

O USO DO SOLO-CIMENTO EM EDIFICAÇÕES. A EXPERIÊNCIA DO CEPED.

Célia Neves

CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. Universidade do Estado da Bahia
Rede Ibero-Americana PROTERRA
Al. Praia de São Vicente, 40 Vilas do Atlântico 42700-000 Lauro de Freitas, BA, BRASIL
Tel.: (55 71) 3379 3506 e-mail: cneves@superig.com.br

Palavras-chave: solo-cimento - construção com terra - sistema construtivo

Resumo

A construção com terra, largamente utilizada por nossos antepassados, é uma manifestação marcante do uso de recursos naturais abundantes na convivência do Homem com a Natureza. Atualmente, o uso da terra como material de construção pode ser distinguido de dois modos: a sobrevivência dos sistemas construtivos primitivos, preservados pela carência em que vivem algumas populações; ou pelo uso de técnicas inovadoras, incentivadas pelas investigações em universidades e outras instituições, caracterizadas pela simplicidade, eficácia e baixo custo.

O solo-cimento é uma das possibilidades do uso da terra para a produção de edificações. A mistura da terra e cimento, devidamente dosada e compactada, adquire resistência e apresenta durabilidade compatíveis com os critérios necessários para a construção de edificações. O solo-cimento, em geral, é empregado na construção de paredes, em forma de painéis monolíticos, moldados no local, ou como tijolos ou blocos que compõem a alvenaria.

Este trabalho relata a experiência do CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Brasil) que, a partir de 1976, instalou um programa de investigação com o objetivo de utilizar o solo-cimento na construção de paredes, fundações e pisos. O programa abrangeu o estudo do material, inclusive dosagens e identificação de parâmetros que assegurassem sua qualidade para atender às solicitações de uso. Fundamentado na tradicional técnica de taipa-de-pilão, desenvolveu o sistema de execução de paredes em painéis monolíticos com o uso de guias verticais e moldes de madeira. Em laboratório, realizou ensaios para avaliar o desempenho e dimensionar as paredes em função de sua esbeltez. Através de instrumentos diversificados, tais como a publicação de livros, manuais e cartilhas, realização de cursos e projetos de construção e assistência técnica, procurou transferir a tecnologia desenvolvida. Após sua aplicação, realizou a avaliação pós-ocupação, como forma de verificar a satisfação do usuário e promover o avanço da tecnologia. Conclui, demonstrando a viabilidade de uso do solo-cimento para a produção de edificações.

Introdução

O uso da terra como material de construção remonta a épocas em que o homem sentiu a necessidade de construir seu abrigo, ao invés de usar apenas os recursos oferecidos pela Natureza. No Antigo Testamento, muitos séculos antes de Cristo, encontram-se referências sobre a fabricação de adobes, com os quais os egípcios levantaram provavelmente muito dos seus edifícios e monumentos (Êxodo 5, 18).

As técnicas de construção com terra têm mostrado sua versatilidade através dos séculos. Em todos os recantos do mundo, a construção com terra sempre esteve presente, passando pelas devidas adaptações técnicas e culturais para atender às necessidades do homem e de seu ambiente construído. Os antigos souberam como explorar as boas propriedades da terra e utilizá-la em belíssimas construções. O conhecimento e habilidade necessários para construir com terra foram transmitidos gradativamente para outras regiões.

Atualmente o uso da terra na construção pode ser distinguido em dois níveis: por um lado, a sobrevivência dos sistemas construtivos mais primitivos gerados pela carência em que vivem algumas populações; por outro lado, pelas investigações e incentivos de instituições de

pesquisas para o uso de técnicas inovadoras coerentes, caracterizadas pela simplicidade, eficácia e baixo custo.

As contribuições para o avanço de tecnologia de construção com terra são inúmeras, vêm de todas as regiões do mundo, de profissionais de diversas áreas, estimulados, criativos e extremamente dedicados. Nos países ibero-americanos, principalmente no continente americano, existe um intenso e árduo trabalho desses especialistas na busca de aperfeiçoar e incentivar o uso da terra como material de construção (Neves, 1995).

Como nem toda terra é adequada para seu uso como material de construção, o Homem aprendeu a melhorar suas características, através da estabilização, e a empregar técnicas construtivas em função do tipo de terra disponível na região.

A melhoria das características da terra pode ser efetivada por modificação da sua granulometria, com a mistura de outro tipo de terra, ou com a adição de materiais ditos estabilizadores, tais com a palha, o asfalto, a cal e o cimento, entre outros, sendo que cada estabilizador tem uma função específica. A estabilização da terra não é um procedimento recente: a adição de asfalto natural ou palha na produção de adobes, para diminuir a permeabilidade ou reduzir a retração, são práticas milenar e atualmente pode ser classificadas como estabilização granulométrica, por cimentação, por armação, por impermeabilização e por tratamento químico (Neves et al, 2005).

No Brasil, onde as construções com terra constituem a grande maioria da nossa arquitetura colonial, o processo construtivo foi legado pelos portugueses e africanos, uma vez que não se tem notícia de que o índio tivesse empregado a terra como material de construção.

A partir da década de 70, os estudos sobre o uso da terra para produção de edificações de interesse social foram dirigidos especialmente o solo estabilizado por cimentação. Com o apoio dos institutos de pesquisas, já se dispõe, no Brasil, de um volume significativo de conhecimento sobre solo-cimento, solo-cal e solo-borra de carbureto (resíduo industrial resultante da produção do acetileno) e de treze normas técnicas publicadas relativas ao solo-cimento. As técnicas empregadas constituem-se basicamente de tijolos e blocos comprimidos, em equipamentos manuais ou automáticos, denominados BTC, e de painéis, moldados no local. Atualmente, constata-se um forte movimento para a utilização de entulho reciclado na fabricação de tijolos e blocos de solo estabilizado com cimento (Neves et al, 2001).

Fundamentos históricos do solo-cimento no Brasil

Quando na década de 30 a Portland Cement Association PCA iniciou um intenso programa de pesquisa visando a utilização do solo estabilizado com cimento para construção de rodovias, alguns pesquisadores envolvidos no assunto, principalmente Catton (1959) e Merrill (1941), anteciparam a possibilidade de utilização do novo material para construção de casas.

Dado a excelência do material logo o mundo inteiro se interessou por seu uso, principalmente em rodovias, cabendo citar que, já em 1941, o Brasil, através de sua organização similar, a Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, já dispunha de um método de dosagem.

Embora tenha havido algumas tentativas para utilização do solo-cimento em paredes, as informações são bastante escassas e referem-se à construção de algumas casas cuja decisão se deve mais ao espírito arrojado de algum interessado do que à expressão de uma utilização generalizada de uma nova técnica. Merrill (1941) relatou em seu livro algumas iniciativas nesse sentido, principalmente tentativas de desenvolver tijolos e blocos.

O marco fundamental de referência sobre a utilização do solo-cimento para construção habitacional foi a publicação do Centro Regional de Ayuda Técnica do México (Cyntryn, 1959) que relata uma experiência realizada em Israel e reúne toda bibliografia disponível sobre o assunto. Também o Centro Interamericano de Viviendas y Planeamiento deu um forte impulso à tecnologia ao desenvolver um modelo bastante simples de uma prensa manual para fabricação de tijolos, hoje conhecida pela denominação CINVA-RAM e publicar o clássico "Suelo-Cemento: su aplicación en la construcción" (1959).

No Brasil, no final da década de 40, algumas experiências com paredes de painéis monolíticos foram realizadas com êxito, através da Associação Brasileira de Cimento Portland, resultando na publicação de uma proposta para o uso desse material (ABCP, 1948).

A partir de meados da década de 70 quando começaram a surgir preocupações quanto à crescente demanda habitacional, os centros de pesquisas tiveram incentivos para investigar o emprego do solo-cimento na construção de habitações e outras alternativas tecnológicas. Dois centros de pesquisas se destacaram nessa área: o CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento que se dedicou, entre outras investigações, ao emprego do solo-cimento para produção de fundações e paredes com painéis monolíticos; e o IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo que estudou a fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento.

Através do Programa de Tecnologias da Habitação – THABA, o CEPED estudou parâmetros que assegurassem a qualidade do material com as características exigidas pelo uso e desenvolveu sistemas construtivos simplificados. Procurou transferir a tecnologia através de exposições, cursos, treinamentos, assistência técnica e publicações.

A Divisão de Engenharia Civil do IPT investigou quanto à fabricação de tijolos em prensas manuais e automáticas e blocos vazados em prensas automáticas com vistas ao estudo da viabilidade técnica e econômica desses produtos.

Nesse trabalho, procura-se relatar sumariamente as atividades realizadas pelo THABA/CEPED no desenvolvimento e transferência da tecnologia do solo-cimento para construção de edificações e questionar a intensidade de sua implantação no mercado da construção habitacional.

Estudos sobre solo-cimento realizados no CEPED

Os estudos até então realizados com relação à estabilização da terra com cimento tratavam, na grande maioria, para sua aplicação em rodovias. Havia a necessidade de identificar os parâmetros para utilização desse material para construção de edificações, estabelecer métodos de dosagem e desenvolver sistemas construtivos. Em vista disso, instalou-se um programa de investigação com o objetivo de empregar o solo-cimento na construção de paredes, fundações e pisos. As paredes, no entanto, é que exigiram estudos mais intensos devido a sua esbeltez e exposição às intempéries.

A dificuldade básica, uma vez que já existiam ensaios recomendados e/ou normalizados para uma reprodução aproximada das solicitações normais da edificação, estava em estabelecer valores que deveriam alcançar os resultados dos ensaios de laboratório. Como tais dados não existiam, admitiu-se que a fixação de qualquer critério deveria se apoiar em uma das seguintes opções: orientar-se a partir de outros usos do mesmo material; comparar com materiais tradicionais; ou, fundamentar-se nas características estruturais.

As investigações realizadas no CEPED constaram de etapas distintas. Inicialmente, dedicou-se ao estudo do material em laboratório e ao desenvolvimento de sistemas construtivos. Com os resultados obtidos, procurou-se efetivar a transferência tecnológica e, após a execução de um número considerável de edificações, efetuou-se a avaliação pós-ocupação, quando se comprovou, na prática, a qualidade da construção com solo-cimento.

Estas ações conduziram ao fechamento de um ciclo na investigação, compreendido por desenvolvimento-transferência-avaliação, cujos resultados possibilitam o avanço da tecnologia.

Estudo do Material

No laboratório, procurou-se definir parâmetros que assegurassem a qualidade do material com as características de resistência, durabilidade, impermeabilidade e condutividade térmica exigidas para sua utilização em edificações (CEPED, 1984).

Inicialmente ensaiaram-se mais de 60 solos da Região Metropolitana de Salvador, determinando suas características físicas e medindo a resistência e durabilidade em misturas variando de 2% a 14% de cimento em massa, com mais de 6500 ensaios, a fim de se identificar critérios para dosagens mais próximas para as condições de uso em paredes.

Para a determinação das características do material relativas a resistência e a durabilidade, partiu-se de procedimentos recomendados pela ABCP para aplicação do solo-cimento em rodovias, introduzindo-se modificações de modo a melhor reproduzir as condições previstas de uso.

A resistência foi identificada pelo valor médio dos resultados de dois corpos-de-prova cilíndricos (ϕ 5 cm x 10 cm) ensaiados à compressão simples aos 28 dias de idade; a durabilidade foi avaliada pela perda de massa percentual após 12 ciclos de molhagem e secagem.

Os resultados mostraram correlação entre o teor de areia contido no solo e a resistência à compressão do solo-cimento em função da quantidade de cimento adicionada (Figura 1).

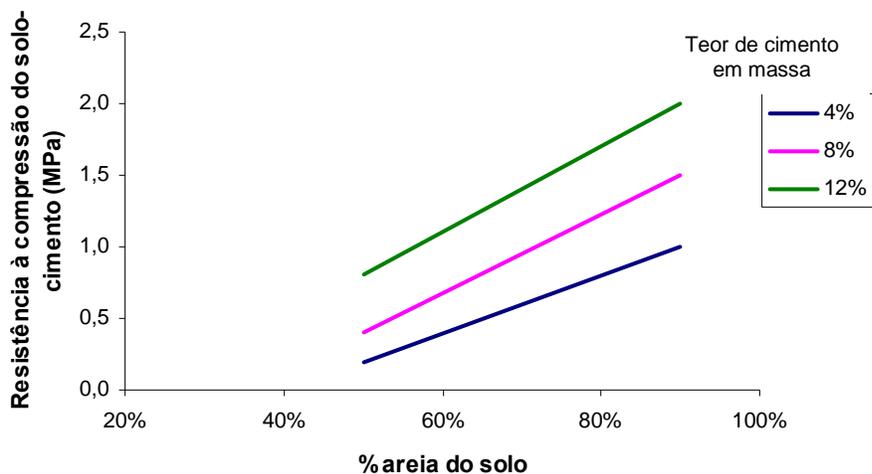


Figura 1 – Influência da quantidade de cimento na resistência à compressão do solo-cimento e no teor de areia dos solos (valores da resistência aproximados, apresentados apenas como exemplo).

Como critérios adotaram-se: resistência à compressão mínima de 1,0 MPa (10 kgf/cm²), determinada em função das características estruturais da parede, e perda de massa máxima de 10%, com base nas recomendações da ABCP. Após a análise estatística dos resultados dos

ensaios constatou-se que o teor de cimento para atender ao critério de resistência é sempre superior ao teor de cimento para atender ao da durabilidade, ou seja, o critério de resistência impõe teores de cimento mais elevados de modo que o critério de durabilidade é sempre satisfeito.

Os resultados obtidos permitiram propor um método adequado para dosagem mas ainda era necessário conhecer o comportamento do solo-cimento na forma de sua utilização, ou seja, o desempenho da parede ao longo de sua vida útil.

Desempenho da parede

Foram programados ensaios em painéis de solo-cimento, como também de alvenaria de tijolos cerâmicos, vazados e maciços, a fim de se obter dados comparativos entre as paredes convencionais e as de solo-cimento. Foram moldados painéis de solo-cimento de espessuras e dosagens de cimento variadas.

Os estudos sobre resistência de painéis constaram de ensaios de compressão (ASTM E72-77) e ensaios de choques duro e brando e de carga excêntrica (INTI, 1976). Procurou-se, com estes ensaios, reproduzir as principais solicitações existentes em paredes.

Ensaio de resistência à compressão em corpos-de-prova cilíndricos e em painéis permitiram, com a aplicação das teorias de flambagem da Resistência dos Materiais, obter uma função entre a relação tensão crítica/resistência do solo-cimento e a esbeltez da parede. Pela semelhança do comportamento da parede de solo-cimento com a de alvenaria convencional, adotou-se a esbeltez em torno de 80. Em função da esbeltez adotada, para um carregamento vertical com até 1/6 de excentricidade, a espessura mínima da parede pode ser determinada através da seguinte equação (em regiões não sujeitas a abalos sísmicos):

$$d = 4,3 H$$

sendo:

d = espessura da parede (cm)

H = altura da parede, pé direito (m)

Os resultados dos ensaios de resistência em painéis, inclusive os dos ensaios de choques e carga excêntrica, comprovaram que as paredes de solo-cimento têm tanta resistência mecânica quanto às paredes de alvenaria convencional, podendo ser até mais elevada, desde que se aumente a teor de cimento.

Outros ensaios foram realizados de modo a determinar o comportamento da parede de solo-cimento quanto a permeabilidade, conforto térmico e fissuração.

Sabia-se da conveniência de dar uma proteção à parede de solo-cimento contra o desgaste, transmissão de calor e umidade. Um revestimento impermeabilizante seria a opção mais simples e eficiente e, como a parede de solo-cimento não necessitam reboco, optou-se pela aplicação direta de tinta. A investigação realizada abordou os aspectos de durabilidade da pintura, absorção e permeabilidade, avaliando o grau de impermeabilização dado pelas tintas ao solo-cimento e comparando sua eficiência com alvenaria convencional, também pintada, tomada como referência (Guimarães, 1978).

O ensaio de permeabilidade foi executado em painéis pelo método proposto pelo RILEM (Mariotti e Mamillan, 1963). Avaliou-se o grau de impermeabilização dado pelas tintas ao solo-cimento, comparando sua eficiência com a alvenaria, tomada como referência. A tinta à base de pó mineral, solúvel em água, apresentou boa aderência e capacidade de impermeabilização do solo-cimento.

Foram moldados painéis desde 2 a 12 metros de comprimento com a finalidade de observar o aparecimento de fissuras devido à retração dos solos utilizados. Concluiu-se que o

comprimento destes devem estar em torno de 2,50 metros, sendo recomendado a execução de juntas de retração, caso seja necessário ultrapassar este comprimento.

Nesta etapa, realizou-se um ensaio expedito, denominado ensaio da caixa, para medir o fenômeno da retração em vários tipos de solos e determinar a máxima retração visando auxiliar no processo de seleção de solos apropriados para construção com solo-cimento.

Quanto à condutibilidade térmica, medidas de temperaturas efetuadas em painéis, o solo-cimento apresentou o mesmo comportamento que o bloco cerâmico com reboco. Neste mesmo ensaio observou-se a influência de uma pintura de cor clara na redução da absorção térmica (Neves, 1978).

Desenvolvimento de Sistemas Construtivos

A técnica de construção de parede de painéis monolíticos de solo-cimento é fundamentada na técnica da taipa de pilão, denominada *tapia apisonado* ou *tapiãl* na maioria dos países de língua espanhola. As modificações mais significativas em relação a taipa de pilão correspondem ao uso de moldes mais leves, de menores dimensões, a incorporação do cimento à terra e, conseqüentemente, menores espessuras das paredes e a utilização de guias verticais, recuperáveis ou não, nas quais prende-se a forma da parede num processo semelhante ao de formas deslizantes para concretos.

No CEPED, estudaram-se diversos sistemas de guias verticais e moldes na etapa de desenvolvimento de sistemas construtivos para execução dos painéis monolíticos; foram analisadas as características de peso, dimensões, facilidade de manuseio, custo e materiais.

Testaram-se guias de madeira, concreto, pilaretes de tijolos e mesmo alternativas mais criativas como tubos de fibrocimento preenchidos com concreto. As soluções de guias mais convenientes foram: a utilização de peças de madeira, no sistema onde as guias são retiradas após execução do painel (guia recuperável); ou estacas de concreto, no sistema onde as guias não são retiradas (guias perdidas). Independente do sistema adotado, as guias devem atender às exigências fundamentais de verticalidade, dimensões compatíveis com a espessura e altura da parede, junção articulada com o solo-cimento e durabilidade (Figura 2).

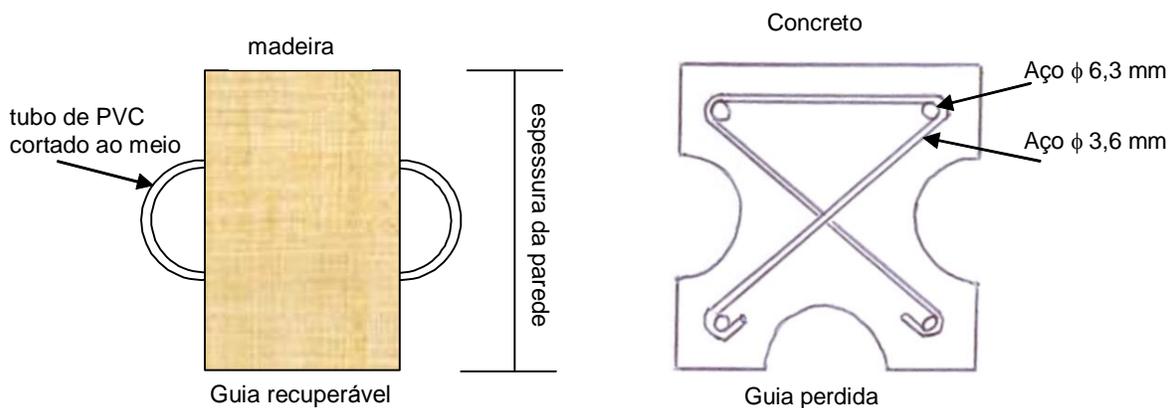


Figura 2 – Detalhes das seções das guias de madeira e de concreto

Foram testados moldes metálicos, de fibra de vidro, de madeira revestida com fórmica e de madeira laminada. Esta última é que se revelou mais adequada, leve e fácil de fabricar. As demais, ou eram pesadas, esquentavam sobre a luz solar, exigiam materiais caros, ou arrancavam tampos no solo-cimento por ocasião da desmoldagem.

Basicamente os moldes são constituídos de duas bandas fabricadas com laminado de madeira e um costelamento de madeira maciça. O comprimento do molde é definido considerando o comportamento do solo-cimento quanto à sua retração e otimização no aproveitamento da placa industrializada da madeira laminada; a altura é definida considerando o aproveitamento total da placa laminada e principalmente o peso final do molde.

Entretanto, face às diversas condições da construção e disponibilidade de materiais na região para sua fabricação, o molde para execução de painéis monolíticos não pode ser definido por um modelo único ideal, porém deve garantir a qualidade da construção suportando as solicitações de energia de compactação, além dos espaçamentos limite de guias, alinhamento e prumo dos painéis, necessários à estabilidade e resistência da parede.

Recomendações

Com base nos resultados obtidos no CEPED, na bibliografia existente e em acordo com profissionais de outras instituições, também envolvidas com o estudo do solo-cimento, foram elaboradas as seguintes recomendações e critérios para seleção de solos, dosagem e construção paredes com painéis monolíticos de solo-cimento (ABCP, 1998):

- 1 – de maneira geral, os solos mais adequados são os que possuem as seguintes características:
 - % passando na peneira com abertura de malha 5 mm 100%
 - % areia 50% a 90%
 - limite de liquidez $\leq 45\%$
 - índice de plasticidade $\leq 18\%$
 - retração (ensaio da caixa) ≤ 2 cm
- 2 - normalmente, os solos mais arenosos estabilizam-se com menores quantidades de cimento. Todavia, a presença da argila na composição do solo é necessária para dar à mistura de solo e cimento, quando umedecida e compactada, coesão suficiente para a imediata retirada do molde, além da resistência inicial.
- 3 - embora existam solos que não atendem às recomendações, há possibilidade de se misturar dois ou mais tipos de solos para obter um solo viável para se estabilizar com cimento.
- 4 – para a construção de painéis monolíticos de solo-cimento, pode-se usar a proporção de 1:15 em volume (cimento: solo solto), desde que o solo tenha sido devidamente selecionado.
- 5 – se o consumo de solo-cimento for superior a 1000 m^3 (aproximadamente para construir 50 casas de 32 m^2 de área construída), recomenda-se um estudo de dosagem em laboratório que deverá acarretar uma economia considerável na construção.
- 6 – para determinação da dosagem, o teor de cimento recomendado corresponde ao que confere resistência à compressão simples de, no mínimo, 1,0 MPa, determinado em corpo-de-prova cilíndrico (ϕ 5 cm x 10 cm), moldado em cilindro Proctor por compactação com energia normal, e talhado para reduzir seu diâmetro.

Execução da parede

A parede é construída por painéis, moldados no local, com auxílio de guias verticais, moldes e outros acessórios. Para o pé direito até 2,80 m, a espessura da parede é de 12 cm.

As guias verticais podem ser: perdidas, pois ficam embutidas na parede e são geralmente de concreto armado; ou recuperadas, pois são retiradas após a conclusão do painel e são geralmente de madeira. No sistema de guias recuperadas, o painel executado serve como guia para o painel seguinte.

Os moldes, geralmente de madeira – laminado fenólico com 18 mm de espessura, são fixados às guias por meio de parafusos de aço, com diâmetro de 2,5 cm (1/2').

Para construir os painéis, fixam-se duas guias verticais apuradas, onde deslizam os moldes, presos entre si por parafusos. No espaço limitado pelos moldes e guias compacta-se a mistura de terra e cimento, em camadas com altura igual ou inferior a 20 cm até o completo enchimento do molde (Figura 3).



Figura 3 – Compactação do solo-cimento nos moldes

A desmoldagem é feita logo após a compactação, podendo o molde, em seguida, ser fixado para compactação do bloco imediatamente superior ao recém-moldado e assim sucessivamente, até atingir a altura total da parede.

No caso de paredes perpendiculares entre si, fazem-se três rasgos verticais no painel executado, os quais servirão de guias; os dois rasgos externos guiam a molde e o do meio garante o encaixe responsável pela articulação do painel.

A cura do solo-cimento é feita molhando a parede 3 vezes ao dia, durante 7 dias após executada.

Para elevação da parede necessita-se apenas de um pedreiro e ou carpinteiro para colocação das guias, sendo que a compactação, montagem e desmontagem dos moldes não necessitam de mão-de-obra especializada (Figura 4).



Figura 4 – Vista geral da obra

A fundação também pode ser executada com solo-cimento em sapata corrida. Abre uma cava ao longo de toda parede e compacta a mistura na cava, em camadas com altura igual ou inferior a 20 cm.

A mistura dos materiais pode ser manual ou mecânica. Adiciona-se o cimento à terra, destorroada e peneirada, até obter coloração uniforme. Se necessário, coloca-se água aos poucos, até obter uma mistura com a umidade adequada.

A verificação da umidade da mistura é feita com razoável precisão pelo teste do bolo, que consiste em tomar um punhado da mistura e apertá-la entre os dedos e a palma da mão: ao abrir a mão, o bolo deverá ter a marca deixada pelos dedos; deixando-se cair o bolo de uma altura aproximada de 1m sobre uma superfície dura, ele deverá esfarelar-se ao chocar-se com a superfície.

A quantidade de cimento varia em função das características da terra. Desde que a terra tenha sido previamente selecionada, pode-se usar a proporção de 1 volume de cimento para 15 volumes de terra. A tabela abaixo indica o consumo de material para diversas proporções.

Tabela 1 – Consumo de material para solo-cimento

Consumo de material por m ³ de solo-cimento compactado	Proporção de material em volume			
	1:10	1:12	1:15	1:18
• cimento	230 kg	190 kg	150 kg	125 kg
• terra	1,6 m ³	1,6 m ³	1,6 m³	1,6 m ³
% de cimento em massa	11%	9,5%	7,5%	6,5%
% de cimento em volume	9%	7,5%	6%	5%

massa unitária do cimento: 1420 kg/m³

empolamento de terra: 1,6

massa específica máxima da terra: 1800 kg/m³

Transferência de tecnologia

Desde o início do estudo sobre solo-cimento, o CEPED desenvolveu atividades que visavam sua transferência. Construiu, tanto em regime de mutirão como de administração direta, elaborou documentos que permitiram divulgar e implantar a tecnologia e incentivou a comunidade de modo geral a utilizar alternativas tecnológicas de construção apropriadas para resolução de seus problemas.

Através de publicações de manuais, cartilhas e recomendações técnicas, de cursos de capacitação técnica, treinamento operacional e projetos de assessoria e/ou assistência técnica, o CEPED procurou atingir aos setores públicos, privados e outros usuários cujo interesse é notadamente o de utilizar um sistema construtivo, e aos pesquisadores do ambiente construído, visando difundir o conhecimento no meio técnico e possibilitar o aperfeiçoamento dos estudos realizados.

Em 1987 fez-se um levantamento das edificações com paredes de solo-cimento: dos 70.400 m² de área construída levantada mais de 75% resultaram do esforço de transferência do CEPED (Cadastro, 1987).

Com base nas atividades de transferência da tecnologia de solo-cimento e outras alternativas tecnológicas realizadas pelo THABA, ressalta-se alguns aspectos importantes que possibilitam o êxito da transferência (Neves, 1987):

- além da bagagem técnica necessária ao pesquisador/transferidor é preciso ele ter também sensibilidade para absorver as informações dos hábitos culturais do cliente;

- deve-se explorar a criatividade considerando como ponto de partida os recursos naturais e mão-de-obra local, procurando sempre obter um resultado agradável ao cliente e não ao gerador/transferidor;
- e, principalmente no processo de difusão, a utilização de uma linguagem adequada ao perfil do cliente facilita o entendimento da técnica e disposição para seu uso.

Avaliação pós-ocupação

Durante o desenvolvimento do estudo de solo-cimento, o desempenho das paredes foi avaliado através de ensaios e medidas em protótipos que simulavam a utilização do componente quando submetido às variadas solicitações.

Após um expressivo número de edificações construídas em todo país, foi possível avaliar o desempenho do solo-cimento através da verificação do estado físico das paredes submetidas às condições reais de uso.

As edificações, executadas com diferentes fontes e formas de informações, forneceram dados relevantes no processo de transferência e implantação da tecnologia, proporcionando circunstância ideal para concluir um ciclo de estudo compreendido por desenvolvimento-implantação-avaliação.

Entre as 14 exigências básicas do usuário, proposta pela ISO visando a avaliação de desempenho de edificações, considerou-se três delas essenciais para medir o estado físico da parede: segurança estrutural, durabilidade e estanqueidade.

O levantamento dos dados foi efetuado em visitas às edificações e informados através de um questionário composto em três partes: identificação da edificação e das condições ambientais, características físicas e desempenho dos elementos da edificação com exceção da parede, e, características da parede (Neves, 1990).

Foram examinadas 102 unidades amostrais (edificações) representando 62.290 m² de área construída. Os níveis de qualidade observados permitiram concluir que o solo-cimento oferece propriedades apropriadas para seu emprego em edificações.

A avaliação pós-ocupação proporcionou também a oportunidade de observar e analisar aspectos relevantes ao processo de desenvolvimento e transferência da tecnologia. Foi possível confirmar, por exemplo, impressões anteriores quanto ao tipo de molde adequado à execução da parede, a importância da organização social nos programas de mutirão, a identificação de pólos de transferência de tecnologia e a disposição do setor privado em adotar o solo-cimento ou outra alternativa tecnológica desta natureza como forma de barateamento da construção.

Comentários

O solo-cimento era um material conhecido e empregado em outras atividades da construção civil e contava com algumas experiências na produção de habitação, dentro e fora do país. O estudo realizado pelo CEPED demonstra que o solo-cimento também é adequado para edificações, apresentando até vantagens sobre os materiais convencionais.

A questão que se pretende levantar é: por que uma tecnologia comprovadamente apropriada para empreendimentos de pequeno e médio porte não consegue atingir o mercado formal da construção, mesmo com uma demanda assustadoramente crescente?

Mesmo que se considere a inércia natural dos usuários de tecnologia da construção habitacional, há mais de trinta anos que o solo-cimento vem sendo apresentado apenas como uma proposta alternativa para determinada finalidade, sem se aproveitar toda sua potencialidade. Outras tecnologias desta natureza - solo-borra de carbureto, solo-cal, tijolos

com cinzas da casca de arroz, etc - têm sofrido o mesmo tratamento e continuam sendo propriedade de um pequeno grupo de técnicos que cada vez mais se empenham na sua implantação no mercado da construção habitacional.

A falta de atenção do setor produtivo para o uso destas tecnologias, o pequeno apoio das agências de fomento de pesquisa e outras dificuldades enfrentadas pelos técnicos que se dedicam ao assunto têm desmotivado cada vez mais a criação e continuidade dos trabalhos e desmobilizado equipes capacitadas para desenvolver inovações tecnológicas nessa área. É necessário uma reflexão a respeito da situação no desenvolvimento de alternativas tecnológicas de construção que, se implantadas de maneira apropriada, muito poderiam contribuir para melhoria da qualidade de vida da população no que se refere à produção da habitação.

Bibliografia

- *ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. CASAS de paredes de solo-cimento. Boletim Informativo da *ABCP, 54. Brasil, 1948.
- *ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. Construção de paredes monolíticas com solo-cimento compactado. Boletim Técnico 110. ABCP, Brasil, 1998
- *CADASTRO de construções em solo-cimento. Caixa Econômica Federal. Brasil, 1987
- *CATTON, M., D. Early soil-cement research and development. Proceeding, ASCE. EEUU, 1959
- *CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. Manual de construção com solo-cimento. Convênio
- *CEPED/BNH/URBIS/CONDER/PMC/OEA/CEBRACE. 3 ed. atual. ABCP. Brasil, 1984
- *CYNTRYN, S. Construcción con tierra. Centro Regional de Ayuda Técnica; Administración de Cooperación internacional. México, 1959
- *GUIMARÃES Suely da S. O efeito impermeabilizante de uma pintura de paredes de solo-cimento. Boletim Técnico do CEPED, 5 (1/3). Brasil, 1978. p. 21-37
- *INTI – Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Departamento de Construcciones. División de Estructuras. Recomendaciones sobre las especificaciones que deben cumplir los elementos de cerramiento exterior y divisorios no portantes. Argentina, 1976
- *MARIOTTI, M., MAMILLAN, M. Essais in situ de perméabilité de maçonnerie. Buletin Rilem, 180. França, 1963. p. 79-80
- *MERRIL, A. F. Casas de tierra apisonada y suelo-cemento. Windsor. Argentina, 1949
- *NEVES, Célia et al. Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – práticas de campo. Proterra. Brasil, 2005
- *NEVES, Célia et al. Uso do agregado reciclado em tijolos de solo estabilizado com cimento. In: Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção. EDUFBA; Caixa Econômica Federal. Brasil, 2001. p.228-261
- *NEVES, Célia. Avaliação de edificações com paredes de painéis monolíticos, tijolos e blocos de solo-cimento. In.: Encontro Nacional da Construção, 10. *Anais ...* Brasil, 1990. p. 349-358
- *NEVES, Célia. Inovações tecnológicas em construção com terra na ibero-américa. In: Workshop Arquitetura de Terra. *Anais...* FAUUSP. Brasil, 1995. p. 49-60
- *NEVES, Célia. Metodologias aplicadas para transferência das tecnologias de construções habitacionais desenvolvidas pelo CEPED. In: Simpósio sobre produção e transferência de tecnologia em habitação: da pesquisa à prática, *Anais*. v.2. IPT. Brasil, 1987. p.573-580
- *NEVES, Célia. Transmissão de calor no solo-cimento. Boletim Técnico do CEPED, 5 (1/3): Brasil, 1978. p. 39-58
- *SUELO-CEMENTO: su aplicación en la edificación. Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento. Colômbia, 1959.