Autograph AG-X. A carga foi aplicada na velocidade de 5 mm/min e os tijolos foram apoiados em chapas metálicas (figura 3) para sua melhor distribuição.



Figura 3 - Chapas de ferro para apoiar e distribuir igualmente a carga aplicada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A norma exige que as amostras alcancem pelo menos 12 kgf/cm² ou 1,18 MPa ⁽¹⁰⁾. Porém, o que se verificou foi que quase todas as amostras, de todas as tipologias, superaram esse valor, conforme a tabela 1, abaixo:

Tabela 1 – Ensaio de Compressão Simples: resistência média e desvio padrão

Tipologia das amostras	f_{xm} (MPa)	S (MPa)
<i>Controle (C)</i>	1,42	0,15
<i>Grupo com 1% de palha (N1)</i>	1,35	0,22
<i>Grupo com 5% de palha (N2)</i>	1,70	0,40
<i>Grupo com 10% de palha (N3)</i>	4,68	0,51

Os grupos C e N1 atingiram valores muito próximos, mas percebe-se um leve declínio na resistência pela adição de 1% de palha de carnaúba. Por outro lado, 5% de fibra vegetal (grupo N2) trouxe uma melhora de 20% em relação à referência. O grupo N3 conseguiu alcançar uma resistência média 3 vezes superior à do adobe sem reforço e 4 vezes superior à exigência da norma. Isso porque as fibras naturais proveem uma maior coerência entre as camadas da argila ⁽¹²⁾, especialmente porque elas foram dispersas de forma aleatório dentro da matriz.

Um estudo semelhante apresenta valores similares ⁽¹³⁾. Foram testados adobes com 10 cm³, produzidos em duas tipologias: adobes com 10% de fibras de algas marinhas e adobes com 10% daquelas fibras somados a resíduos de beterraba e tomate que continham proteínas, celulose, amido, açúcar e goma.

As amostras que continham apenas as algas atingiram uma resistência média de 2,5 MPa (S = 0,1). Já as amostras com fibras e resíduos alcançaram 4,4 MPa (S = 0,2). Os autores verificaram uma grande diferença na porosidade dos adobes e atribuíram aos polímeros naturais da beterraba e do tomate a capacidade de preencher os interstícios dos grãos do solo ⁽¹³⁾.

CONCLUSÕES

O adobe é uma técnica milenar que faz parte da arquitetura de terra, uma forma construtiva sustentável e que é amplamente difundida em todo o mundo, em diversas culturas. Sua produção envolve baixo consumo de energia, cerca de 1% do que é necessário para se construir com concreto e 0,5% do que é gasto com tijolos queimados ⁽⁴⁾.

Na tentativa de aprimorá-los, este trabalho propôs a estabilização de solos pela adição da palha de carnaúba. Os tijolos com 10% de fibra vegetal superaram o triplo da resistência obtida nos adobes convencionais. Dessa forma, foi confirmada a viabilidade técnica do reforço por fibras vegetais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFPI pela disponibilização dos laboratórios para realização dos ensaios necessários e pelo apoio fornecido para participação no 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais/ CBECiMat.

REFERÊNCIAS

- (1) GAUZIN-MULLER, D. **Arquitetura Ecológica**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2002.
- (2) KRONKA, R.C. Arquitetura, sustentabilidade e meio ambiente. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2., 2001, Canela, RS. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2001. p. 67-72.
- (3) SILVA, D. N. A. C.; CARVALHO, R. Construções Ecológicas e Sustentáveis: Análise Comparativa de Custos entre Painéis em Bambu e Barro com Alvenaria de Bloco. **TecBahia: Revista Baiana de Tecnologia**. Salvador, vol. 22, n. 1-3, jan./dez. 2007.
- (4) GALÁN-MARÍN, C.; RIVERA-GÓMEZ, C.; BRADLEY, F. (2013). Ultrasonic, Molecular and Mechanical Testing Diagnostics in Natural Fiber Reinforced, Polymer-Stabilized Earth Blocks. **International Journal of Polymer Science**. pp.1-11.
- (5) MINKE, Gernot. **Manual de Cosntruccion en tierra**. 2 ed. Montevideo: EditoraNordan-Comunidad, 2001.
- (6) PINTO, F. Arquitectura de Terra - Que futuro? In: 7ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE O ESTUDO E CONSERVAÇÃO DA ARQUITECTURA DE TERRA, Silves, 1993. **Anais...** Lisboa, 1993. DGEMN, p. 612-17.
- (7) SOUZA, Renato César José de. Problemas de Conservação em Construções Típicas de Minas Gerais. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**. Belo Horizonte, 1996. n. 4, p. 103 -120, maio.
- (8) DA-PONTE, M. M. C. C. **Arquitetura de Terra: o desenho para a durabilidade das construções**. 2012. 298p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra - Portugal, 2012.
- (9) PINTO, A. R. A. G. **Fibras de curauá e sisal como reforço em matrizes de solo**. 2008. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2008.
- (10) *REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. **Norma Técnica de Edificación NTE E.080 – Adobe**. Lima, Peru: El Peruano, 2006, p. 311 - 317.
- (11) CANTEIRO, F.; PISANI, M. A. (2006). Taipa de mão: história e contemporaneidade. In: **æ ensaios**. v. 1, n. 2. pp. 2-21.
- (12) BINICI, H.; AKSOGAN, O.; SHAH, T. (2005). Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material. **Construction and Building Materials**. v.19, pp. 313-318.
- (13) ACHENZA, M.; FENU, L. (2006). On earth stabilization with natural polymers for earth masonry construction. **Materials and Structures**. v. 39, pp. 21-27.

Potential of physical stabilization through addition of natural fibers

ABSTRACT

The earth architecture is an ancient technique very efficient, durable and low environmental impact. Its use can be enhanced through innovations based on scientific researches. The objective of this study was to determine the resistance to simple compression from adobe bricks reinforced with carnaúba's straw [Copernicia prunifera (Miller) HE Moore], in proportions of 0% (control group, C), 1% (N1 group) 5% (N2 group) and 10% (N3 group) in weight. The peruvian standard NTE E.080 ADOBE determines the use of cubic specimens that support at least 12 kgf /cm². The results prove the feasibility of stabilization by the addition of vegetable fiber. C and N1 groups had, respectively, 1.42 MPa and 1.35 MPa of resistance. N2 obtained 1.70 MPa, 20% improvement compared to the control. Finally, N3 reached an average of 4.68 MPa, more than triple the reference.

Key-words: building system, sustainable composite, simple compression.