

# COLETÂNEA HABITARE

**Normando Perazzo Barbosa** é engenheiro civil pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (1975). Mestre pela Pontifícia Universidade Católica - PUC-RJ (1978) e doutor pela Université Pierre et Marie Curie, França (1983). Livre-docência pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB (1996). Professor titular da UFPB desde 1979. Atua nas áreas de Estruturas de Concreto, Materiais e Componentes de Construção e Mecânica de Estruturas.  
E-mail: [nperazzo@lsc.ct.ufpb.br](mailto:nperazzo@lsc.ct.ufpb.br)

# 2.

## Transferência e aperfeiçoamento da tecnologia construtiva com tijolos prensados de terra crua em comunidades carentes

Normando Perazzo Barbosa

### Resumo

Ao longo de toda sua existência, o homem sempre construiu habitações empregando materiais disponíveis na natureza. Infelizmente, grande parte da tecnologia construtiva com materiais não industrializados foi se perdendo ao longo dos dois últimos séculos. A volta do emprego de produtos que envolvam menos energia no seu processo de obtenção, gerem menor quantidade de rejeitos e apresentem baixa emissão de poluentes será, sem dúvida, um benefício para toda a humanidade. Este trabalho tenta mostrar o potencial que representa a construção com terra crua, um dos mais tradicionais materiais de construção. Faz-se a associação da terra com produtos modernos como o cimento. São feitas algumas considerações sobre tijolos prensados de terra crua. Mostra-se o processo de otimização dos blocos e os ensaios de controle de qualidade. Apresenta-se um tipo de tijolo prensado com saliências, idealizado pelo Prof. R. Mattone, do Politecnico di Torino, Itália, que exige apenas cerca de 3 mm de argamassa e dispensa revestimento. Descreve-se a experiência real em uma favela onde houve grande aceitação e fácil assimilação da tecnologia construtiva com esse tipo de bloco, indicando-se os melhoramentos introduzidos nessa tecnologia.

## Introdução

A arte de construir é uma atividade relativamente recente na história da humanidade (SALVADORI, 1990). De fato, o homem já era capaz de fazer jóias, pinturas, artefatos de caça e pesca, quando, há cerca de 10 mil anos, com o advento da agricultura, sentiu necessidade de construir suas moradas para guardar suas colheitas, o que deu origem às primeiras cidades.

Evidentemente, os primeiros materiais de construção utilizados foram aqueles ofertados pela natureza (Figura 1), como pedra, palha, galhos e troncos de árvores e, sem dúvida, a terra. Com esses materiais o homem foi capaz de produzir belíssimas obras de engenharia, como são testemunhos as magníficas pirâmides e tantos outros monumentos egípcios, gregos e persas. Os romanos, misturando cal de cinzas vulcânicas, criaram o chamado cimento romano, resistente à ação da água, e

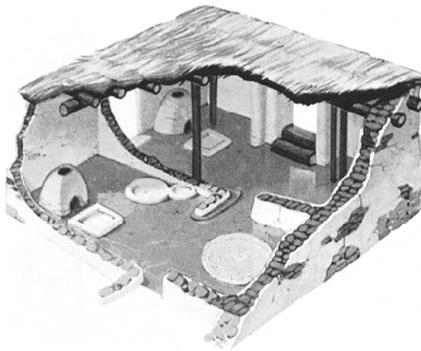


Figura 1 – Casa dos primórdios da humanidade  
Fonte: O Livro do Quando (1974)

14



Figura 2 – Pantheon de Roma: símbolo da engenharia de alto nível empregando materiais tradicionais

com seu auxílio construíram obras que desafiam os milênios. O Pantheon (Figura 2), templo dedicado aos deuses, com quase 2 mil anos, reina ainda majestoso no centro de Roma, com sua cúpula espetacular de mais de 40 metros de diâmetro.

Com o aparecimento dos materiais de construção industrializados, pouco a pouco perdeu-se, principalmente nos países ocidentais, as tecnologias que faziam bom uso dos materiais tradicionais. Apesar da elevada produção de materiais industrializados, a construção formal está fora do alcance de grande parcela da população dos países não desenvolvidos. Conseqüentemente, a falta de habitação e infra-estrutura ainda é uma triste realidade para quase um terço da humanidade (Figura 3).

Além disso, alguns desses materiais industrializados, comumente denominados de convencionais, consomem muita energia e requerem processos de produção centralizados. Soma-se a isso a enorme quantidade de rejeitos gerada e a emissão de gás carbônico e de outros poluentes lançados na atmosfera. Por exemplo, a fabricação de uma tonelada de cimento lança na atmosfera outra tonelada de  $\text{CO}_2$  (MEHTA, 1999). No Nordeste brasileiro, a fabricação de tijolos cerâmicos utiliza quase sempre a vegetação nativa como combustível, contribuindo para aumentar o grave e preocupante problema da desertificação, que já se verifica naquela região (Figura 4).

Portanto, o desenvolvimento e a aplicação de materiais de baixo custo, de reduzido consumo de energia e que danifiquem cada vez menos o meio ambiente, na Construção Civil e em outros setores econômicos, podem contribuir para a sobrevivência da própria humanidade.



Figura 3 – Seres humanos que não têm acesso à necessidade básica de casa

# Uso da lenha acaba florestas e caatinga

*Na Paraíba, volume de extração corresponde a 115 mil campos de futebol*

**ADRIANA GALVÃO**

Fm termos de uso de fontes energéticas, a Paraíba está na idade da Pedra, ou melhor, na Idade da Lenha. Estudos mostram que 41% do consumo energético do Estado vem da lenha e do carvão vegetal, enquanto apenas 25,6% têm como fonte a energia elétrica. Uma meda de 62 mil hectares de floresta nativa se transformam, a cada ano, em lenha ou carvão vegetal para consumo industrial, comercial e domiciliar. Isso equivale a cerca de 115 mil campos de futebol.

O desmate de floresta nativa coloca a Paraíba como um dos Estados mais devastados da região Nordeste, segundo levantamentos feitos pelo Projeto Ibrama-Pnud, entre 1990 e 1993. Na época, o território paraibano possuía

apenas 33,25% de cobertura florestal. Só para ter uma idéia, os vizinhos Estados de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará ainda possuem mais da metade de sua cobertura florestal. No Nordeste, a taxa de desmatamento anual é de meio milhão de hectares,

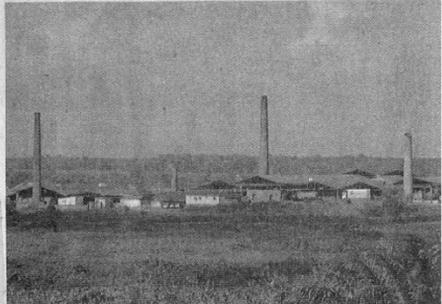
**Clandestinidade**

O grande problema da retirada de madeira é a clandestinidade e a forma desordenada como isso é feito. O Ibrama da Paraíba não tem ideia de quanto madeira clandestina é retirada das matas do Estado e os próprios funcionários do órgão não entram em acordo sobre quais as áreas mais afetadas. O chefe da Ditec (Divisão Técnica), Edilton Nóbrega, acha que a Zona da Mata é a mais desmatada. O chefe da Fiscalização, José Hilton Linhares, diz

que é a Caatinga.

Levantamentos feitos pelo próprio órgão mostram que a Caatinga é realmente, a área mais atingida pelos desmates. Marcos Trigueiro, do Setor de Cadastro do Ibrama-PB, disse que cerca de 90% da madeira retirada no Estado são transformados em lenha e carvão vegetal. Além disso, muita lenha é importada do Rio Grande do Norte, segundo ele. Há uma grande dependência da população e de setores da economia em relação ao produto vegetal como fonte de energia.

No opinião do ambientalista e consultor técnico Vandenberg Salvador, o desmatamento atende uma demanda constante e crescente de energéticos florestais. Segundo ele, esta necessidade se alia à inoperância do Ibrama, que é o



As olarias são alguns dos principais usuários da lenha no fabrico de tijolo

**Ibrama autorizou desmate de 5.000 h**

## Desertificação atinge 74% da PB

*Processo afeta 113 municípios onde moram 2,3 milhões de pessoas*

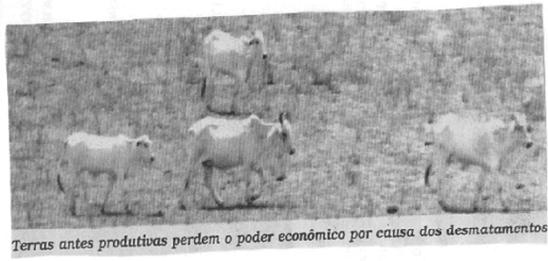


Figura 4 – A indústria cerâmica contribui para o agravamento do problema de desertificação

Preocupados com essa realidade, alguns cientistas, engenheiros e arquitetos vêm se dedicando ao estudo, desenvolvimento e resgate de materiais locais, disponíveis em abundância, especialmente em países em desenvolvimento. No Brasil, foi criada a Associação Brasileira de Ciências de Materiais e Tecnologias Não Convencionais, tendo à frente o Professor K. Ghavami, da PUC-RJ. Em março de 1998, foi realizado na UFPB o Encontro “Materiais de Construção Não Convencionais: tradição e modernidade”, que foi organizado pelo autor e que contou com a presença de 11 pesquisadores estrangeiros. Em outubro do mesmo ano, teve lugar no Instituto dos Arquitetos do Brasil o “Simpósio sobre Materiais e Tecnologias Não Convencionais”. Em novembro de 2000, em João Pessoa, aconteceu o Congresso Internacional Sustainable Construction into the Next Millenium, novamente organizado pelo autor. Em março de 2001 teve lugar em Hanói, Vietnã, o Third International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies. No âmbito latino-americano, existe a Rede PROTERRA, congregando engenheiros, arquitetos, professores e pesquisadores interessados na construção com terra. Na França, existe o Centro Internacional da Construção com Terra.

Entre os materiais hoje ditos “não convencionais”, malgrado sua tradição milenar, tem-se a terra crua. Às qualidades da terra, como não ser poluente, apresentar excelentes propriedades térmicas e baixo consumo energético, somam-se a disponibilidade e a facilidade de gerar uma tecnologia apropriada para ajudar na solução de problemas de moradia, especialmente para populações pobres dos países em desenvolvimento.

No Nordeste brasileiro, a construção com terra é um exemplo de tecnologia perdida. Antigamente, construções dos senhores de engenho eram feitas de terra e apresentavam excelente aspecto e desempenho. Hoje, o material foi relegado à condição de “material de pobre”, porque não é usado corretamente, resultando em edificações de má qualidade e péssimo aspecto estético (Figura 5).



Figura 5 – Casa de taipa no Nordeste brasileiro: exemplo de uma tecnologia perdida

Nas fissuras existentes nas paredes das casas de terra mal construídas abrigam-se roedores e insetos que condenam seus habitantes, já debilitados por falta de alimentação adequada, a uma vida de doenças. No sertão nordestino, um dos insetos que vivem nessas casas é o conhecido barbeiro, causador do Mal de Chagas (Figura 6), que afeta cerca de 24 milhões de pessoas no continente latino-americano (PERALTA, 1997).



Figura 6 – Mal de Chagas: doença associada às más condições de habitação

No entanto, com a terra pode-se fazer belas e saudáveis construções. Quase um bilhão e meio de pessoas ainda vive em moradas de terra (FUNDAÇÃO CALOUTE GULBENKIAN, 1993). Muitas em sub-habitações, como a da Figura 5, outras em magníficas construções, como a mostrada na Figura 7.

18



Figura 7 – Mansão construída em terra crua no Novo México, USA

Neste trabalho pretende-se mostrar que é possível desenvolver tecnologias apropriadas e construir moradias dignas para populações excluídas do processo de desenvolvimento do país usando o mesmo material com que se fazem as insalubres casas de taipa.

## Tijolos prensados de terra crua

### Histórico

Pode-se dizer que os tijolos prensados de terra crua são uma forma “moderna” de uso da terra como material de construção. Apesar de seu uso milenar, a terra só passou a ser utilizada na forma comprimida por equipamentos na década de 1950, quando o pesquisador colombiano G. Ramires teve a idéia de criar uma prensa manual para fabricação de tijolos. Esta ficou mundialmente conhecida como prensa CINVA-RAM (Figura 8), sendo o primeiro nome o do organismo de habitação popular do Chile onde Ramires trabalhava.

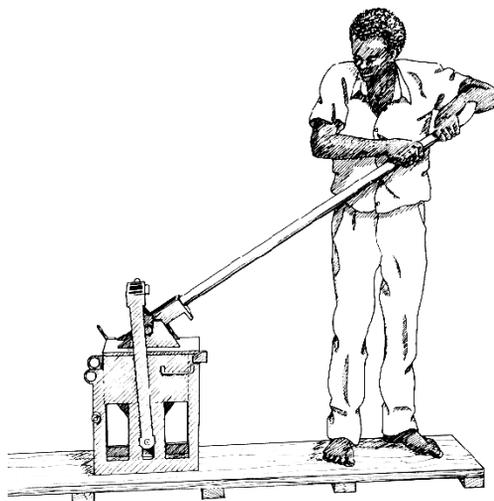


Figura 8 – Prensa manual CINVA-RAM

No Brasil a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) realizou muitos trabalhos com o que se chamou solo-cimento. Foi inclusive desenvolvida uma prensa para fabricação de tijolos de solo-cimento (Figura 9) com o apoio do Banco Nacional de Habitação (BNH). No entanto, nesse processo, o equipamento, moldando três tijolos ao mesmo tempo, não consegue dar uma pressão conveniente à terra.

Assim, para se obterem resistências adequadas, usam-se taxas de cimento de 8%, 10%, 12% e até mesmo 15%. Tais teores de ligante passam a pesar significativamente nos custos do material. Além disso, os tijolos têm pequenas dimensões, fazendo com que seja consumida muita argamassa na ligação, sem se conseguir dar uma grande estabilidade e rigidez aos muros.

No presente trabalho, optou-se pela denominação *tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento*, em vez de *tijolos de solo-cimento*, levando-se em conta que a pressão de compactação aplicada à terra nos moldes da prensa chega até cerca de 2 MPa. A Figura 10 mostra uma prensa de tecnologia francesa, conhecida como GEO 50, de excelente desempenho, que tem a vantagem de, através de um engenhoso sistema de molas, imprimir uma dupla compactação à terra: tanto pela parte superior quanto pela inferior. Além do mais, todos os movimentos são feitos de um único lado. Esse tipo de prensa foi utilizado nesta pesquisa.

Estudos aprofundados sobre o tema começaram na França, no início dos anos 1980. Muitas publicações sobre o tema foram originadas da École Nationale de Travaux Publics de l'État (ENTPE) (OLIVIER; MESBAH 1985a; OLIVIER; MESBAH, 1985b; OLIVIER; MESBAH, 1986; OLIVIER; MESBAH; ADAM, 1989; OLIVIER; MESBAH, 1990; OLIVIER; MESBAH, 1991; OLIVIER, 1994; OLIVIER; EL GHARBI; MESBAH, 1995), com a qual a UFPB mantém cooperação. Atualmente, um professor desta última encontra-se na instituição francesa fazendo doutorado no tema da construção com terra crua. Desde fins da década de 1980 o material terra crua tem sido estudado na UFPB (TOLEDO FILHO; BARBOSA; GHAVAMI, 1990a; TOLEDO FILHO; BARBOSA; GHAVAMI, 1990b; SOUZA, 1993; FREIRE, 1994; PAIVA, 1995; SOUSA; MAGALHÃES; BARBOSA, 1996a; BARBOSA, 1996b; BARBOSA, 1997; GHAVAMI; TOLEDO FILHO; BARBOSA, 1999; SOUZA; BARBOSA; TOLEDO, 2000), que também trabalha

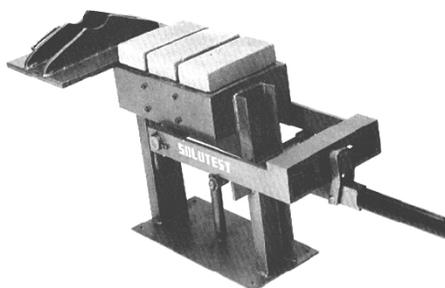


Figura 9 – Prensa manual que produz três tijolos ao mesmo tempo com pouca pressão de compactação

em cooperação com o Politecnico di Torino no assunto (BARBOSA; MATTONE, 1996; BARBOSA; SOUZA; MATTONE; GOGGI, 1996; BARBOSA; SOUZA; MATTONE, 1996).

Resumidamente, pode-se dizer que a qualidade desses tijolos prensados depende de: (a) tipo de terra; (b) umidade de moldagem; (c) tipo de prensa; (d) tipo e percentagem de estabilizante; e (e) cura. Cada um desses fatores é discutido a seguir.

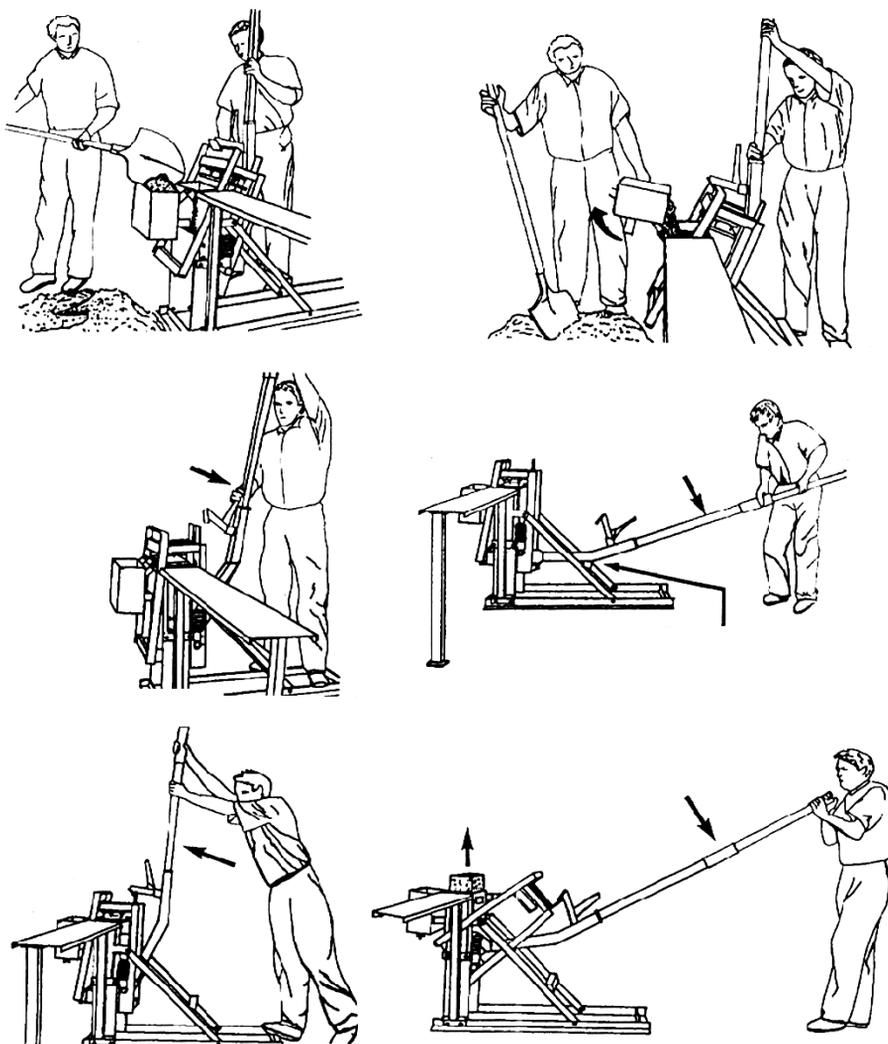


Figura 10 – Operação da prensa manual GEO 50

## Tipo de terra

Cada tecnologia de construção com terra tem o tipo de solo que lhe é mais apropriado. A terra mais conveniente para a fabricação de adobes, por exemplo, não é para a obtenção dos tijolos prensados.

Há certos tipos de argila, como a montmorilonita, que, quando presentes no solo, são inconvenientes para construção com terra por serem altamente expansivos.

O teor de cada componente granulométrico também é importante. É conveniente que o solo apresente plasticidade e que seu limite de liquidez não seja excessivo, de preferência menor que 40-45%. Para os tijolos prensados, pode-se dizer que é desejável que o solo tenha: (a) 10% a 20% de argila; (b) 10% a 20% de silte; e (c) 50% a 70% de areia.

Na presente pesquisa, tijolos de ótima qualidade foram obtidos com um solo local que apresentava cerca de 11% de argila, 18% de silte e 70% de areia, sendo esta última composta de grande quantidade de areia fina (grãos de 0,05 a 0,25 mm). Quando o solo não se enquadra nessa faixa, pode-se fazer uma correção granulométrica. Por exemplo, se o solo é muito argiloso, com limite de liquidez e índice de plasticidade altos, é comum misturá-lo com areia. A proporção depende de cada caso.

## Umidade de moldagem

A umidade de moldagem mais conveniente também é função do tipo de solo. Para se obterem tijolos prensados de qualidade com uma determinada terra, é necessário estabelecer a percentagem ideal de água em relação à quantidade de material a ser posta no molde da prensa, através de um processo de otimização, o que é desenvolvido com base na máxima densidade seca. Toma-se um lote de material e determina-se a umidade natural. Caso se conheça a umidade ótima do ensaio de compactação estática, trabalha-se com esse dado. O peso de terra a ser posto na prensa passa a ser variável. Faz-se variar este parâmetro, pesando-se e medindo-se as dimensões do tijolo para obter seu volume e a conseqüente densidade seca pela equação (1).

$$g_d = P_w / [(1 + w) \cdot V] \quad (1)$$

onde  $g_d$  é a densidade seca;

$P_w$  é o peso do corpo de prova logo após moldagem, ainda úmido;

$w$  é o teor de água presente; e

$V$  é o volume do tijolo.

Caso não se conheça a umidade ótima, faz-se variar também a quantidade de água, e obtêm-se gráficos como os indicados na Figura 11. O pico mais elevado de todas as curvas indica o teor ótimo de umidade e o peso de material a ser posto na prensa. Na prática, converte-se o peso em volume, usando-se a massa unitária do material úmido.

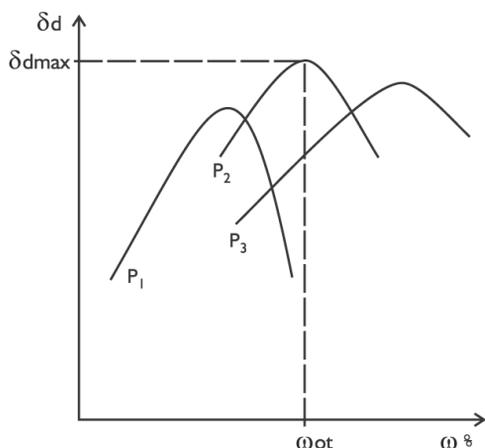


Figura 11 – Otimização da umidade do solo e da quantidade de material a ser posta na prensa

## Tipo de prensa

O tipo de prensa é importante, pois, quanto maior a compactação imposta ao solo, melhor será o produto final. No mercado encontram-se diversos tipos de prensa. Além da prensa GEO 50, utilizada no presente estudo, que comprime o solo com pressões da ordem de 2 MPa, existem também no mercado prensas hidráulicas que imprimem ao solo pressões muito maiores, resultando em produtos muito resistentes. O inconveniente é que se trata de equipamentos pesados e caros.

## Tipo e percentagem de estabilizante

Estabilizar o solo significa misturá-lo com produtos que melhoram suas propriedades, inclusive sob a ação da água. Um dos melhores e mais difundidos estabilizantes é o cimento, que trabalha reagindo quimicamente não só com a água, formando agentes cimentícios, mas também com as partículas finas do solo. Teores de 4% a 6% de cimento são capazes de produzir tijolos prensados de excelente qualidade. Mais detalhes sobre outros estabilizantes e seu mecanismo de ação podem ser encontrados em Olivier (1994), Barbosa (1996) e Houben e Guillaud (1989). A percentagem do estabilizante depende do tipo de solo que se vai empregar. Se houver muita argila presente, é exigido no mínimo 6% de cimento, em peso. Se o solo é

excessivamente arenoso, podem ser requeridas taxas maiores. Se o solo é bem graduado, 4% de cimento pode resultar em blocos de ótima qualidade. Também se pode usar a cal (6% a 8%) ou mesmo uma mistura de cal e cimento. A cal atua bem com solos argilosos, porém, para ser eficaz, deve ser uma cal de qualidade.

Outro estabilizante que está sendo estudado atualmente na UFPB é a mistura de cal com resíduos de tijolos cerâmicos moídos. Os trabalhos iniciais apontam para um grande potencial de uso dessa mistura, que possui custo reduzido.

## Cura

Os tijolos prensados, em geral, são moldados com uma percentagem de água em torno de 8% a 15%. Nas condições locais, a umidade de equilíbrio com a atmosfera é em torno de 2% a 4%. Então, a tendência da água é sair do interior do tijolo. Na região Nordeste do Brasil tem-se ainda o agravante das temperaturas elevadas e do vento, que fazem secar rapidamente os blocos recém-fabricados, caso providências não sejam tomadas contra isso. Se ocorrer a saída rápida da água, não vai haver tempo para esta reagir com todos os grãos de cimento, caindo, assim, a qualidade do bloco. Dessa forma, é imprescindível fazer uma cura, que consiste em impedir que a água utilizada na mistura saia do produto após sua fabricação. Um método muito eficaz consiste em cobrir os tijolos com uma lona plástica. Assim, impede-se a evaporação da água. Também se pode molhar periodicamente os tijolos novos.

## Controle de qualidade dos tijolos

Dois principais tipos de ensaio devem ser feitos nos blocos de forma a se controlar a sua qualidade: resistência à tração indireta e resistência à compressão. Esses ensaios, com base em um documento da École Nationale de Travaux Publics de l'État, Lyon, França, validados na reunião de abril de 96, estão sendo normalizados pelo comitê técnico TC-EBM da RILEM (OLIVIER; EL GHARBI; MESBAH, 1996).

O ensaio de tração indireta é feito conforme mostra a Figura 12.

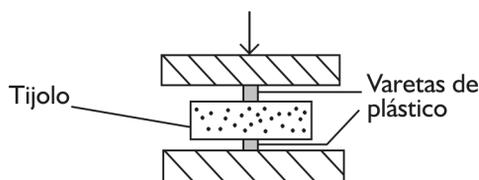


Figura 12 – Ensaio de tração indireta nos tijolos de terra crua

A velocidade de ensaio deve ser bem pequena, se possível da ordem de 0,002 mm/s. A resistência à tração é dada por:

$$f_t = 2.F/(P.b.h) \quad (2)$$

onde  $F$  é a força de ruptura, suficientemente afastada da extremidade;

$b$  é a largura; e

$h$  é a espessura do tijolo.

Com as duas metades dos blocos resultantes, pode-se fazer mais dois ensaios de tração indireta em cada um, ou então um ensaio de compressão, como mostra a Figura 13.

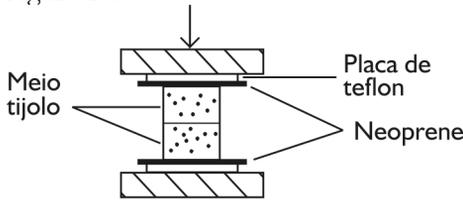


Figura 13 – Ensaio de compressão

A fim de assegurar um comportamento homogêneo do material durante o ensaio de ruptura à compressão simples, os pratos da prensa devem ser rotulados e o corpo de prova munido nas duas extremidades de um sistema antifretagem, constituído de uma membrana de neoprene posta sobre placa de teflon. Isso praticamente elimina o atrito entre a prensa e o tijolo. A velocidade de ensaio, com controle de deslocamento, deve ser constante, correspondendo a 0,02 mm/s (cerca de 1,2 mm/min). A argamassa de ligação deve ser a mesma a ser utilizada na construção.

## Tijolo prensado idealizado pelo Prof. Mattone

Depois de numerosas investigações, foi concebida pelo Prof. Mattone, do Politecnico di Torino, uma forma para a fabricação de tijolos com saliências dos tipos macho e fêmea. Essa forma foi empregada na prensa manual GEO 50. Como se pode ver na Figura 14, tanto nas extremidades quanto nas partes superior e inferior, há possibilidade de encaixe.

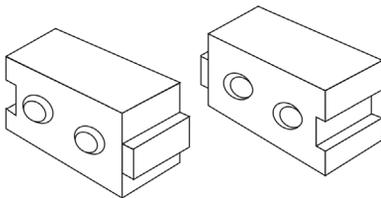


Figura 14 – Tijolo com saliências de encaixe

Uma grande vantagem dos tijolos em questão é a facilidade de execução das paredes. Os tijolos encaixam-se uns nos outros através das saliências, porém estas permitem pequenos deslocamentos relativos dos blocos, que possibilitam a correção de verticalidade e linearidade dos muros quando de sua construção. As dimensões do tijolo são 14 cm x 28 cm x 9,5 cm. O peso resulta entre 6,6 e 7 quilos.

Painéis de paredes com esses tijolos foram testados experimentalmente no Politecnico di Torino (BARBOSA; MATTONE, 1996; MATTONE; PASERO, 1993) e também na UFPB (SOUSA; MAGALHÃES; BARBOSA, 1996; BARBOSA, 1997). Os ensaios experimentais mostraram um excelente comportamento, resultando em paredes de grande rigidez.

## Implementação da tecnologia

A implementação prática de um projeto de construção de casas com os tijolos prensados de terra crua deve passar por duas fases de formação de pessoal:

- uma para o processo de fabricação dos tijolos; e
- outra para o processo construtivo das casas.

Na Figura 15 mostram-se duas fotos do processo de formação para fabricação de tijolos prensados na Patagônia, Argentina. Nesse processo deve-se ensinar o peneiramento, a dosagem dos materiais (terra, água, cimento), o processo de mistura, o método de utilização (e a manutenção) da prensa manual, a fabricação dos tijolos, o processo de cura e cuidados na estocagem. Detalhes sobre o assunto podem ser encontrados em Barbosa (1996) e Barbosa, Toledo Filho e Ghavami (1997).



Figura 15 – Formação de pessoal para fabricação de tijolos prensados

Na formação para a construção propriamente dita, deve-se ensinar e orientar todos os passos. Em se tratando de populações habituadas com suas casas de taipa insalubres, pode haver preconceitos com relação ao uso da terra. Por isso, é essencial um acompanhamento técnico mais intenso no início da implantação do projeto, para se chegar a um produto de qualidade. Uma construção malfeita pode levar ao descrédito e pôr a perder muito esforço. Em uma comunidade que não conhece os tijolos de terra crua, é preferível começar primeiramente com um prédio comunitário, como um centro comunitário, uma creche, uma escola.

A locação da edificação deve ser feita de maneira tradicional, a partir de projeto que já tenha previsto dimensões para os ambientes que correspondam a números inteiros ou inteiros mais metade de tijolos.

No processo construtivo adotado, a fundação era composta de pedras. Nas paredes internas, caso não se disponha de pedra suficiente, pode-se fazer uma vala de 30 cm de largura e profundidade conforme o solo local e preenchê-la com a mesma mistura de terra-cimento com a qual foram fabricados os tijolos, compactando-a firmemente.

Em edificações maiores, as pedras da fundação devem ser assentadas de preferência com argamassa de cimento. Porém, para construção de pequenas casas populares, pode-se dispensar a argamassa, procurando-se preencher o vazio das pedras com terra e/ou areia. Uma camada de concreto por sobre as pedras, de 20 cm de largura e 7 cm a 8 cm de espessura, e um ferro de 6,3 mm fazem a amarração pela parte superior das pedras. A face superior dessa cinta deve estar no nível do piso (Figura 16).

Em seguida, sobre a cinta, corre-se uma primeira camada de concreto. Deve-se marcar a posição das portas, onde esta camada é interrompida. Sua espessura deve ter de 5 cm a 7 cm. Na largura, recomenda-se 20 cm nas paredes internas e 17 cm nas paredes externas. O objetivo é deixar um rodapé resistente, com 2 cm ou 3 cm, para proteção de choques e de água quando da lavagem dos ambientes.

Uma vez pronta essa camada, convém conferir suas dimensões colocando-se sobre ela os tijolos sem nenhum ligante. Normalmente ocorrem pequenas defasagens que podem ser então corrigidas. Em seguida, a primeira fiada de tijolos é assentada com argamassa de cimento-areia, obedecendo à linha de referência. Sobre cada tijolo põe-se o nível nas duas direções, corrigindo-se os possíveis desníveis com pancadas sobre um pedaço de madeira que se apóia no tijolo. As saliências dos tijolos de encaixe permitem pequenos movimentos para as correções de nível, linearidade e verticalidade.

O assentamento das demais camadas é feito com a própria terra finamente peneirada e misturada com cerca de 10% de cimento e muita água, de forma a permitir uma argamassa bem fluida. Defasam-se as juntas de forma que cada tijolo apóie-se sobre outros dois. O controle do nível deve existir ao longo de todo o processo. A linearidade das paredes é controlada pela linha que corre paralelamente a elas, e a verticalidade, por régua e nível. Nos cantos passa-se o esquadro em cada tijolo assentado.

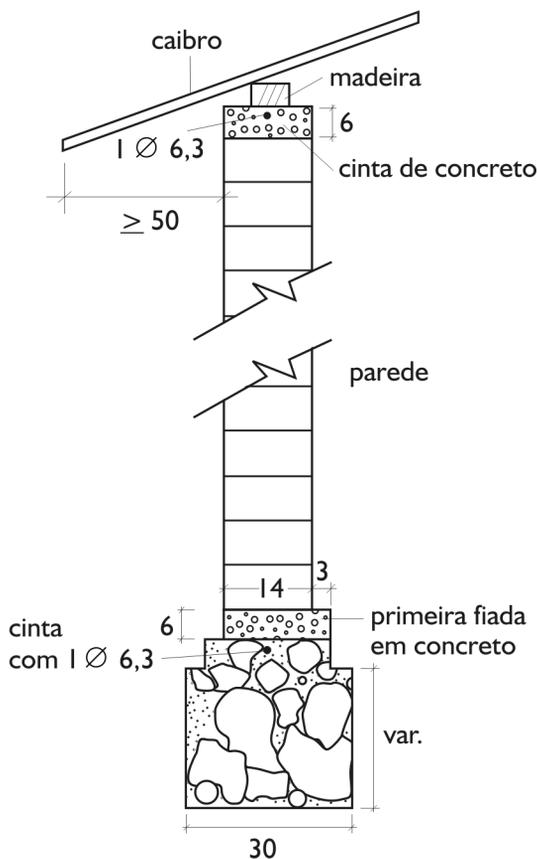


Figura 16 – Conjunto fundação, parede, cintamentos

No topo de todas as paredes, que corresponde à altura das portas e janelas, passa-se uma cinta de concreto (Figura 17), no caso das casas populares, com apenas um ferro de 6,3 mm. As saliências superiores do tijolo promovem uma excelente integração da cinta com a parede.

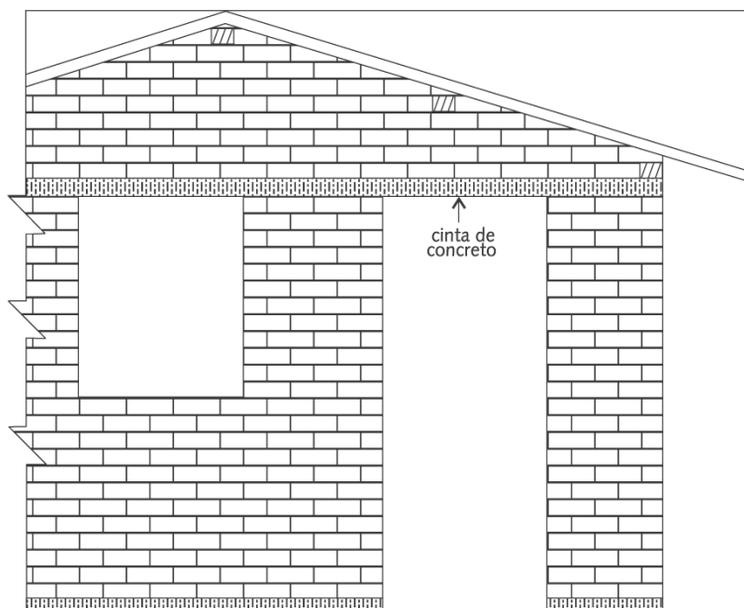


Figura 17 – Casa popular com tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento

Sobre as portas e janelas, para facilitar, pode-se usar elementos pré-fabricados, reforçados com aço ou mesmo com materiais vegetais como o bambu ou outro produto local. Deixando-se o devido comprimento de ancoragem, consegue-se uma boa ligação com o restante das cintas.

Por sobre a cinta vem o madeiramento e cobertura, por enquanto, tradicional com telhas cerâmicas canal. Está sendo estudada uma alternativa para baratear o telhado com telhas à base de cimento a serem fabricadas também pelos próprios moradores. Atualmente, tenta-se desenvolver coberturas reforçadas com fibras de sisal. No telhado, deve-se deixar um significativo beiral de, pelo menos, meio metro, de forma a proteger o máximo a parede da ação das chuvas.

O acabamento final das paredes pode ser feito preenchendo-se com uma pasta de terra peneirada misturada com cimento e água os pequenos orifícios que podem aparecer entre fiadas. Procedendo-se a uma limpeza correta, nenhum revestimento é necessário. O aspecto final dos muros resulta muito agradável, sendo a pintura uma opção do morador. Para baratear ao máximo a construção, inclusive os marcos de porta também são feitos em argamassa. Em todas as fases o acompanhamento técnico é conveniente. A Figura 18 mostra alguns passos do processo de fabricação dos tijolos e das casas.



(a) Peneiramento da terra



(b) Mistura da terra com o cimento e a água



(c) Fabricação dos tijolos



(d) Estocagem e cura com lona plástica



(e) Demolição de casa de taipa e pedras para fundação



(f) Forma para primeira fiada em concreto



(g) Assentamento da primeira fiada de tijolos



(h) Execução da alvenaria

Figura 18 – Algumas etapas de fabricação de tijolos prensados e construção de casas

Na Figura 19 apresentam-se algumas das casas construídas pela própria população sob orientação do autor.



Figura 19 – Casas de tijolos prensados de terra crua

## Aperfeiçoamento da tecnologia inicial

No processo de construção das paredes de alvenaria, para as juntas verticais não coincidirem, é necessário dispor de meio tijolo. Tentou-se obtê-lo diretamente na prensa através de um dispositivo, mas esse processo não se mostrou eficaz. Parti-lo com a colher de pedreiro também é possível, porém se gasta mais tempo e, quase sempre, perde-se uma das metades. Foi então criado o dispositivo mostrado na Figura 21, que permite uma rápida obtenção das duas partes do tijolo.

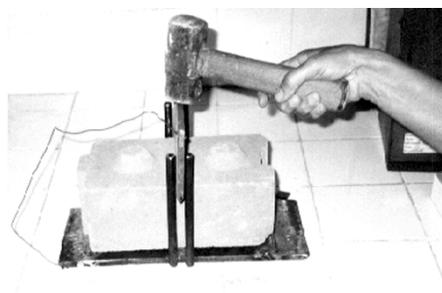


Figura 20 – Dispositivo para quebrar o tijolo em duas metades

No que diz respeito ao processo construtivo, as formas para as primeiras fiadas, antes feitas de compensado, foram substituídas por réguas metálicas e foram criados espaçadores que facilitaram a moldagem da primeira camada.

A cinta de amarração sobre portas e janelas teve a sua forma aperfeiçoada. Em vez de ferro pode-se usar varas de bambu (Figura 21), que também têm um bom comportamento se forem usadas ao longo de toda a cinta, dispensando a armadura.

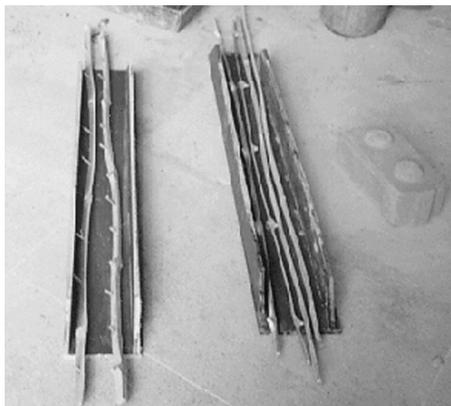


Figura 21 – Forma para verga pré-fabricada sobre portas e janelas, reforçada com bambu

Como mostra a Figura 22, o consumo de madeira para cobertura com telhas cerâmicas é relativamente grande. De fato, o telhado chega a custar perto de 40% do valor da casa. Por isso, estudam-se telhas à base de argamassa de cimento reforçada com fibras de sisal (Figura 23), para reduzir drasticamente a quantidade de madeira.



Figura 22 – Telhado para telhas cerâmicas com grande consumo de madeira

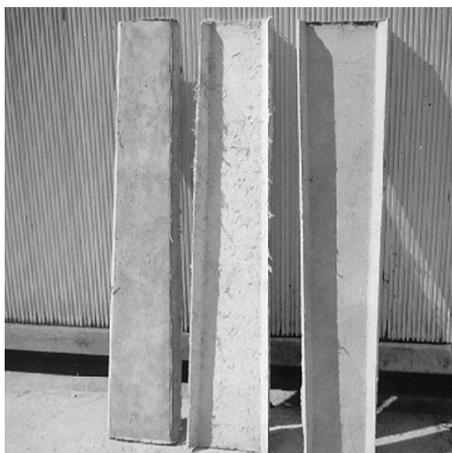


Figura 23 – Telhas de argamassa de cimento e fibras de sisal para redução do consumo de madeira e barateamento da cobertura

## Considerações finais

Neste trabalho foram apresentadas algumas considerações sobre a terra crua como material de construção. Discorreu-se sobre os tijolos prensados de terra estabilizados com cimento. Mostrou-se resumidamente o processo construtivo com esse tipo de bloco. Foi apresentada uma experiência sobre as tecnologias de fabricação dos tijolos e de construção de edificações em uma favela, tendo como construtores os próprios moradores, devidamente supervisionados.

Do exposto vale salientar que:

- (a) a terra crua apresenta grande potencial a ser explorado na minimização do problema da habitação em todo o mundo;
- (b) a terra crua representa uma alternativa não poluente e de baixo consumo energético para a construção de casas. Sendo um material que “respira” (em vista da porosidade), permite trocas de vapor entre interior e exterior da construção, o que tende a elevar o conforto térmico;
- (c) conhecimentos sobre o material terra são necessários, de forma que seu emprego seja feito adequadamente. Caso contrário, corre-se o risco de se pôr a perder todo o esforço desenvolvido para o resgate de seu uso;
- (d) os tijolos prensados, sobretudo os estabilizados, mesmo com teores de cimen-

to bem inferiores àqueles empregados em blocos à base de cimento-areia, podem chegar a ter resistências comparáveis à destes últimos;

(e) para pequenas construções, 4% a 5% de cimento numa terra adequada já conduz a um produto capaz de resistir à ação da água e aos carregamentos de serviço com grande folga, o que é economicamente viável;

(f) com tijolos prensados estabilizados é possível a construção de edificações de três a quatro pavimentos, sendo neste caso necessária uma maior percentagem de cimento e rigoroso controle no processo de fabricação dos blocos;

(g) a normalização dos ensaios com os tijolos de terra crua representa um passo à frente na tentativa de resgatar o uso dos blocos crus na construção;

(h) o tipo de tijolo desenvolvido pelo Prof. Mattone, do Politecnico di Torino, é muito prático, o que resulta em uma parede de grande rigidez;

(i) esse tijolo não precisa de revestimento (como de resto os tijolos prensados estabilizados em geral) e praticamente dispensa argamassa de assentamento, sendo necessária apenas uma mistura fluida de terra, cimento e água;

(j) projetos de construção envolvendo o próprio pessoal são de grande valia para as populações pobres, que ganham uma ocupação e uma oportunidade de mostrar até a si próprias que são capazes de produzir algo concreto e de qualidade. É inegável a diferença de padrão das residências feitas com tijolos prensados em relação às casas de taipa; e

(k) a terra crua permite gerar uma tecnologia apropriada para populações excluídas do processo de desenvolvimento, sendo necessário, porém, o acompanhamento técnico periódico.

Os trabalhos fruto do financiamento do Habitare desenvolveram-se na favela conhecida como Cuba de Baixo, no município de Sapé (PB).

Nessa favela também se usou o processo construtivo com tijolos de adobe, cujos resultados não estão apresentados neste trabalho. Diferentemente dos tijolos prensados, que precisam de mão-de-obra mais forte (a prensagem exige um certo esforço), os blocos de adobe podem ser produzidos até por mulheres sozinhas. Nessa comunidade, sob orientação do autor, foi construída uma creche onde os tijolos de terra foram fabricados pelas mães das crianças, o que minimizou o seu custo.

No total, um centro comunitário, uma creche e mais de quarenta casas de terra, agora com tecnologia, foram construídos na favela, substituindo as insalubres casas de taipa.

Finalmente, convém comentar que o sistema construtivo com os tijolos prensados poderia contribuir, em muito, para melhorar as condições de vida no país. Uma casa saudável significa mais saúde para os que nela habitam.

Para dar continuidade aos trabalhos, foi proposto à Prefeitura Municipal de Sapé um projeto para substituição das casas de taipa que ainda restam na citada favela. Com a cooperação da Prefeitura, a ser encarregada da doação da terra, de pedras de fundação e de areia, pode-se chegar a construir habitações de cerca 40 m<sup>2</sup> por menos de 800 dólares cada.

Também foi elaborado um projeto para o município de Taperoá (PB), para o programa de convivência com a seca. Normalmente, o Governo Federal pagava um pequeno salário para os flagelados da estiagem do sertão nordestino. Em troca deviam desenvolver algumas atividades que em geral não resultavam em nada de concreto. Propôs-se, então, que fosse usada essa mão-de-obra para fabricação de tijolos e construção de casas. Levado o projeto a Brasília, após muitos elogios, falou-se que o sistema de apoio aos emergenciados foi mudado e que não havia mais a possibilidade de apoio para desenvolver essas atividades produtivas.

Outro projeto também foi encaminhado pela Prefeitura do Município de Livramento (PB) para o Ministério da Integração Regional, estando o financiamento praticamente aprovado. Espera-se, pois, disseminar o método de trabalho e a tecnologia em benefício da sociedade brasileira.

## Referências bibliográficas

BARBOSA, N. P. **Construção com terra crua**: do material à estrutura. Monografia (Apresentada no concurso para Prof. Titular do Departamento de Tecnologia da Construção Civil), [Universidade Federal da Paraíba], João Pessoa, out. 1996.

\_\_\_\_\_. **Structural behaviour of compressed earth blocks masonry**. Sexta Reunião do Comité TC-EBM, abr. Torino, Itália, 1997.

BARBOSA, N. P.; MATTONE, R. Estudos sobre tijolos de terra crua desenvolvidos na Universidade Federal da Paraíba e Politecnico di Torino. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, MG, 2., 1996. **Anais...**, 1996.

BARBOSA, N. P.; SOUZA, S. M.; MATTONE, R. Um método construtivo de casas populares com tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CIMENTO, 4., São Paulo, 1996. **Anais...** São Paulo: ABCP.1996. v. 3, p. 263-276.

BARBOSA, N. P.; TOLEDO FILHO, R. D.; GHAVAMI, K. Construção com terra crua. In: TOLEDO FILHO, R. D.; NASCIMENTO, J. B. W. GHAVAMI, K. (Ed.). **Materiais de construção não convencionais**. [S. l.]: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. 1997. p. 113-144.

BARBOSA, N. P. et al. Uma experiência de transferência de tecnologia de construção de casas com tijolos prensados de terra crua em uma favela paraibana.

36 **Revista de Extensão**, João Pessoa, ano 1, n. 2, p. 31- 46, 1996. Pró-Reitoria de Assuntos Comunitários.

FREIRE, A. **Otimização de blocos comprimidos de terra crua**. 1994. Relatório (Iniciação Científica) - Departamento Tecnol. Construção Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, out. 1994.

FUNDAÇÃO CALOUTE GULBENKIAN. **Arquitecturas de terra**. Lisboa, Portugal, 1993.

GHAVAMI, K.; TOLEDO FILHO, R.; BARBOSA, N. P. Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres. **Cement and Concrete Composites**, v. 21, n. 1, 1999. Editora Elsevier Science.

HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. **Traité de construction en terre**. Marseille: Parenthèses, 1989.

MATTONE, R.; PASERO, G. La terra rinforzata con fibre vegetali: caratteristiche meccaniche, tecnologie costruttive, durabilità. [**Working Paper**] n. 63, Itália: DINSE, Politecnico di Torino, 1993.

MEHTA, K. **Concrete technology for sustainable development**. Key speakers paper, Sencon CANMET/ACI. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HIGH-PERFORMANCE CONCRETE, Gramado, RS, Brasil, 1999.

O LIVRO do quando enciclopédia do quando, onde, porquê. [S. l.]: Record, 1974. ESTÁ

OLIVIER, M. **Le materiau terre**: compactage, comportement, application aux structures en blocs de terre. 31 jan. 1994, 450 p. These (Doctorat en Genie Civil) - INSA de Lyon. Annexes, 270, p. 1994.

OLIVIER, M.; EL GHARBI, Z.; MESBAH, A. **Proposition d'une norme d'essai pour les blocs de terre comprimés**. Document provisoire de travail, Labor. Geomateriaux, ENTPE, 1995

\_\_\_\_\_. **Rapport de l'ENTPE pour le comité TC EBM**. Casablanca, Marrocos: LPEE, 1996.

\_\_\_\_\_. Choix de technique de construction en terre, la plus appropriée à un site donné. **Journées Scientifiques sur L'Habitat Economique en Zone Tropicale**, Bamako, Mali, 18-25 nov. 1999. 10 p.

\_\_\_\_\_. La brique crue stabilisée: une réponse à la demande des paysans guinéens. In: PREMIER SEMINAIRE INTERNATIONAL SUR L'INGENIERIE DES CONSTRUCTIONS EN TERRE, Marrakech, Maroc. 1989, **Anais...** 1990. 6 p.

\_\_\_\_\_. Le materiau terre - l'essai de compactage statique pour la fabrication de briques de terre crue compressées. **Bulletin de Liason des Laboratoires des Ponts et Chaussées**, n. 146, nov-déc. 1986, p. 37-43.

\_\_\_\_\_. Optimisation de la fabrication de briques de terre crue pour la construction. In: COLLOQUE TROPICALS'85, SOCIEDADE BRASILEIRA DE MECÂNICA DOS SOLOS. 1995. Brasília. **Anais...** Brasília. 1985, v. 2, p. 413-422.

\_\_\_\_\_. The earth as a material. Use of the Proctor Static Test to optimize the making of compacted earth bricks. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MODERN EARTH CONSTRUCTION, Pequim. **Anais...** Pequim, 1985. 8 p.

OLIVIER, M.; MESBAH, A.; ADAM W. Influence du malaxage et du type de presse sur la fabrication des briques de terre compressée. In: CIB-RILEM SYMPOSIUM ON MATERIAL FOR LOW INCOME HOUSING, 3. Mexico City. **Anais...** 1989. 6-10 nov. 1989. p. 10.

PAIVA, C. E. **Otimização de blocos de terra crua**. Relatório (Iniciação Científica) - Departamento Tecnol. Construção Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 1995.

PERALTA, C. **Implicazioni igieniche della costruzione di terra cruda in Argentina**. In: SEMINÁRIO TERRA INCIPIT VITA NOVA. Politecnico di torino, facoltà di architettura, Torino, Itália, 1997.

SALVADORI, M. **Perché gli edifici stano in piedi**. Milano: Fabbri, Etas SPA, 1990.

38

SOUZA, S. M. T. **Tijolos de terra crua reforçada com fibras vegetais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB, 1993.

SOUZA, S. M. T.; BARBOSA, N. P.; TOLEDO, R. D. Efeito das fibras de sisal no comportamento de tijolos de terra crua. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SUSTAINABLE CONSTRUCTION INTO THE NEXT MILLENNIUM, 2-5 nov. 2000. **Anais...** João Pessoa, 2000. p. 413.

SOUZA, S. M. T.; MAGALHÃES, M. S.; BARBOSA, N. P. Experimentação de painéis de tijolos prensados de terra crua. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, 2., maio 1996. **Anais...** 1996.

TOLEDO FILHO, R. D.; BARBOSA, N. P.; GHAVAMI, K. Applications of sisal and coconut fibres in adobe blocks. In: INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM ON VEGETABLE PLANTS AND THEIR FIBRES AS BUILDING MATERIALS, 2, Salvador, Brasil, 1990. **Anais...** 17-21 set. 1990. p. 139-149.

\_\_\_\_\_. Estudo das propriedades físicas e mecânicas das fibras de sisal e de coco e seu emprego em blocos de adobe. In: ENCONTRO NACIONAL DA CONSTRUÇÃO, 10, Gramado, RS, dez. 1990. **Anais...** 1990.

