

Célia Neves

**Materiais
de Construção
e
Sistemas
Construtivos
com Terra**

Materiais de Construção e Sistemas Construtivos com Terra

Célia Neves

Salvador, Bahia
2023

Ficha catalográfica e outros

Apoios:



Rede Brasileira de Arquitetura e Construção com Terra

<https://redeterrabrasil.net.br/>

mapadatterra

<https://mapadatterra.org/>

Sumário

Apresentação	4
1. Abóbada e cúpula	6
2. Adobe	9
3. BTC	13
4. Cob	17
5. <i>Cordwood</i>	21
6. Fardo de palha	25
7. Pau a pique	29
8. Tinta de terra	33
9. Revestimento de terra (emboço e reboco)	37
10. Taipa de pilão	41
11. Telhado jardim	46
12. Terra ensacada	50
13. Torrão	55

Resultado da parceria entre a *Rede TerraBrasil* (RTB) e *mapadaterra*, ***Materiais de Construção e Sistemas Construtivos com Terra*** tem como objetivo contribuir com a descrição de materiais e sistemas construtivos que se baseiam na terra como principal matéria-prima, fundamentada preferencialmente em referências bibliográficas, complementada por vídeos e imagens. Apresenta, em ordem alfabética, 13 materiais e sistemas construtivos vernáculos e inovadores.

A proposta surgiu com a necessidade detectada pelos coordenadores do projeto *mapadaterra.org*, *Letícia Grappi* e *Kin Guerra*, para alimentar o *site* com informações técnicas sobre sistemas construtivos com terra. A Rede TerraBrasil, formada por diferentes profissionais que dominam diversas técnicas construtivas, propôs a produção de textos sobre materiais de construção e os sistemas construtivos com terra usuais no Brasil.

O roteiro adotado para apresentar cada sistema construtivo (ou material de construção) é composto de: sinônimos, definição, descrição, contexto histórico, referências bibliográficas, imagens e links de vídeos. Os textos foram elaborados por *Célia Neves*, com a revisão geral de *Obede B. Faria*, revisão específica de cada item por construtores experientes e com colaboração de *Sumara Lisbôa*, *Letícia Grappi* e *Kin Guerra*. As figuras incluídas e *links* de vídeos foram selecionados e indicados por *Letícia Grappi* e *Sumara Lisbôa*.

Depois de disponibilizar ao projeto *mapadaterra.org*, o documento *Materiais de Construção e Sistemas Construtivos com Terra* foi divulgado na lista de comunicação da RTB, em 30 de outubro de 2023.

Considerando que o documento elaborado representa uma síntese do estado da arte atual sobre materiais de construção e sistemas construtivos com terra no Brasil, decidiu-se por sua inclusão no acervo de Publicações do site da RTB, ajustando seu formato com uma versão adequada à modalidade de divulgação.

Materiais de Construção e Sistemas Construtivos com Terra mantém os textos originais sobre sistemas construtivos, adicionando outras imagens e indicações de outros vídeos selecionadas por *Sumara Lisbôa*.

Independente do sistema construtivo adotado, o documento destaca as especificidades relativas ao uso da terra. Entre estas, priorizam-se:

- adotar, entre os diversos sistemas construtivos, um dos mais apropriados às características da terra local;
- elaborar o projeto arquitetônico adequado, considerando evitar a exposição das paredes externas ao acesso das águas de chuva;
- executar, entre a fundação e a base da parede, uma camada de material com altura e propriedades suficientes para evitar a ascensão capilar da água;
- priorizar a execução prévia da cobertura da edificação para evitar a incidência das águas de chuvas durante sua execução;
- executar o revestimento das paredes com misturas de terra, terra e cal ou areia e cal;
- aplicar pintura ou outro sistema de acabamento final adequado ao comportamento higroscópico da parede de terra;
- restringir o uso de revestimentos com cimento devido ao comportamento higroscópico da terra;
- usar sempre equipamentos de proteção individual (EPI).

Materiais de construção e Sistemas Construtivos com Terra é uma produção coletiva que envolve a participação de profissionais que colaboram com o seu conhecimento teórico e prático. Neste documento destaca-se a valiosa contribuição dos seguintes pesquisadores, projetistas e construtores que revisaram os textos apresentados.

<i>Ana Carolina Veraldo</i>	Taipa de pilão
<i>Caio Martins</i>	Revestimento de terra (emboço e reboco)
<i>Cecília Prompt</i>	Terra ensacada
<i>Gustavo Prione</i>	BTC
<i>Marcela da Terra</i>	Tinta de terra
<i>Michel Habib</i>	Abóbada e cúpula / Cob / Cordwood
<i>Obede Borges Faria</i>	Adobe / Torrão
<i>Ricardo Piva</i>	Pau a pique
<i>Sumara Lisbôa</i>	Telhado jardim
<i>Vika Martins</i>	Fardo de palha

Célia Neves
Dezembro de 2023

1. Abóbada e cúpula

Sinônimos
abobadilha, domo

Definição

Cobertura em formato curvo, executada com blocos de diversos materiais unidos com argamassa e submetidos a esforços de compressão. O conjunto desses elementos forma uma superfície curva e estrutural utilizada na construção civil como laje de piso ou de cobertura.

A abóbada pode ser construída com seu arco apoiado em uma base linear e paralela (abóbada de berço, canhão), independente se a forma do arco é uma catenária, arco rebaixado ou qualquer arco com mais de um centro. A abóbada pode ser aberta ou fechada, apoiada em um polígono, regular ou não, resultando a interseção de dois arcos contínuos (abóbada de aresta) ou também pela rotação de um arco em torno de um eixo fixo (abóbada hemisférica, cúpula, domo).



Figura 1 – Execução de abóboda na Casa de Conversa, Maranhão (Acervo Tibá Arquitetos)

Descrição do sistema construtivo

A execução da abóbada inicia com o assentamento dos blocos sobre a viga de apoio considerando o equilíbrio dos esforços estruturais resultantes na base. Na abóbada de berço, segue-se a fiada estabelecida na superfície vertical; na abóbada tipo hemisférica, segue a fiada horizontal plana, reduzindo o diâmetro a cada fiada e, nas abóbadas de aresta, cada abóbada é iniciada individualmente seguindo a fiada horizontal até que encontre outra abóbada, formando a aresta de intersecção dos arcos. Nesse ponto ocorrem esforços de flexão.

A construção de algumas abóbadas, especialmente as de berço com maiores dimensões, pode exigir o auxílio de fôrmas. No entanto, em geral, as fôrmas são utilizadas para a execução dos pórticos e nervuras como base para o levante das abóbadas, que normalmente são executadas sem formas, onde cada fiada se apoia na fiada anterior.

Contexto histórico

Estruturas arqueadas fundamentam-se principalmente na capacidade de resistência mecânica dos seus componentes. Supõe-se que a estrutura em forma de arco tenha surgido na Mesopotâmia e no Egito Antigo há cerca de 6000 anos. As abóbadas, estruturas arqueadas usadas como cobertura, surgiram logo a seguir, porém, foram os romanos que mais contribuíram para sua evolução (Santos, 2014).

Construídas com blocos de pedra ou adobe, edificações com abóbadas e cúpulas são exemplares dos séculos passados, especialmente nas igrejas e castelos. No entanto, populações de diferentes locais mantiveram a técnica construtiva, especialmente nas regiões com escassez de madeira para estruturar a cobertura das suas edificações.

Pode-se citar, como exemplo, a abóbada núbia, resgatada inicialmente por Hassan Fathy (1900-1989) e difundida pela organização *La voute nubienne* em diferentes países africanos (Mali, Senegal, Burkina Faso, Benin, Gana e Mauritânia), assim como a abóbada mexicana (*boveda de cuña*), fruto de saber popular do país, especialmente adotada nos Estados de Querétaro, Guanajuato, Jalisco e, atualmente, Oaxaca.

Segundo Aguirre (2011), embora o uso da abóbada mexicana decorra da facilidade de aplicação da técnica, que se adapta às necessidades locais, às condições geográficas e aos materiais disponíveis, seu uso e difusão resulta do baixo custo de sua execução.

Além do resgate do sistema construtivo, pesquisadores, notadamente nas décadas de 1980 e 1990, estudaram materiais, esforços e, principalmente melhoria de sistemas construtivos

com o aperfeiçoamento de procedimentos e ferramentas. Minke (2006) relata pesquisas realizadas na Universidade de Kassel, Alemanha, e sua aplicação em cúpulas experimentais de adobe. Entre estas, cita a cúpula de adobe com cobertura vegetal (telhado jardim), com 9 m de diâmetro e quase 7 m de altura, construída no Brasil, em Picada Café (RS), em 2005.

No Brasil, assim como em outros países da América Latina, encontram-se abóbadas e cúpulas em igrejas do período colonial e republicano, notadamente domos no topo das suas torres. Na contemporaneidade, abóbadas e cúpulas não são elementos de cobertura usuais no país, porém são encontradas pontualmente, representando uma arquitetura inovadora, arrojada e diferenciada.

Referências

AGUIRRE, Ramón (2011). Abóbada de terra. In: Neves, Célia; Faria, Obede Borges (org.). Técnicas de construção com terra. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA. p. 26-34. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes-proterra/>

MINKE, Gernot (2006). Cúpulas de adobe, nuevas técnicas, nuevas aplicaciones. Seminário de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 1, Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, 4. Memórias TerraBrasil 2006... Ouro Preto, Brasil: UFMG/ PUC Minas/UFOP/CdT/ESG/PROTERRA.p. 48-53. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes/>

SANTOS, Jorge M. M. dos (2014). Estudo construtivo e estrutural de abóbadas alentejanas. Dissertação, Instituto Superior Técnico; Academia Militar, Lisboa, Portugal. 125 p.



Figura2 – a e b – Execução Casa de Conversa, Maranhão (Acervo Tibá Arquitetos);
c – Execução da Casateliê, Bahia (Autora: Rafaella Azevedo)

Vídeos

<https://youtu.be/CUrWCXYjDiA>

<https://youtu.be/6RrcLdsxkil>

2 Adobe

Sinônimos
bloco de terra, bloco de barro, adobão

Definição

Componente de alvenaria conformado com terra em estado plástico (barro), com auxílio de moldes, desmoldado em seguida e seco naturalmente.



Figura 3 – Produção de adobe com fôrma dupla – Casa Jatobá, Minas Gerais (Autora: Marcela Bergamini)

Descrição do material

Para a produção do adobe geralmente se utilizam moldes prismáticos retangulares de madeira. O molde é preenchido com o barro. Rotondaro (2011), assim como outros autores, enfatizam o uso da terra local, indicando a preferência para a terra areno-argilosa, com as devidas correções de sua composição granulométrica com adição de areia, fibras naturais, entre outros materiais (Faria, 2002).

Desde que se respeitem as características de resistência à compressão e tração, o uso de adobes unidos com mistura de terra pode gerar alvenarias com formas ortogonais e curvas, tais como paredes, arcos, abóbadas e cúpulas.

A preparação da mistura de terra e água para obtenção do barro é feita geralmente com “pisadas” de pessoas, cavalos, mulas ou bois, e raramente com misturadores mecânicos. O barro é colocado manualmente no molde, com o devido cuidado para garantir o preenchimento dos cantos e arestas; em seguida, procede-se a regularização da superfície do barro no molde com uma régua ou a mão, retira-se o molde, e inicia-se o processo de secagem natural, preferencialmente com os adobes protegidos do sol e da chuva. Os adobes secos podem ser empilhados.

O processo construtivo da alvenaria é semelhante ao da convencional, composta basicamente do componente (adobe) e argamassa de assentamento. O assentamento do adobe é feito com amarração direta, cujas juntas verticais se defasam em no mínimo 1/3 do comprimento do adobe em fiadas sucessivas. No caso de adobes vazados, os furos devem ser alinhados, para embutimento de instalações ou de reforços estruturais.

O adobe pode ser empregado em distintos sistemas construtivos, tais como: a) alvenaria estrutural (paredes autoportantes) e b) sistema construtivo misto (alvenaria de vedação para estrutura de madeira, concreto ou metálica).

Contexto histórico

Um dos sistemas construtivos com terra mais antigos é o da alvenaria autoportante de adobe. Evidências de seu uso datam do final do Período Neolítico. No Antigo Testamento, muitos séculos antes de Cristo, encontram-se referências sobre a fabricação de adobes com os quais os egípcios levantaram provavelmente muitos de seus edifícios e monumentos (Êxodo 5,18). Ainda no Egito, blocos de terra foram usados pela primeira vez para construção de arcos, abóbadas e cúpulas.

Minke (2022) cita construções de adobe que datam 8000 a 6000 a.C. e, na Síria, desde 4000 a.C. Lembra as estruturas monumentais egípcias de 3200 anos de antiguidade, como as paredes enormes de blocos de terra da fortaleza de Medinet Habu; e as abóbadas do templo mortuário de Ramsés II, em Gourná.

No continente americano, os métodos de construção com terra existem desde os tempos antigos, de forma totalmente independente. As ruínas comprovam que a construção com terra era praticada em larga escala nesta parte do mundo, especialmente no Peru, México e sudoeste dos Estados Unidos, regiões mais favorecidas por suas características de clima seco.

Minke (2022) destaca as construções de adobe dos índios do povo Taos, Novo México, região que conta também com empresas para fabricação mecanizada de adobes. No Brasil,

onde as construções com terra constituem a grande maioria de sua arquitetura colonial e republicana, o processo construtivo certamente foi trazido pelos portugueses e africanos, pois não há notícias de que os índios tenham utilizado, em larga escala, a terra como material de construção, a não ser como casas semienterradas dos caingangues (Weimer, 2022).

Com o desenvolvimento dos meios de transporte, a produção industrial de outros materiais e a abolição do trabalho escravo, a terra foi marginalizada em grandes obras públicas e privadas, dando lugar ao gosto estético ditado pelos novos materiais.

Enquanto isso, nas populações menos favorecidas, o uso da terra sobreviveu justamente pelos altos custos de construção com outros materiais. Em algumas regiões do país, encontram-se pequenas empresas, geralmente familiares, que produzem adobes artesanalmente; outras, maiores, contam com apoio de maquinaria, tais como destorreador, peneirador, misturador, entre outros, com moldagem geralmente manual.

Além de diversas publicações relativas à fabricação, uso, manutenção de adobes e exemplos de edificações monumentais que transcendem os séculos, sempre houve a preocupação de estabelecer especificações apropriadas por meio de normas técnicas. Na América Latina, o primeiro documento de referência foi a norma peruana (NTE.080, 2017), publicada desde 1999, revisada e ampliada em 2017. A norma brasileira de adobe foi publicada em 2020 (ABNT, 2020).

Referências

ABNT (2020). NBR 16814 Adobe – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

FARIA, Obede Borges (2002). Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande (Americana – SP). Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 202 p.

MINKE, Gernot (2022). Manual de construção com terra. Lauro de Freitas: Solisluna Editora.

NTE.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

ROTONDARO, Rodolfo (2011). Adobe. In: Neves, Célia; Faria, Obede Borges (org.). Técnicas de construção com terra. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA. p. 16-25. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes-proterra/>

WEIMER, Günter (2022). Casas subterrâneas: uma tradição que veio da Ásia. In: Neves, Célia; Maranhão, Milena F.; Lélis, Natália; Faria, Obede B. Arquitetura e construção com terra no Brasil. Tupã: ANAP. p. 111-116. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes>



Figura 4 – Adobes produzidos na Casa Jatobá, Minas Gerais (Autora: Marcela Bergamini)

Vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=z0cr4-Q1zY4>

<https://www.youtube.com/watch?v=TdfKBmziD6w>

https://www.youtube.com/watch?v=Mj_XZadxBp0

3. BTC (bloco de terra comprimida)

Sinônimos
**tijolo de solo-cimento, bloco de solo-cimento,
tijolo prensado, bloco prensado**

Definição

Componente de alvenaria fabricado com terra umedecida, adensada em molde por compressão (ou prensagem), seguido do desmolde imediato.



Figura5 – Família BTC com furo: bloco inteiro, meio bloco e canaleta

Descrição do material

Em geral, o BTC é produzido em prensas com moldes metálicos, cujo formato produz blocos prismáticos, maciço ou com furos, e com dimensões variadas, ambos com ou sem encaixes. A maquinaria disponível para sua fabricação é diversa: desde simples prensas (compressão simples, em um sentido) a complexas unidades de produção industrial (compressão dupla, em sentidos opostos), que incluem destorreador, peneira, misturador, dosador, prensa e outros acessórios.

As prensas comportam um sistema mecânico ou hidráulico que pode ser acionado manualmente ou com auxílio de motor. As prensas manuais geralmente requerem baixo capital para sua aquisição e manutenção, além de serem leves, pequenas, fáceis de usar e sem custos relativos ao consumo de energia (Neves; Milani, 2011).

A terra apropriada é arenosa (mais de 50% de areia). Enquanto a areia é responsável pela estruturação (resistência à compressão) do componente, a argila responde pela aglutinação ou coesão das partículas de terra. A quantidade e o tipo de argila presentes no solo são responsáveis pelos movimentos de retração e expansão, que se observam quando há variação de umidade em determinados níveis. Às vezes é necessário estabilizar física e quimicamente a terra para a produção do BTC. A adição de um aglomerante tipo cimento ou cal também se faz para melhorar a resistência à compressão, abrasão e impermeabilização (Neves et al., 2010).

Resumidamente, a fabricação do BTC com adição de cimento passa pelas seguintes etapas: 1) destorroamento e peneiramento da terra seca (malha de 5 mm); 2) adição de cimento na proporção previamente estabelecida e mistura até obter coloração uniforme; 3) adição de água aos poucos até atingir a umidade adequada para sua prensagem, que pode ser determinada por teste expedito; 4) inserção da mistura no equipamento, prensagem e extração do BTC; 5) acomodação do BTC para cura, secagem e armazenamento posterior (Neves; Milani, 2011).

Para BTC produzido com cimento, efetuar sua cura após 6 horas da moldagem e durante os 7 primeiros dias, por meio de molhagens sucessivas, para continuação do processo de hidratação do cimento.

O processo construtivo da alvenaria corresponde ao assentamento dos BTCs unidos por um elemento de ligação. Tradicionalmente a ligação é feita por uma camada de argamassa, de espessura e plasticidade variada, aplicada homogeneamente em toda a seção ou em filetes; usa-se também a ligação com cola de PVC. Os BTCs com furos podem receber reforço com barras de aço e grauteamento de alguns alvéolos, conforme previsto em projeto estrutural, além da ligação com argamassa ou cola.

A alvenaria de BTC pode receber qualquer tipo de revestimento, preparado em obra ou industrializado.

Assim como o adobe, o BTC pode ser empregado em distintos sistemas construtivos, tais como: a) alvenaria estrutural (paredes autoportantes) e b) sistema construtivo misto (alvenaria de vedação para estrutura de madeira, concreto ou metálica).

Contexto histórico

Apesar de algumas tentativas registradas anteriormente, considera-se que a proposta para produção de BTC data do início do século XX, a partir dos resultados do comportamento de misturas compactadas de solo e cimento. Na América Latina, o impulso partiu na década de 1950 pelo *Centro Interamericano de Viviendas y Planeamiento*, da Colômbia, ao desenvolver um modelo bastante simples de uma prensa manual para fabricação de tijolos de solo-cimento, hoje conhecida pela denominação CINVA-RAM.

No Brasil, a partir da década de 1970, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) iniciou um extenso programa de pesquisa para produção de tijolos e blocos de solo-cimento, desenvolvendo, junto com a iniciativa privada, prensas manuais e automáticas e avaliando técnica e economicamente esses produtos.

O trabalho conjunto de diversas instituições resultou, já em 1984, na publicação das primeiras normas técnicas brasileiras para tijolo e bloco de solo-cimento. Atualmente se conta com cinco normas (ABNT 2013a; 2013b; 2013c; 2013d; 2013e), que tratam de requisitos, métodos de ensaio e fabricação, e mais cinco específicas de solo-cimento, todas revisadas e atualizadas entre 2012 e 2013.

No Brasil, ao invés de BTC, adotam-se os termos tijolo de solo-cimento e bloco de solo-cimento em função das dimensões, especialmente sua altura. Comercialmente, usa-se o termo “tijolo ecológico” com a justificativa de que estes componentes não passam pelo processo de “queima” da terra (tratamento térmico), porém sem considerar efeitos ambientais do processo de produção do cimento.

A Colômbia publicou em 2005 a norma com especificações, métodos de ensaio e condições de entrega de blocos de solo-cimento, que é a tradução declarada da norma francesa, e a Espanha publicou, em 2008, a norma de blocos de terra comprimida com definições, especificações e métodos de ensaio.

Enquanto as normas brasileiras e colombiana tratam do BTC estabilizado com cimento, a norma espanhola permite outros aglomerantes, inclusive os produtos de origem vegetal e animal, tais como os óleos naturais, gema de ovo e pozolanas, entre outros (Neves; Milani, 2011).

Referências

NEVES, Célia; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patrício Salas;HOFFMANN, Márcio Vieira (2010). Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. PROTERRA. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes-proterra/>

NEVES, Célia; MILANI, Ana Paula (2011). Bloco de terra comprimida – BTC. In: Neves, Célia; Faria, Obede Borges (org.). Técnicas de construção com terra. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA. p. 35-45. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes-proterra/>

ABNT (2013a). NBR 8491 Tijolos de solo-cimento – Requisitos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (2013 b) NBR 8492 Tijolos de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro:Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (2013c) NBR 10833 Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (2013d) NBR 10834 Bloco de solo-cimento sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (2013e) NBR 10836 Bloco de solo-cimento sem função estrutural – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.



Figura6 – a)BTC (AcervoEcoterm.org); b) Enchimento e rejunte de parede com BTC da Casa Verdes Colinas, Santa Catarina (Autor: Marcos Marques)

Vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=4pJsckTHjV0>

<https://www.youtube.com/watch?v=pYsN3Nq3qkU>

4. Cob

Sinônimos
terra empilhada, parede modelada, maçaroca

Definição

Parede monolítica de terra em estado plástico, esculpida manualmente, em camadas sucessivas, que permite a realização de formas orgânicas, curvas e arcos, entre outros formatos.



Figura7 – Execução de parede com cob (Fonte: Archdaily)

Descrição do sistema construtivo

O sistema construtivo é normalmente executado com fundação direta em sapata corrida com largura na razão de uma vez e meia a espessura da parede em casos de parede autoportante. Inicia-se sua execução colocando manualmente frações de barro, por pressão ou lançamento, ao longo da parede, fiada sobre fiada.

O barro é geralmente misturado com os pés, e preparado a partir da mistura seca de terra argilo-arenosa e fibra (palha, capim etc.) na qual se adiciona água, misturando até obter uma massa plástica modelável. Segundo Keefe (1992, citado por Fernandes, 2019) a terra deve conter 30% a 40% de pedregulho, 25% a 30% de areia, 10% a 20% de silte e 10% a 25% de argila. Bee (2018) recomenda 50% a 85% de areia, 15% a 50% de argila e a adição da máxima quantidade de fibra, desde que esta esteja totalmente envolvida pelo barro. A autora destaca que a quantidade de fibra é tanto maior quanto maior o teor de argila da terra.

O acabamento das faces laterais da parede deve ser regularizado durante a colocação do barro, o topo das fiadas deve estar irregular para facilitar a aderência da fiada superior.

Não há consenso quanto à espessura da parede de cob: Evans (2002, citado por Fernandes, 2019) indica espessuras entre 60 e 90 cm, Bee (2018) sugere a parede trapezoidal, com 40 cm de espessura na base e 20 cm no topo, para o pé direito de 3m. No Brasil, construtores usam 30 cm para pé direito próximo de 3 m.

É importante verificar continuamente o prumo da parede de cob. Bee (2018) observa que o “cobeiro” tende a empurrar a parede em execução para longe de si e sugere o trabalho simultâneo em ambos os lados da parede.

O prumo pode ser corrigido, com auxílio de um facão ou enxó para regularizar a parte sobressalente da parede, no cob é possível cortar, modelar e esculpir em auto e baixo relevo para execução de elementos arquitetônicos como prateleiras e nichos.

As instalações elétricas e hidrossanitárias, se embutidas, devem ser colocados durante a elevação da parede, assim como os batentes e molduras das aberturas e esquadrias. Devem-se instalar elementos de ancoragem durante a execução do cob para fixação de elementos e mobiliários.

Bee (2018) recomenda o uso de revestimento na parede de cob, destacando sua vantagem como protetor de erosão devido ao acesso de água de chuva. Para o reboco, usa-se geralmente a mistura preparada com a terra peneirada e a adição de areia e cal.

Para pintura é recomendado materiais que respeitem a troca de gases e movimentos de dilatação das paredes.

Contexto histórico

É reconhecida a capacidade da terra converter-se em um material plástico ao ser misturado com água, podendo ser moldado para os mais variados usos. Essa característica foi devidamente explorada pelo Homem para construir seu abrigo. Minke (2022) destaca que o uso de bolas de barro é uma técnica construtiva ancestral, amplamente usada na África e Ásia, mas também conhecida na Europa e América. Guéguen (2023, comunicação virtual) informa que o cob é tradicional na região de Bretagne, França. Delaveris e outros (2019) relatam o uso de bolas de barro e palha (*chullpawawa*) para edificações funerárias no altiplano boliviano (*chullpares* ou *chullpas*) no período denominado Intermédio Tardio, aproximadamente entre 1000 e 1500.

O cob, tal como é reconhecida atualmente o sistema construtivo de bolas de barro e fibras moldadas no local, cujo termo em inglês foi atestado por volta do ano de 1600, surgiu na região sudoeste da Inglaterra, especialmente em Devon, desde o século XIII até “o final do século XIX, quando as construções de cob passaram a ser vistas como primitivas e perderam popularidade, mas a partir do século XX, elas passaram a ser vistas como portadoras de caráter tradicional e valor histórico” (Fernandes, 2019, p.19).

Além da valorização patrimonial, o resgate do sistema construtivo cob acontece no final do século XX, com mais ênfase no século XXI, estimulado pela busca de sistemas e técnicas construtivos amigáveis ao meio ambiente.

No Brasil, com exceção de Fernandes (2019), não se encontram publicações específicas sobre edificação com cob. No âmbito dos artigos publicados nos anais de TerraBrasil 2018 e 2022, encontram-se citações pontuais sobre cob, sem detalhes, em programas de canteiros experimentais de algumas Escolas de Arquitetura.

Referências

BEE, Becky (2018). O manual dos construtores de cob. São Paulo: Imagicob Produções. Disponível em: <https://dokumen.pub/qdownload/o-manual-dos-construtores-de-cob-2nbsped-9788593745102.html>

DELAVERIS, Irene; MAMANI, Guido; YAMPARA, Pacha (2019). Chullpawawa, una nueva unidad constructiva de tierra: Redescubriendo la historia prehispánica. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 19. Memorias... San Salvador, El Salvador: FUNDASAL / PROTERRA. p. 303-320. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes-proterra/>

FERNANDES, Daniela de A. (2019). Análise da viabilidade do uso do cob como técnica de autoconstrução: estudo de caso em São Joaquim de Bicas/MG. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Sustentabilidade do Ambiente Construído, Universidade Federal de Minas Gerais. 58 p.

MINKE, Gernot (2022). Manual de construção com terra. Lauro de Freitas: Solisluna Editora.



Figura8 – Execução de paredes de cob na Casa de Terra, São Paulo (Autor: TathyYazigi)

Vídeo

<https://www.youtube.com/watch?v=V8PySIJ7KHI>

5. Cordwood

Sinônimos
cobwood, alvenaria de toras, alvenaria de tocos,
construção com lenha

Definição

Parede executada com toras de madeira, preferencialmente roliças, e argamassa de assentamento.



Figura9 – Execução de parede com *cordwood* (Fonte: <https://cordwoodconstruction.org/>)

Descrição do sistema construtivo

Inicia-se a execução com a colocação dos tocos roliços de madeira assentados com seu eixo perpendicularmente a espessura da parede.

Segundo Roy (2016, citado por Silva, 2019) existem três formas de execução do *cordwood*: a) como vedação da estrutura de pilares e vigas; b) com uma “estrutura de tocos empilhados” nas extremidades, c) como paredes curvas autoportantes.

Preferencialmente os tocos devem ser de madeiras mais densas e menos porosas, para reduzir as movimentações decorrentes da variação dimensional e dos efeitos da biodeterioração, decorrentes de umidade e ataque por agentes biológicos.

A casca dos troncos deve ser removida logo após a extração e a madeira deve estar totalmente seca, cujo comprimento do toco é correspondente à espessura desejada da parede.

Em relação à mistura para ligação dos tocos, usa-se desde materiais naturais como terra, areia e fibra (semelhante ao cob), bem como outras mistas de cimento e cal, em algumas regiões do mundo. Utiliza-se a adição de fibras e serragem para reduzir a retração, levando em consideração a compatibilidade dos materiais, especialmente na incorporação de cimento. No Brasil, prefere-se a mistura de: a) terra com aproximadamente 70% de areia e 30% de silte e argila e fibras com até 5 cm de comprimento; b) areia e cal; ou, c) terra e cal. A espessura da mistura varia de acordo com os diâmetros dos tocos disponíveis.

Alguns construtores contemporâneos incluem, na parede de *cordwood*, e outros sistemas construtivos, garrafas transparentes ou coloridas que proporcionam um efeito estético particular e maior luminosidade no interior dos ambientes.

Em geral, não se aplica revestimento nas madeiras, apenas nas massas de assentamento para minimizar as retrações e trincas que podem surgir perimetralmente aos tocos de madeira. É recomendada a inspeção anual a fim de prevenir o ataque de insetos xilófagos e demais reparos para corrigir fissuras causadas por retrações, dos tocos de madeira e distanciamento da massa, causando descolamentos entre tocos e a massa, além da substituição de eventuais tocos deteriorados.

Contexto histórico

São poucos os relatos relativos a edificações com *cordwood* pelo mundo. A maioria das publicações cita a Grécia e a Sibéria como os possíveis locais de origem desta técnica. Há de se considerar que o *cordwood*, pela sua versatilidade, adequa-se às condições de cada local e isto dificulta determinar precisamente a sua história. Silva (2019) cita um forte eslavo construído entre os séculos IX e X na Alemanha, reabilitado na década de 1990. Segundo Sezwcyk (2007, citado por Silva, 2009), edificações com *cordwood* construídas na área urbana receberam revestimento com argamassa para disfarçar a técnica construtiva.

Roy (2016, citado por Silva, 2019) comenta que o *cordwood* tornou-se mais atrativo e popular após as primeiras serras manuais serem fabricadas em massa, por volta de 1840, e ainda mais com o surgimento de serras motorizadas, por volta de 1860. Um número significativo de habitações aplicando a técnica foi erigido em regiões da Europa e da América do Norte, especialmente após a depressão econômica de 1929. Em muitos casos, o resíduo de madeiras foi usado pelos próprios funcionários das empresas e moradores próximos para erguer suas residências, galpões e celeiros.

No Brasil, com exceção de Silva (2019), não se encontram publicações específicas sobre edificação com *cordwood*. Como histórico, Silva (2019) relata a construção de uma edificação em Nova Petrópolis com madeira reaproveitada de postes (eucalipto), em 2017, e outra em Eldorado do Sul, em 2018, com madeira recém-extraída, sem secagem prévia. Prompt (2012) relata a construção de paredes em duas residências do oeste catarinense em 2010.

Constata-se a tendência do uso do *cordwood* associado a outros sistemas construtivos com terra, cujas paredes ou mobílias executadas provavelmente pelo efeito estético ou demonstrativo de técnicas variadas.

Referências

PROMPT, Cecília (2012). Arquitetura de terra em unidades agrícolas familiares: estudo de caso no oeste catarinense. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, Vitor F. de A. e (2019). Caracterização da construção em cordwood e experiências com a técnica. Trabalho de Conclusão de Curso, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 78 p.



Figura 10 – Execução parede do Chalé Ecológico, Santa Catarina (Autor: Marco Aurélio Silvestre)

Vídeo

<https://www.youtube.com/watch?v=prfxDjLueUw>

6. Fardo de palha

Sinônimos
construcción con balas de paja,
straw bale construction

Definição

Parede portante ou não portante executada com fardos de palha (ou feno) devidamente prensados, solidarizados uns aos outros por dispositivos diversos e revestidos com mistura de terra.



Figura11 – Casinha da Palha e suas paredes com fardos de palha, Rio Grande do Sul
(Autora: Vika Martins)

Descrição do sistema construtivo

Basicamente, são dois sistemas construtivos com fardos de palha: a de parede portante (Nebraska) e a de parede não portante, com diferentes designações e procedimentos construtivos (Rivero, 2021).

No sistema construtivo de parede portante, as cargas da parede e da cobertura são transmitidas diretamente à fundação pelos fardos de palha empilhados; uma viga perimetral localizada no topo da parede com elementos tensores ligados à fundação garante a estabilidade da parede.

O sistema construtivo não portante adota um sistema estrutural independente, geralmente de madeira, com a vedação garantida pelos fardos de palha.

A palha corresponde à sobra remanescente da produção de grãos (trigo, centeio, cevada, aveia, milho), ou de plantas fibrosas (linho, cânhamo, arroz) e gramíneas (secas e prensadas, na forma de feno). Minke e Mahlke (2006) recomendam o uso de fardo da palha de trigo, arroz e centeio, cujas dimensões dos fardos menores, comprimidos com pressão de 80 a 120 kg/m³, são da ordem de 35 cm x 50 cm x 50 cm a 120 cm (altura x largura x comprimento). Outras dimensões e compacidade dos fardos variam em função da capacidade da enfardadeira e tipo de palha. Os fardos devem estar secos, compactos e sempre protegidos da chuva e umidade.

Também são empregados fardos de palha como isolantes térmicos, principalmente em tetos. Seu uso implica projetar um espaço adequado entre o forro e a telha (aproximadamente 35 cm), e ajustar o espaçamento entre as tesouras para simplificar a montagem.

A superfície da parede com fardos de palha deve ser revestida, externamente com massa, bastante plástica de terra e cal. O revestimento endurece e alisa a superfície dos fardos, protege contra a ação do fogo e o acesso de água, evita o desprendimento do pó das palhas e promove o acabamento final da parede.

Não há consenso quanto ao tipo de revestimento a ser aplicado: há recomendações relativas ao uso da argamassa mista, para as faces externas da parede. Basicamente, o revestimento corresponde ao emboço, bastante plástico, aplicado manualmente ou por jateamento, em duas camadas, e o reboco, que regulariza a superfície. Segundo Minke e Mahlke (2006), a espessura total do revestimento em cada face da parede é a ordem de 3 a 6 cm.

Há também a possibilidade de instalar uma tela entre os fardos e o emboço, ou um tecido embebido com nata de terra para melhorar a aderência do revestimento.

Apesar da palha solta ser um material altamente combustível, a palha comprimida em fardos é resistente ao fogo, uma vez que o oxigênio disponível entre elas é reduzido, além de não ter acesso às chamas devido à proteção do revestimento. A compacidade dos fardos não facilita a presença de roedores e, os cupins preferem alimentar-se de madeira.

Contexto histórico

A construção com fardos de palha surgiu no final do século XIX, juntamente com o desenvolvimento das enfardadeiras de palha. Segundo Minke e Mahlke (2006), as primeiras edificações com fardos de palha aconteceram em Nebraska (EUA). O sistema construtivo, denominado “técnica Nebraska”, consistiu na montagem da parede autoportante com os fardos. A maior difusão desta sistema ocorreu entre os anos de 1925 e 1930, supostamente com a execução de 70 edificações, sendo que 13 destas eram conhecidas no final do século XX. Na Europa, os autores registram a “Maison Feutillette” (1921, Montarguis, França) e outra em Heeze (1944, Países Baixos).

Apesar de promissora, Bohadana (2007) ressalta que a construção com fardo de palha não se popularizou nesta época, mas ressurgiu em diferentes países a partir da década de 1970, motivada provavelmente como alternativa para o enfrentamento de questões ambientais.

Minke e Mahlke (2006) descrevem detalhadamente o sistema construtivo com fardos de palha, comentam sobre o seu resgate, construções experimentais, pesquisas realizadas a partir da década de 1990 e a aprovação de normas em Novo México (EUA). Apresentam também várias edificações contemporâneas construídas nos continentes australiano, europeu e americano.

Em Chile, país altamente sísmico, equipe de profissionais de diferentes instituições, com apoio do *Ministerio de Vivienda y Urbanismo*, desenvolveu o sistema construtivo denominado *quincha liviana*, cuja parede é executada com enchimento de terra-palha (*liviana húmeda*) ou fardo de palha (*liviana seca*), cujos ensaios de desempenho confirmaram o atendimento aos requisitos necessários para obter *Permisos de Edificación* (Acevedo; Carrillo; Broughton, 2019).

Referências

- BOHADANA, Ingrid Pontes Barata (2007). Avaliação de habitação de interesse social rural, construída com fardos de palha, terra e cobertura verde, segundo critérios de sustentabilidade. Dissertação, Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 178 p.
- ACEVEDO, R.; CARRILLO, O.; BROUGHTON, J. (2019). Construcción en quinchá liviana, sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial. Disponível em: <http://redeterrabrasil.net.br/outras-publicacoes-tema-1/>
- MINKE, Gernot; MAHLKE, Friedemann (2006). Manual de construcción con fardos de paja. Montevideo: Fin de Siglo. 124 p.
- RIVERO, Ivo (2021). Construcción prefabricada en paja en España. Dissertação, Mestrado Integrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Portucalense Infante D. Henrique, Porto, 101 p.



Figuras12 – Gernot Minke aplicando reboco na parede de fardo de palha da Oficina Filhos de Sapé, Rio Grande do Sul (Autora: Vika Martins)

Vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=W0fEY3ZcVgY>

<https://www.youtube.com/watch?v=Os0lZQILFYE>

7. Pau a pique

Sinônimos
taipa de mão, taipa de sopapo,
técnica mista, taipa de sebe

Definição

Parede formada por estruturas reticuladas preenchidas e revestidas com barro.



Figura 13 – Paredes de pau a pique da Casa Ser Cósmico, Paraná (Autor: Lucas Nathan)

Descrição do sistema construtivo

A estrutura principal usualmente é composta por um sistema estrutural de madeira tipo pórtico, ou com painéis modulares pré-fabricados; a estrutura reticulada (ou entramado) é composta por peças de madeira de seção reduzida ou bambu, cujos elementos verticais, presos na parte superior e inferior da estrutura principal, ou em canaletas ou vigas de

madeira, são fixados aos elementos horizontais ou entrelaçados por estes; para fixação das esquadrias nas aberturas, utilizam-se estruturas auxiliares.

O procedimento consiste em preparar a estrutura principal, executar a cobertura, o entramado, a estrutura auxiliar e efetuar o preenchimento da parede com barro (barreado). A cobertura inclui, caso necessário, a viga de topo da parede, que consolida a estrutura da parede e distribui os esforços do carregamento da cobertura.

Ao barro, preparado com terra e água, pode-se adicionar fibras, que colaboram com a adesão à estrutura e reduz o efeito da retração, que ocorre na sua secagem (Lopes; Ino, 2003).

Após o barreado e completa secagem, é feito o revestimento. Aplica-se uma ou mais camadas do emboço de barro, seguido do reboco de terra, de terra com cal, de terra com cal e areia ou pasta de cal e areia fina. Sobre este revestimento, pode-se aplicar pintura não impermeabilizante.

Garzón (2011), fundamentada em outras referências, sugere o uso da terra com mais de 50% de areia, menos de 20% de silte e teor de argila da ordem de 20%.

O sistema denominado taipa mecanizada corresponde à aplicação do barro por jateamento. As propostas de industrialização do pau a pique correspondem, basicamente, ao preparo das estruturas em central de produção, montagem, preenchimento e revestimento no local da obra.

Contexto histórico

Um dos sistemas construtivos com terra mais antigos, denominado, entre outros reconhecidos termos, por taipa de mão e pau a pique, no Brasil, tabique e taipa de fasquio, em Portugal, *quincha*, *bahareque*, *bajareque*, *estanteo*, *taquezal* e *fajina* nos países da América Latina de idioma espanhol. Originária dos povos árabes para alguns historiadores, mas também registrada na China e em outras regiões do Mundo, o certo é que este sistema construtivo chegou aos dias atuais, cuja prática é adotada principalmente por habitantes da área rural e periferia da área urbana no Nordeste do Brasil.

Na América Latina, encontram-se edificações de pau a pique em regiões com altitudes desde o nível do mar até acima de 4.000 m, com climas variados, assim como em regiões sujeitas a sismos (Neves, 2004). Seu uso data da época pré-colombiana, cujo testemunho é comprovado nas edificações dos anos 600 d.C. encontradas no sítio arqueológico de “Joyade Cerén” (Flores, 1995). No sítio arqueológico de Caral, no Peru, foram encontradas paredes de pau a pique (com bambu) revestidas, datadas de cerca de 5.000 anos.

A taipa de mão, no entanto, vinculada à propagação da doença de Chagas, chegou a ser proibida em algumas regiões, principalmente onde havia incidência do inseto transmissor, o “barbeiro” (*Tripanossomacruzi*). Estudos realizados pela Organização Mundial de Saúde e Organização Pan-americana de Saúde em países da América Latina concluíram que a doença de Chagas resulta da forma que a população humana explora e ocupa o ambiente, sem conexão com a casa de taipa de mão (Vieira, Moreira; André, 2022).

Considerando a variedade de nomes usados nos países ibero-americanos, PROTERRA, assim como a Rede TerraBrasil, adotam a denominação geral do sistema construtivo como “técnica mista”, porém conservando as variadas nomenclaturas em cada região. Nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil, o termo mais reconhecido para o sistema construtivo é taipa de mão, ou simplesmente taipa, nas regiões Sul e Sudeste a preferência é pau a pique.

No Brasil, o uso e expansão da taipa de mão ocorreram após a chegada dos portugueses e africanos. No Brasil, em 1936, houve a proposta, de Lucio Costa, para execução da Vila Operária de Monlevade com taipa de mão, que não foi realizada; na década de 1960, outra proposta muito interessante, do arquiteto Acácio Gil Borsoi, apresentada para a construção do conjunto habitacional Cajueiro Seco contemplava um sistema construtivo racional, com a execução prévia dos painéis da estrutura para posterior montagem e barreamento *in loco*. Esta proposta revolucionária não seguiu adiante, mas abriu caminho para propostas semelhantes.

Em 1985, época que surgiram diversas propostas de sistemas construtivos alternativos para produção de habitação popular, o Centro de Desenvolvimento e Apoio Técnico à Educação (CEDATE) elaborou uma cartilha para a execução da taipa de mão com painéis modulados pré-fabricados, cujo sistema foi adotado pela Caixa Econômica Federal para substituição de habitações danificadas por um abalo sísmico no Estado do Ceará. Lisbôa (2019) apresenta um histórico resumido destes trabalhos e de outras experiências, assim como uma proposta de taipa de mão com estrutura de bambu.

Referências

- FLORES, Mario Octavio (2003). Técnica de entramados. In: Vinuales, Graciela (compiladora); Neves, Célia; Flores, Mario; Ríos. L. Silvio, Arquitecturas de tierra em Iberoamérica. Habiterra/Proterra/ Habyted/Cyted. Versão digitalizada disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes-proterra/>
- GARZÓN, Lucia Esperanza (2011). Técnicas mistas. In: Neves, Célia; Faria, Obede Borges (org.). Técnicas de construção com terra. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA. p. 62-71.
- LISBÔA, Sumara A. S. (2019). Paineis de vedação de bambu e terra – pau a pique – na Ilha de Santa Catarina. Dissertação, Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

NEVES, Célia (2004). Resgate e atualização do construir com terra: o Projeto Proterra. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável/X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo: ANTAC.

VIEIRA, Carolina N.; MOREIRA, P. A. M. S.; ANDRÉ, S. B. (2022). Taipa de mão no contexto da precariedade habitacional, do saneamento ambiental e das políticas públicas. In: Neves, Célia; Maranhão, Milena F.; Lelis, Natália, Faria, Obede B. Arquitetura e construção com terra no Brasil. Tupã: ANAP. p. 158- 169. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes/>



Figuras 14– Paredes de pau a pique da Casa Ser Cósmico, Paraná (Autor: Lucas Nathan)



Figura 15 – a) Barreamento da cozinha tradicional quilombo Ivaporunduva, São Paulo (Autor: Alain Briatte Mantchev); b) Barreamento e reboco do Chalé Demétria, São Paulo (Autora: Mariana Cintra)

Vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=QQZqVoQyZio>

<https://www.youtube.com/watch?v=JHZYrOz8PEk>

8. Tinta de terra

Sinônimos
tinta natural, geotinta

Definição

Tintas com pigmentos coloridos de terra aplicadas sobre uma superfície a fim de cobri-la, atribuindo proteção superficial com diferentes tons e texturas.



Figura 16 – Pintura com tinta de terra na Parede Mandala, Santa Catarina (Acervo Artenativamente)

Descrição do material

O processo de pintura da edificação de terra passa por diferentes etapas, que envolvem a seleção da tinta e do seu preparo, a preparação da base e a sua aplicação.

Nas edificações com paredes de terra, a preferência é empregar as tintas com cal, tintas com pigmentos de solo ou tintas com cal e pigmentos de solos. Atualmente, estas tintas podem ser adquiridas no mercado de materiais de construção, mas também podem ser preparadas em obra.

Donatio (2008) resume os seguintes componentes empregados em tintas artesanais: a) pigmento – produto de coloração de origem animal, vegetal ou mineral; b) aglutinante – ligante de origem vegetal e animal, que inclui o famoso grude com amido de milho; c) carga – material inerte tipo carbonato de cálcio, silicato de magnésio, mica ou talco; d) resina – material tipo goma laca, cera de abelha e outros; e, e) diluente – produto que favorece a fluidez da mistura.

A tinta com pigmento de terra requer a mistura eficiente de solo com grãos menores que 0,2 mm (areia fina, silte e argila). Não existe uma proporção preestabelecida dos materiais para a produção desta tinta; Carvalho, Cardoso e Dias (2016) sugerem iniciar uma mistura com proporção aproximada de 10 L de água, 10 L de terra e 3 L de cola e fazer os ajustes necessários.

A aplicação da pintura requer o preparo da base (ou substrato), cuja superfície deve estar limpa, seca, coesa, isenta de partículas soltas, óleo, gordura ou graxa e micro-organismos, e inteiramente regularizada e sem fissuras; pode ser aplicado um selador para reduzir ou uniformizar a absorção da base. A tinta deve ser homogeneizada, diluída, se necessário ou se recomendada pelo fabricante, e espalhada uniformemente sobre a superfície, com as ferramentas adequadas, evitando escorrimentos e depósitos excessivos. A quantidade de tinta aplicada em cada demão deve ser a mínima possível e espalhada ao máximo, de maneira que a cobertura da superfície seja obtida através da aplicação de várias demãos.

Contexto histórico

A história da pintura designa um conjunto de manifestações artísticas desde a pré-história que perpassa por todas as culturas. As tintas sempre foram usadas pelo homem como forma de marcar sua presença e sua cultura. As primeiras tintas foram produzidas com materiais naturais, sendo os solos a principal fonte de pigmentos. A pintura nas edificações variou ao longo do tempo em função dos materiais disponíveis e do gosto da sociedade por novas relações cromáticas, cores, texturas e inovações tecnológicas.

No Brasil, a pintura a base de cal, de tradição portuguesa, foi largamente usada nas edificações com terra do período colonial. A caiação era feita com cal de marisco, de pedra (calcário) ou da tabatinga, palavra de origem tupi que significa terra branca.

Cardoso e Uemoto (2022) lembram que, onde não havia calcário, predominavam as tonalidades ocre, próprias das misturas de terra. Segundo os autores, as cores das edificações mantiveram-se constantes até o final do século XIX.

Atualmente é indicada a pintura com cal, além de outros produtos adicionados, especialmente a cola branca e pigmentos. As tintas com pigmentos de terra e caiação sempre foram consideradas as mais adequadas para as edificações com terra, notadamente por favorecer o comportamento de regulador higroscópico da parede, popularmente indicado com que a pintura permite a parede “respirar”.

A partir do início do século XX, foram instaladas as primeiras fábricas de tinta no Brasil, adotando produtos de origem sintética e materiais de origem mineral principalmente com a função de carga (*filler*), e impactos desencadeados pela emissão de substâncias nocivas à saúde.

A tendência atual de produzir murais com tintas com pigmentos naturais contribui com a divulgação deste tipo de tinta, a oportunidade de capacitar pessoas de comunidades, estudantes e outros interessados, além de embelezar fachadas ou outras paredes das edificações.

Cardoso e Uemoto (2022, p. 234) comentam, resumidamente, o percurso das pinturas de tintas com pigmentos de solo aplicadas nas construções: da tinta preparada no passado com cal, areia e água, seja com a cal viva ou coma cal hidratada, até às tintas preparadas com adição de outros componentes que promovem melhorias para sua aplicação, durabilidade, desempenho e efeito estético, há um longo percurso de pesquisa, experimentos e sucessos e, principalmente, comercialização. O resgatar da tinta sustentável com pigmentos de solos no início do século XXI representa inúmeros ganhos sociais, principalmente a interação sócio-acadêmica associada ao avanço tecnológico.

Referências

- CARDOSO, Fernando de Paula; UEMOTO, Kai Loh (2022). Tintas e pintura de pigmentos naturais. In: Neves, Célia; Maranhão, Milena F.; Lelis, Natália, Faria, Obede B. Arquitetura e construção com terra no Brasil. Tupã: ANAP. p. 230- 237. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes/>
- CARVALHO, Anôr F. de; CARDOSO, Fernando de P.; DIAS, Raquel Q. (2016). Cores da terra: pintando o Brasil. Viçosa: Gráfica e Editora GSA. DONATIO, Fábio (2008). Pintura. Cadernos Ofícios, 6. Ouro Preto: FAOP.



Figura 17 – a) Preparo da tinta de terra da Parede Mandala, Santa Catarina (Acervo Arterativamente);
b) Coleta de solo e pintura com tinta de terra do projeto Cores e Montanhas do Caparaó, Minas Gerais.
(Autora: Marcela da Terra)

Vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=QFdbiokWERE>

<https://www.youtube.com/watch?v=0mO4OrV7zJU>

9. Revestimento de terra (emboço e reboco)

Sinônimos
emboço, reboco, argamassa bastarda

Definição

Camadas de misturas plásticas com terra que cobrem o sistema estrutural e de vedação da parede para proteger e dar aspecto estético à edificação.



Figura18 – Aplicação de revestimento de terra, Rio de Janeiro (Autora: Camila Llerena Hue)

Descrição do material

A proteção da superfície de paredes com misturas de terra corresponde a combinações de materiais e procedimentos que consideram os recursos, a cultura e a técnica construtiva locais, entre outros fatores, resultando em variedades de texturas e efeitos artísticos.

Independente das matérias-primas empregadas, o revestimento das edificações de terra consiste na aplicação do emboço e do reboco. O emboço, aplicado em uma ou mais camadas com espessura de até 3 cm cada, tem as funções de regularizar a superfície e cobrir fissuras próprias da retração do barro; o reboco, com espessura de até 1,5 cm, elimina as fissuras remanescentes do emboço, proporcionando uma superfície lisa para a aplicação

opcional da pintura. Os termos reboco grosso e reboco fino são usados popularmente como referência ao emboço e ao reboco respectivamente.

O acabamento, tratado por compressão e alisamento com ferramentas plásticas ou metálicas, proporciona mais brilho e o aumento da resistência superficial à abrasão.

O processo para aplicação de cada camada inicia pela limpeza do pó na superfície da base, seu umedecimento, a aplicação da mistura com a mão ou com colher de pedreiro e secagem.

A preparação de misturas de terra consiste em peneirar o solo natural seco, adicionar areia e outros materiais estabilizantes, tais como palha, fibras e cal, umedecer progressivamente, misturar e deixar em repouso. Guerrero (2011) recomenda um período de repouso das misturas para que os materiais aumentem a capacidade de plasticidade, aderência e resistência superficial.

Além das mais variadas fibras, diferentes materiais são adotados como adição para melhorar o desempenho do revestimento; as mucilagens de cactos, *aloe vera*, babosa (polímeros naturais), por exemplo, proporcionam melhorias em relação à plasticidade da mistura, estanqueidade e aderência do revestimento aplicado. Adições, como caseína ou sabão, misturados ao cálcio presente na cal, podem melhorar a impermeabilidade do revestimento. O uso de esterco, embora usual por proporcionar plasticidade às misturas de terra, requer considerações sobre sua origem – bovino e equino – e os cuidados de manejo para evitar contaminações por patógenos.

Para as misturas de terra ou de terra, areia e cal, recomenda-se o uso eventual de fibras picadas com comprimento de até 15 cm no emboço. Cabe ao construtor determinar as proporções dos materiais, preferencialmente por meio de experimentos testados antes da aplicação do revestimento na parede.

Contexto histórico

Os primeiros registros de emprego de argamassa como material de construção são da pré-história, cerca de 9000 a.C. A partir daí existem vários registros do emprego de argamassas de cal e gesso pelos egípcios, gregos, etruscos e romanos.

Estas argamassas eram essencialmente preparadas com terra, areia e cal ou areia e cal. As argamassas modernas geralmente possuem em sua composição também o cimento Portland e, muito frequentemente, aditivos químicos para melhorar algumas propriedades, como a trabalhabilidade. Já no final do século XIX surgiram, na Europa e nos Estados

Unidos, as argamassas industrializadas, misturas prontas, dosadas em plantas industriais, para as quais, na obra, só é necessária a adição de água.

O revestimento trata do elemento construtivo de acabamento superficial, incorporado à parede e outros elementos da edificação com funções múltiplas de proteger, facilitar a higienização, aumentar a resistência e durabilidade, contribuir com conforto ambiental, e, não menos importante, responder pela estética da edificação. Nas edificações de terra, “a aplicação de superfícies protetoras parte do princípio do aproveitamento da capacidade de aderência entre os materiais porosos e a necessidade de gerar superfícies mais resistentes que as dos sistemas construtivos da base, mas sem que se perca a capacidade de troca de ar e vapor de água com o meio ambiente” (Guerreiro, 2011, p.72).

Explorando a facilidade de manuseio e de produção, o revestimento com argamassa proporciona acabamentos superficiais ornamentais que também caracteriza o status social, político e econômico da edificação. Como exemplo de arte e embelezamento, Nolasco (2008) lembra dos caixilhos elaborados das esquadrias e de outros relevos constantes nas edificações do Brasil colonial, Ungericht (2002) destaca a escaiola ou escariola, largamente empregada para a imitação de mármore na primeira metade do século XX, há também o revestimento de cal polido conhecido como *tadelakt*, a inclusão de vidros coloridos, conchas e de argamassas preparadas com terra argilosa com diferentes cores encontradas especialmente nas (eco)edificações do século XXI.

Referências

GUERRERO B., Luis Fernando (2011). Revestimentos. In: Neves, Célia; Faria, Obede Borges (org.). Técnicas de construção com terra. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA. p. 72-77. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes-proterra/>

NOLASCO, Ney (2008). Alvenaria. Cadernos Ofícios, 3. Ouro Preto: FAOP.

UNGERICHT, José Luis (2002). Acabamento de parede de alvenaria com revestimento de escariola. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 99 p.



Figura 19 – Aplicação de revestimento de terra, massa e parede pronta, Rio de Janeiro
(Autora: Camila LlerenaHue)

Vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=o-6FWykNnUY>

<https://www.youtube.com/watch?v=-HH3-RqGhzc&list=PLeKA8J79SG-o9MJ3Vjeq2o5c6kfanFIZo&index=3>

10. Taipa de pilão

Sinônimos

**taipa, parede de terra compactada,
parede com painéis monolíticos de solo-cimento**

Definição

Parede executada no local com terra umedecida, com ou sem estabilizante, adensada por compactação, camada sobre camada, no interior de fôrmas (moldes).



Figura 20 – Parede de taipa de pilão da residência J e K, São Paulo (Autor: Matheus Petian Lima)

Descrição do sistema construtivo

Em geral, utilizam-se guias verticais para assegurar o prumo da parede; a fôrma corresponde ao conjunto composto por duas placas rígidas, elementos estruturais e peças auxiliares, com a função de conter a mistura durante o processo de compactação e dar o formato à taipa. Em geral, as placas da fôrma são de madeira compensada plastificada, estruturada com peças de madeira maciça e fixadores de barra de aço (Hoffman; Minto; Heise, 2011). A compactação da terra é feita com equipamento manual ou mecânico. A desforma pode ser imediata, após a compactação.

A terra apropriada é arenosa (mais de 55% de areia). Enquanto a areia é responsável pela estruturação (resistência) do componente, a argila responde pela aglutinação ou coesão das partículas de terra, o que garante resistência inicial. A argila é também responsável pelo efeito de retração da terra, o que justifica o controle da sua fração na seleção da terra.

Resumidamente, a execução da parede de terra compactada com adição de cimento passa pelas seguintes etapas: 1) destorroar e peneirar a terra seca (malha de 5 mm); 2) adicionar cimento na proporção previamente estabelecida e misturar até obter coloração uniforme; 3) adicionar água aos poucos até atingir a umidade adequada para sua compactação, que pode ser determinada por teste expedito; 4) montar a fôrma, apoiando as extremidades das placas nas laterais na guia vertical e fixando as placas entre elas; 5) lançar e espalhar mistura em toda a extensão da fôrma, resultando uma camada com altura máxima de 20 cm; 6) aplicar golpes com o compactador de maneira contínua e distribuída por toda a superfície; 7) retirar as placas após o preenchimento com as diversas camadas de terra, devidamente compactadas; 8) preencher os furos deixados pelos fixadores com a mesma mistura.

O controle da compactação é expedito, baseado na mudança do som do compactador durante a aplicação dos golpes e no aparecimento de marcas do compactador na camada.

Para a taipa de terra com cimento, após a desforma e durante 7 dias consecutivos, pulverizar água para continuar o processo de hidratação do cimento (cura). Recomenda-se cobrir a taipa durante o período de cura para evitar perda de água.

Também é indicado cobrir ou envelopar a taipa de terra sem cimento para evitar a perda rápida da água e proteger sua superfície.

Para o acabamento final, recomenda-se a aplicação de produtos hidrofugantes e consolidantes que promovam a proteção da superfície contra umidade, a fixação das partículas superficiais e a durabilidade das paredes de taipa.

Contexto histórico

A taipa, ou taipa de pilão, termo que se adota no Brasil, é um dos mais significativos sistemas construtivos com terra. Inúmeros exemplos são encontrados por todos os continentes, com as mais diversas soluções construtivas e expressões estéticas. A taipa alcançou regiões da França (*pisé*), Alemanha (*stampflembau*), Inglaterra (*rammed earth*) e Península Ibérica. Hoffman, Minto e Heise (2011) citam as ruínas de Morro de Mezquitilla, a fortaleza em Baños de La Encina na Espanha e os remanescentes da cidade de Chan Chan no Peru, como exemplos de edificação de taipa. Além disso, somam-se os impressionantes *tulous* na China e, no Brasil, as diversas construções bandeiristas em época mais recente (século XVI-XIX).

No Brasil, a taipa foi estudada e registrada como expressão da prática de construção no período colonial e republicano, considerando as edificações bandeiristas como modelo e, principalmente as igrejas construídas neste período. As atividades do atual Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), criado em 1936, com levantamentos precisos e elaboração de instruções para manutenção, teve grande importância na história da taipa de pilão no Brasil.

Enquanto o IPHAN cuidava do patrimônio edificado com taipa de pilão, a partir da década de 1970 iniciaram-se propostas para desenvolvimento de sistemas construtivos ajustados às práticas atuais, considerando aspectos relativos à ergonomia, produtividade, custos e métodos de aceitação do produto. Em princípio, considerou-se a necessidade de reduzir a espessura das paredes de terra compactada, devido às dimensões dos lotes para construção habitacional popular na época e a disponibilidade da mão de obra (para grande volume de terra). O Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CEPED) optou pelo desenvolvimento do sistema construtivo de taipa com espessura reduzida (12 cm) e moldes leves, apropriados a programa de autoconstrução. Para isso, adotou a adição de cimento à terra, cujo material resultante atendia às exigências de resistência e durabilidade. O CEPED iniciou um extenso programa de pesquisa relativo ao estudo do material (solo-cimento), desenvolvimento de sistemas construtivos simplificados e transferência tecnológica (CEPED, 1984-2020).

Em sequência aos sistemas construtivos simplificados propostos por CEPED e outras instituições, surgiram propostas inovadoras de sistemas construtivos mecanizados já praticados em outros países, principalmente na Austrália. Diferentes empresas, escritórios de arquitetura e construtoras apresentam e desenvolvem propostas eficientes, projetos

arquitetônicos arrojados e procedimentos de execução mecanizados em substituição aos sistemas mais antigos.

Em janeiro de 2022, foi publicada a norma brasileira para taipa de pilão, que contempla aspectos das técnicas construtivas da terra, com e sem a adição de estabilizantes químicos tipo cimento (ABNT, 2022).

Referências

ABNT (2022). NBR 17014 Taipa de pilão – Requisitos, procedimentos e controle. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (1984-2020). Manual de construção com solo-cimento. Convênio CEPED/BNH/URBIS/CONDER/PMC/OEA/CEBRACE. São Paulo: ABCP. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/outras-publicacoes-tema-1/>

HOFFMANN, Márcio Vieira; MINTO, Fernando C. N.; HEISE, André Falleiros (2011). Taipa de pilão. In: Neves, Célia; Faria, Obede Borges (org.). Técnicas de construção com terra. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA. p. 46-61. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes-proterra/>



Figura 21 – Peneiramento de terra, apiloamento manual, fechamento da fôrma e paredes simples e curva com taipa de pilão da residência J e K, São Paulo (Autores: Matheus Petian Lima, Eduardo Salmar, João Marcuz)

Vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=Y10QhnXUYYI>

<https://www.youtube.com/watch?v=qKzxMCItAVI>

<https://www.youtube.com/watch?v=V7A-YdQw0eM>

<https://www.youtube.com/watch?v=V7A-YdQw0eM>

11. Telhado jardim

Sinônimos
**cobertura verde, telhado verde,
teto verde, cobertura viva**

Definição

Sistema de cobertura da edificação composta por estrutura, geralmente de madeira, membrana impermeabilizante, camada de drenagem e enchimento de terra com cobertura vegetal.



Figura 22 – Telhado jardim no Redário, Maranhão (Acervo TIBÁ Arquitetos)

Descrição do sistema construtivo

O telhado jardim é formado por várias camadas, cada qual com sua função. Minke (2004) indica, para a composição do telhado plano (até 3° de inclinação – 5%), as camadas de impermeabilização, proteção, drenagem, filtro, seguidas do substrato e, finalmente, da vegetação. O substrato, camada de terra suporte da vegetação, é a de maior massa e espessura e, por isso, deve ser considerada no cálculo estrutural da edificação. As camadas

de impermeabilização, proteção, drenagem e filtro respondem pela integridade e estanqueidade da cobertura. A camada de vegetação, que responde pela operacionalidade do sistema e pela sua beleza, requer a seleção de espécimes responsáveis pela vitalidade do telhado jardim. Segundo Bastos (2007), a escolha das espécies depende do modelo do telhado jardim, profundidade do substrato, resistência às condições climáticas e pluviométricas e do custo de manutenção.

Para o telhado jardim levemente inclinado (entre 3° e 20° -5% a 36%), não é necessária a execução da camada de drenagem, uma vez que o substrato, com partículas de granulação grossa, pode armazenar e desviar a água em excesso. A própria inclinação dos telhados mais inclinados contribui para sua estanqueidade. Para telhados com inclinação superior a 20%, devem-se adotar medidas que impeçam o deslizamento do substrato. Minke (2004) chama a atenção para cuidados relativos a colocação da membrana impermeabilizante ou de perfuração das raízes nas extremidades (bordas) e no trespasso em áreas extensas.

A cobertura de terra e vegetação pode ser classificada como intensiva e extensiva. A intensiva caracteriza-se por uma estrutura pesada, com espessura superior a 20 cm, ampla variedade de vegetação, necessidade de irrigação e manutenção constante; a extensiva, mais leve, conta com espessura inferior a 10 cm, cobertura vegetal simples de forração e sensível a águas pluviais provenientes de chuvas com grande intensidade.

Sampaio e Pinto (2018), durante o programa de capacitação de mão de obra no assentamento Roseli Nunes, optaram pelo uso de madeira local para vigas, forro e beiral. Para impermeabilização do forro, foi colocada uma manta geotêxtil fina que também protege contra a ação de qualquer material agressivo ou pontiagudo; sobre esta, instalou-se uma lona tipo leve para carga de 300 micra de espessura e lona tipo UV, usadas para estufa na agricultura; concluída essa etapa, foi colocado uma lona de PVC reciclado antirraízes, garantindo assim a impermeabilização e segurança do sistema. Para a drenagem do excesso de água na cobertura, foram utilizados quatro flanges de 50 mm nas laterais, no sentido do caimento do forro, na ordem de 1% (menor que 3°). Foi usado um substrato preparado pela comunidade local e plantas rasteiras nativas retiradas do próprio local da obra, como exemplo as espécies: onze-horas (*Portulaca grandiflora*), beldroega (*Portulaca oleracea*), que são floridas e bastante resistentes à seca, obtendo assim um telhado jardim bastante original.

Contexto histórico

O telhado jardim conta com o exemplo histórico dos gloriosos e famosos jardins suspensos da Babilônia, os quais foram supostamente criados por volta de 600 a.C. às margens do rio Eufrates, atual região do Iraque.

Minke (2004) ressalta que esta forma de cobertura foi encontrada tanto em clima frio, Islândia, Escandinávia e Canadá, por exemplo, como em clima tropical. Consistindo em duas ou três camadas de turfa apoiadas em galhos e cobertas por tapete de grama, a impermeabilidade da cobertura é garantida pela inclinação e absorção de água pela turfa.

Atualmente, tem-se em conta que a cobertura de terra e vegetação, entre as diversas vantagens, moderam significativamente as variações de temperatura entre os ambientes interno e externo da edificação, promovem isolamento acústico, conforto térmico, retenção pluvial, proteção contra incêndio, beleza e bem-estar às pessoas graças à integração com a paisagem.

No Brasil, a cultura construtiva do telhado jardim é recente, e já se encontram vários exemplos, principalmente na busca por implantar procedimentos sustentáveis nas edificações. Como exemplo marcante, em contexto urbano, tem-se o Shopping Eldorado em São Paulo que, em 2012, aceitou o desafio de dar destino ecologicamente correto ao lixo orgânico desenvolvendo usina de compostagem, coleta seletiva, reuso de água e telhado jardim com plantio de hortas. Outro exemplo já clássico na cidade de São Paulo é o Edifício Matarazzo, construído na década de 1930, em cuja cobertura há uma verdadeira floresta, com árvores de grande porte. Em 2022, a prefeitura de Porto Alegre publicou uma lei dando incentivos fiscais (redução de IPTU) para edificações que adotam dispositivos e sistemas mais sustentáveis, dentre eles os tetos verdes.

A bibliografia sobre o tema é escassa, principalmente relativa aos procedimentos para sua execução. Bohadana (2007) trata de telhados jardins em geral, Minke (2004) oferece um manual com importantes detalhes e Sampaio e Pinto (2018) relatam sua experiência durante a realização de um programa de capacitação.

Referências

BASTOS, Sueynne M. S. L. (2007). Seleção de plantas para uso em telhados verdes extensivos na Zona da Mata de Pernambuco. Dissertação, Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 50 p.

BOHADANA, Ingrid Pontes Barata (2007). Avaliação de habitação de interesse social rural, construída com fardos de palha, terra e cobertura verde, segundo critérios de sustentabilidade. Dissertação, Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 178 p.

MINKE, Gernot (2004). Techos verdes: planificación, ejecución, consejos prácticos. Montevideo: Fin de Siglo. 86 p.

SAMPAIO, Ana Laura L.; PINTO, Dilênia A. L. (2018). Programa de capacitação de mão de obra no assentamento Roseli Nunes em Mato Grosso. TerraBrasil 2018. Disponível em: <http://redeterrabrasil.net.br/publicacoes/>



Figura 23 – Execução do telhado jardim da edícula do Sítio São Pedro, Ceará (Autor: Márcio Holanda)

Vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=uaB39YcJgLQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=zEakJ1tYaCA>

12. Terra ensacada

Sinônimos
earthbag, sandbag

Definição

Terra compactada ou adensada, contida em “sacos” contínuos ou individuais que, em fiadas, formam elementos verticais ou elementos em forma de arco, tais como abóbadas ou cúpulas.



Figura 24 – Terra ensacada na Escola Mustardseed, Uganda (Acervo Will Boase Photography)

Descrição do sistema construtivo

O termo terra ensacada engloba todas as técnicas construtivas que usam sacos como fôrmas para conter a terra antes, durante e após a compactação. O processo construtivo é relativamente simples e consiste em preencher sacos (individuais ou contínuos) com terra (estabilizada ou não) e compactá-los onde se deseja formar o elemento construtivo. Dependendo do tipo de saco e do projeto, é recomendado o uso de arame farpado entre as fiadas, para evitar o deslizamento entre elas e aumentar a resistência à tração, principalmente na construção de abóbadas e cúpulas.

Considerando que um número significativo de edificações com terra ensacada no Brasil são construções autônomas, feitas por auto construtores, não dispõe de instruções formais para sua execução. Os procedimentos descritos sobre terra ensacada baseiam-se nas experiências e relatos de construtores.

Os sacos plásticos, principalmente os de propileno e o de polietileno, são os mais utilizados, por sua resistência, durabilidade e padronização. Os sacos de polipropileno tecido (PP-T) são impermeáveis, resistentes a enchentes e o sistema construtivo aceita o uso de terra com composição granulométrica e umidade variadas, mas geralmente é recomendado o uso do arame farpado entre as fiadas, a eliminação por queima das partes aparentes dos sacos após a conclusão da parede e o uso de telas para fixação do reboco.

Os sacos de polietileno com malha Raschel (PEAD-MR), apesar de mais restritos quanto à composição granulométrica e umidade da terra, não requer o uso de arame farpado entre fiadas, nem a eliminação das partes aparentes dos sacos ou o uso de tela para aplicação do reboco. Sampaio (2022) lembra que a parede de terra com sacos de polietileno é permeável, necessitando de impermeabilização nas faces externas das paredes e áreas molhadas.

Santos (2005) cita que o solo ideal para o preenchimento deve ter até 30% de argila. Os aglomerantes são necessários para estabilizar a terra das fundações, cintas de amarração, domos, arcos e vergas; nas paredes, a estabilização química é fundamental para solos com menos de 5% de argila.

Em terreno estável e bem drenado, as fundações de edificações de um ou dois pavimentos podem ser tipo sapata corrida preenchida com terra ensacada, geralmente com parte acima do nível do terreno. Sobre o cordão isolante, inicia-se a colocação do saco com terra para execução das paredes no formato, retilíneo ou curvo, conforme definição no projeto. A execução de paredes consiste em colocar e compactar os sacos em fiadas umas sobre as outras até atingir o pé direito desejado. Os sacos individuais devem ser alocados com juntas

amarradas (desencontrados) em relação aos da fiada anterior. Os sacos contínuos devem ser alocados de maneira alternada nas quinas e deve-se evitar que as emendas fiquem alinhadas verticalmente.

As aberturas podem ser feitas com vergas em arco ou retilíneas.

As tubulações podem ser colocadas também entre as fiadas, ou seja, no interior da parede, mas o mais recomendável é que sejam dispostas na face interior das paredes, e acomodadas na posição da junção entre os sacos e cobertas com o reboco.

O processo para preenchimento dos sacos e compactação da terra conta com inúmeras opções, invenções e adaptações.

Contexto histórico

O sistema construtivo denominado terra ensacada, destinado originalmente a proporcionar abrigos de construção rápida, evoluiu da construção de “bunkers” militares e diques temporários. Os registros mais antigos sobre o uso da terra ensacada para abrigo humano datam do início do século XX como abrigos militares na França (1916) e na Coreia (1955). Santos (2015) cita o uso desta técnica nos Estados Unidos no início da década de 1960 com o nome de *stack-sack* (sacos empilhados), e reporta pesquisas realizadas no final da década de 1970 na Universidade de Kassel que resultaram em protótipos construídos com “mangueiras cheias de barro”. No Brasil, na década de 1980, a terra ensacada estabilizada com cimento foi largamente utilizada em Juiz de Fora (MG) para proteção de taludes e cabeceiras de pontes.

A popularização da terra ensacada deve-se, no entanto, ao arquiteto iraniano Nader Khalili. Nos anos 1980, Khalili propôs a execução de abrigos temporários para refugiados, utilizando sacos longos de polipropileno tecido (PP-T), em forma de tubo, entremeados com arame farpado (*sandbag*), popularmente conhecido como “superadobe”. Santos (2015) ressalta que, principalmente no Brasil, as inovações propostas por Khalili alinhou competência técnica, formas orgânicas e um forte senso de espiritualidade, transformando a terra ensacada em um símbolo de ideologia de sustentabilidade, de filosofia de vida, e em um dos carros-chefes dos cursos de permacultura.

Em 2006, o engenheiro brasileiro Fernando Pacheco propôs a utilização de sacos longos de polietileno de alta densidade em malha Raschel (PEAD-MR), cuja mudança permitiu a redução do uso de plástico, bem como a dispensa do arame farpado e proporcionou melhor fixação do reboco. Este sistema construtivo foi “batizado” como “hiperadobe”. O mesmo

arquiteto propôs o uso destes sacos menores com a terra compactada antes de ser instalado na parede e “batizou” como “brickeradobe”.

Prompt (2012) comenta que a terra ensacada resulta em paredes espessas que ocupam áreas maiores em relação a outras técnicas, cujo fato poderia ser restritivo em meio urbano, mas não representaria obstáculos para as edificações construídas nas propriedades em área rural. Entre as vantagens desse sistema, destaca-se o efeito estético particular e único, assim como a facilidade de se executar paredes em formatos orgânicos e sua capacidade autoportante. Como desvantagem, destaca-se a queima e o uso de arame farpado para determinado tipo de saco plástico, e a necessidade de vergas devidamente estruturadas.

Santos (2005) comenta que os trabalhadores consideraram a técnica de fácil apreensão, rápida, mas muito exigente em termos de esforço físico, restringindo sua execução de forma artesanal a situações em que se conte com muitas pessoas, bastante tempo ou com uma equipe com grande preparo físico.

Os termos adotados para as variações da terra ensacada, cuja técnica não guarda relação ou superioridade com o adobe, são inoportunos, pois se reportam à depreciação do adobe tradicional, acrescentando-lhe prefixos superlativos (super e hiper). Em suma, tratam-se de técnicas distintas: na terra ensacada, a terra é empregada com baixo teor de umidade e é adensada por compactação *in loco*; no adobe, a terra é modelada em estado plástico e o adensamento se dá naturalmente com a secagem, produzindo componentes para alvenaria, que podem ser armazenados e transportados. A comunidade científica, dedicada à arquitetura e construção com terra, tem combatido o uso dos nomes populares inadequados adotados em trabalhos científicos, sem se pronunciar contrária ao seu uso no contexto comercial ou privado.

Referências

PROMPT, Cecília (2012). Arquitetura de terra em unidades agrícolas familiares: estudo de caso no oeste catarinense. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. 171 p.

SAMPAIO, Ana Lígia (2022). Proposta de sistema construtivo em terra ensacada com incorporação de manipueira em substituição à água. Dissertação, Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 151 p.

SANTOS, Clarissa Armando dos (2015). Construção com terra no Brasil: panorama, normatização e prototipagem com terra ensacada. Dissertação, Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis 290 p.



Figura 25 – a) Escola Mustardseed construída com terra ensacada, Uganda (Acervo Will Boase Photography); b) Terra ensacada na Casa Viva, Minas Gerais (Acervo Biohabitate); c) Cidade Escola Ayni com paredes de terra ensacada, Rio Grande do Sul (Acervo Biohabitate)

Vídeo

<https://www.youtube.com/watch?v=C7HJd9b-mwQ&list=PLeKA8J79SG-o9MJ3Vjeq2o5c6kfanFIZo&index=7>

13. Torrão

Sinônimos

torrão de terra, bloco de pasto, torrão de leiva

Definição

Sistema construtivo cujas paredes são executadas com bloco de terra recortados do terreno já naturalmente compactado e com gramíneas.



Figura 26 – Casa de torrão (Acervo Sod House Society)

Descrição do sistema construtivo

Basicamente, são dois sistemas construtivos com torrão: o de parede portante e o de parede não portante, com instalação de pilares de madeira nos cantos de forma a fixar a cobertura.

Os torrões, geralmente paralelepípedos, são extraídos no nível da superfície do terreno como pasto previamente cortado a fim de facilitar o corte. As quatro faces laterais do torrão são cortadas na vertical com uma pá quadrada (de corte ou vanga) e o torrão é arrancado do terreno com um movimento de alavanca com a própria pá. O torrão é virado para baixo, com as raízes para cima, retirando os excessos com a pá para deixar as faces superior e inferior paralelas. Devem ser cortados apenas os torrões que serão assentados no mesmo dia.

Executada a fundação, inicia-se o assentamento dos torrões ao longo da parede. Os torrões são colocados um ao lado do outro e fiada sobre fiada sem argamassa de assentamento. Segundo Bayer (2010), os torrões poder ser dispostos face a face (pasto com pasto, ou terra com terra) ou alternadamente, pasto com terra e, no máximo, quatro fiadas por dia. Viñuales (2003) comenta que os torrões devem ser colocados com as raízes na face superior e o pasto na inferior de modo a interromper o crescimento da vegetação.

Durante a execução da parede, deve-se deixar vãos livres para posterior instalação das esquadrias, colocando vergas de madeira para sustentar as fiadas de torrões superiores. A espessura da parede é de 60 cm desde a base até o nível da verga e de 40 cm após a verga.

Bayer (2010) recomenda deixar as tubulações hidráulicas aparentes a fim de evitar eventuais fugas de água para o interior da parede; as tubulações elétricas podem ser embutidas ou aparentes.

As paredes de torrão devem receber revestimento e pintura.

Contexto histórico

O sistema construtivo com torrão foi utilizado em distintos lugares do mundo. As construções mais antigas encontradas datam do século V até o século XV localizadas entre a Rússia e Polônia, além de registros em Dinamarca (fortaleza de Solvig, século XIV), Suécia, Noruega, Holanda, Alemanha e Inglaterra.

Segundo Alderton (2003), os colonizadores e imigrantes europeus disseminaram o sistema construtivo, alcançando a Austrália, Nova Zelândia, Índia, Líbia, Burkina Faso e diversos países no continente americano. Viñuales (2003) comenta que o uso do torrão se estende em diferentes regiões como a zona andina, que recebe o nome de *champa* ou *chamba*, *terrón* na região rioplatense que se estende para as ilhas Malvinas, o Caribe e chega até às Filipinas. São interessantes os *putucos de champa* encontrados no altiplano; enquanto na Bolívia os *putucos* têm planta circular e cobertura de material vegetal em forma de cúpula, no Peru, além da planta quadrada ou retangular, usam-se tetos cônicos ou piramidais construídos também com *champa*.

O sistema construtivo recebe diferentes nomes, tais como *tepe* em Bolívia, *tepetate* no México, *gazon* na França, *sod* na Irlanda e *soddies* nos Estados Unidos, *mergel* nos Países Baixos e *turf* na Grã-Bretanha, entre outros. Viñuales (2003) também chama atenção para o uso do bloco cortado de solos vulcânicos, geralmente em jazidas, sem pasto, mais

resistentes e pesados. Este sistema construtivo recebe o nome de *cangahua* ou *cancagua* e é encontrado especialmente no Chile, Bolívia e Equador.

O resgate do torrão inicia, indubitavelmente, no Uruguai no início da década de 1990, com as primeiras obras de Alderton (2003), que declara se tratar de um sistema construtivo simples, rápido e isolante, cuja estética evoca a imagem do “rancho” tradicional uruguaio, resultado da influência da habitação rural ibérica, principalmente espanhola, e de construções de indígenas locais.

Logo outros profissionais uruguaio dedicaram-se à construção com torrão. Em 2012, foi criado o projeto *enterrón* motivado por estudantes e professores interessados em realizar atividades para o resgate cultural. A prática, obra-escola, teve como objetivo a execução de um refúgio de campo, cuja experiência resultou a publicação como um manual sobre o sistema construtivo (Ferreiro e outros, 2014).

No Brasil, as construções existentes com torrão de leiva localizam basicamente no Estado do Rio Grande do Sul nas proximidades do Uruguai. As primeiras construções com torrão aconteceram no município de Aceguá, ainda no tempo do Império, durante o período beligerante de estabelecimento das fronteiras e construções de ranchos posteiros. Bayer (2010) comenta que existem ranchos de torrão em comunidades de Aceguá construídos há cerca de 35 anos, edificadas com o saber popular. Weimer (2012) relata uma edificação construída no Rio Grande do Sul por indígenas. Em 2009, no assentamento Vista Alegre/Tamoio no Município de Herval foram construídas duas habitações com as paredes externas com torrão de leiva em regime de mutirão (Prudente e outros, 2018).

Referências

- ALDERTON, Cecília (2003). Bioconstrucción: construcción con materiales naturales. Técnica terrón. In: Alternativas a la ocupación: arquitecturas en tierra Seminario Taller, 6. Montevideo. Montevideo: PROTERRA/CYTED/HABITERRA; Facultad de Arquitectura UDELAR. Disponível em: <https://redproterra.org/pt/publicacoes-proterra/>
- BAYER, Ana Paula (2010). Proposta de diretrizes para o desenvolvimento da arquitetura em terra no Rio Grande do Sul, a partir da interpretação de estratégias uruguaioas. Dissertação, Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 169 p.
- FERREIRO, Alejandro; MESONES, Jessica; MEYNET, Andrea; MUÑOZ, Nadia; PALUMBO, Bruno; RADI, Catalina; VÁZQUEZ, Gabriela (2014). Construir con terrón: de la tierra a la experiencia Montevideo: MEC. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/outras-publicacoes-tema-1/>
- PRUDENTE, Letícia T.; RIPOLI, André C.; COSTA, Fernando C. (2018). Parede de torrão de leiva de grama. Resgate de técnica autóctone. TerraBrasil 2018. Disponível em: <http://redeterrabrasil.net.br/publicacoes/>
- VIÑUALES, Graciela (2003). Otros sistemas. In: Viñuales, Graciela (compiladora); Neves, Célia; Flores, Mario; Ríos, L. Silvio, Arquitecturas de tierra en Iberoamérica. Habiterra/Proterra/ Habyted/Cytet. p. 73-89. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/publicacoes-proterra/>
- WEIMER, Gunter (2012). Arquitetura popular brasileira. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes.



Figura 27 – Casa de torrão (Fonte: Pioneer Sod House)

Vídeo

<https://www.youtube.com/watch?v=WpvXRpFs4pw>

Contracapa

Apoios:



Rede Brasileira de Arquitetura e Construção com Terra
<https://redeterrabrasil.net.br/>

mapadaterra
<https://mapadaterra.org/>

ISBN código de barras