

BIOCONSTRUÇÃO: COMPARATIVOS ENTRE OS SISTEMAS DE VEDAÇÕES E COMO AS DECISÕES DE MATERIALIDADE IMPACTAM NO PROJETO ARQUITETÔNICO

Heloísa Ladeira Teixeira (IC) e Sásquia Hiruzu Obata (Orientadora)

Apoio: Santander

RESUMO

A presente pesquisa é constituída por análises bibliográfica do uso da terra, bambu, pedra e madeira na arquitetura, além de um embasamento teórico no campo da ética ambiental como justificativa para o estudo de materiais naturais e sustentáveis. Tais análises são acompanhadas por conhecimentos adquiridos durante vivências e cursos de bioconstrução e possuem como resposta tabelas comparativas dos materiais abordados.

Palavras-chave: bioconstrução, arquitetura, sustentabilidade.

ABSTRACT

The current essay consists in literature review about the soil, bamboo, stone and wood usage in architecture, in addition to a theoretical basis in the field of environmental ethics, as a study justification of natural and sustainable materials. Such review is accompanied by knowledge acquired during bioconstruction experiences and courses, resulting in the comparative spread sheets of the studied materials.

Keywords: bioconstruction, architecture, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação da sociedade com a degradação do meio ambiente trouxe à tona um modo construtivo utilizado desde os primórdios da humanidade: a bioconstrução. A bioconstrução trata-se da arte de construir utilizando o máximo possível de recursos naturais e levando em consideração todo o impacto ambiental gerado pela construção – desde o transporte de materiais até o descarte de resíduos.

Uso de matérias-primas, recicladas ou naturais, disponíveis no local da obra; gestão e economia de água tais como reuso ou aproveitamento da água da chuva; fontes alternativas de energia como aquecimento solar ou energia eólica; coleta seletiva e reciclagem de lixo; técnicas construtivas baseadas na utilização do barro, palha ou bambu. A bioconstrução abrange uma série de tecnologias e a viabilidade ecológica, econômica e social de sua aplicação depende, principalmente, da avaliação do local da obra. (CANTARINO, 2006).

Uma bioconstrução baseia-se no uso de diversos materiais, dentre eles os principais são a terra (adobe), pedras, bambu e outros tipos de madeira. A escolha do tipo de material depende de diversos fatores como, por exemplo, a disponibilidade do material acerca do local da obra – evitando gastos e poluição com o transporte –, fatores bioclimáticos – considerando insolação, ventilação, chuvas, etc –, partido arquitetônico desejado ao projeto e funcionalidade da obra.

A terra é o material de construção mais importante e abundante na maior parte do mundo e pode ser obtida facilmente quando as fundações são escavadas. Nos países desenvolvidos a desmedida exploração dos recursos naturais e os sistemas de produção focados apenas no capital e na energia só geram desperdícios que contaminam o meio ambiente. Nesses países a terra tem ressurgido como material de construção (MINKE, 1994). As construções feitas em adobe, além de possuírem um ótimo isolamento termoacústico, também um ambiente saudável por conta da pouca variação de umidade, já que a terra consegue absorver e devolver a umidade do ar, e são mais econômicas em comparação com outros materiais de construção. Por outro lado, a terra não é um material impermeável e contrai quando seca, devido à evaporação da água, causando fissuras nas paredes das construções.

As construções em terra se dividem em cinco principais tipos: alvenaria de adobe, superadobe e hiperadobe, cob, taipa de pilão e a terra utilizada como forma de vedação/reboco para construções de outros materiais – no caso do pau-a-pique. A alvenaria de adobe consiste na construção de tijolos ou blocos de adobe que depois serão empilhados formando as paredes da construção (AZEVEDO, 2010). Já nas construções de superadobe e hiperadobe sacos de polipropileno, no caso do superadobe, e Raschel, no caso do hiperadobe, são preenchidos com o solo argiloso e, então, moldados in-loco. Nas construções em cob, as paredes da casa são esculpidas manualmente, moldando aberturas e até mesmo prateleiras da forma desejada. No pau-a-pique a terra é utilizada como forma de vedação numa parede estruturada por ripas de madeira ou bambu.



Figura 1



Figura 2

Figura 1: Residência Rosales feita com alvenaria de adobe e base de alvenaria de pedras, em Morelos, México, feita pelo arquiteto Israel Espin em 2018. Foto por Francisco Mosqueda (Fonte: ArchDaily, 2018)

Figura 2: Moon House feita em superadobe, em Jericho, Palestina, feita pelo escritório ShamsArd em 2013. Foto por Emily Harris. (Fonte: NPR.org, 2014)

O mais comum, na verdade, é se encontrar construções que utilizem um sistema misto para que seja possível se beneficiar das vantagens de mais de um material. Nas construções em adobe, por exemplo, é comum o uso de uma base de alvenaria de pedras (figura 1) para que a umidade proveniente da terra não chegue até o adobe, já que as pedras são impermeáveis. O bambu também é muito utilizado no sistema de pau-a-pique, funcionando como uma trama estrutural interna da parede, que é revestida por terra.



Figura 3



Figura 4

Figura 3: Corte do bambu para trama de pau-a-pique, em Piracaia, São Paulo, Brasil. (Fonte: fotografia autoral, 2019).

Figura 4: Reboco da trama de bambu-a-pique com terra, em Piracaia, São Paulo, Brasil. (Fonte: fotografia autoral, 2019).

O bambu é extremamente versátil e pode ser utilizado como estrutura e vedação, além de também ser muito eficiente para a criação de mobiliário e utensílios.



Figura 5



Figura 6

Figura 5: La Ceiba, construção que utiliza bambu para estruturação da cobertura, em Chipas, México, pela arquiteta Lucila Aguilar em 2016. Foto por Lucila Aguilar (Fonte: ArchDaily, 2018).

Figura 6: Centro Comunitário que utiliza bambu para construção das paredes, em Guadalajara, México, feito por diversos voluntários do local em 2013. Foto por Pedro Bravo (Fonte: ArchDaily, 2015).

A madeira é utilizada tanto na construção convencional quanto na bioconstrução, porém de formas diferentes. Na bioconstrução a madeira é mais ser utilizada como pilares e vigas e de forma mais rústica, natural, recebendo apenas o tratamento necessário para não apodrecer, porém mantendo a sua forma orgânica natural. Já a construção convencional costuma utilizar a madeira aparelhada (ou beneficiada), que é a madeira já trabalhada, cortada e lixada com uma forma geométrica bem definida, transformando-se em pilares e vigas de perfil redondo, quadrado ou retangular, pisos, painéis ripados e muitas outras coisas.



Figura 7



Figura 8

Figura 7: Casa em Ananda Kiirtana, Juiz de Fora – MG, em construção com estrutura de eucalipto e paredes de pau a pique. (Fonte: Kickante, 2016).

Figura 6: Casa Grelha, localizada na Serra da Mantiqueira, feita pelo escritório FGMF, representando o uso de madeira na construção convencional (Fonte: ArchDaily, 2007).

As construções em alvenaria de pedra remetem às primeiras construções humanas, tendo perdurado ao longo dos séculos até aos dias atuais graças à sua resistência, durabilidade e vasta disponibilidade em diversas regiões do planeta, entretanto, seu uso caiu muito atualmente por conta da falta de mão-de-obra capacitada para construções deste tipo. Apesar de ainda ser utilizada em países como Portugal e Escócia, no Brasil o uso da pedra na arquitetura atualmente tem se restringido à pisos e revestimentos. Na bioconstrução a pedra pode ser utilizada de diversas formas, como vedação, estrutura e fundação.



Figura 9



Figura 10

Figura 9: Paraty Guest House, projetado pelo escritório CRU! Architects em Paraty. Casa feita de taipa de pilão, estrutura de bambu e fundação de pedra. (Fonte: ArchiDaily, 2017).

Figura 10: Casa antiga feita de pedras no Parque Nacional do Alvão, em Vila Real, Portugal (Fonte: fotografia autoral, 2019).

Apesar de todo o crescente número de pesquisas acerca da bioconstrução, arquitetura sustentável e uso de materiais naturais, não existe, até hoje, algum estudo capaz de comparar e elencar os principais materiais naturais utilizados na construção civil atualmente, analisando-os e evidenciando as vantagens e desvantagens de cada um.

2. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO

Esta pesquisa tem por objetivo geral apresentar o comparativo entre os principais sistemas bioconstrutivos de instalações e vedações seguindo revisão bibliográfica para levantar fatores de decisão que podem impactar no projeto arquitetônico.

3. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Primeiramente foi definida uma base teórica e empírica de estudos e vivências acerca do assunto para elencar os quatro principais materiais da bioconstrução, seus usos, pontos positivos e negativos. Cada um destes estudos foi separado por material e tecnologias, servindo de base para a conclusão do projeto que se deu por meio de uma tabela comparativa de todos os materiais.

4. PROBLEMA E PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Ao longo da história, a intensificação dos processos de desenvolvimento econômico e industrial modificou definitivamente diversas sociedades e marcou a necessidade de introdução de mecanismos regulatórios ambientais mais efetivos. Após a Segunda Guerra Mundial, testemunhou-se uma explosão de novas tecnologias e o surgimento de uma cultura

eminentemente urbana, centrada no uso do automóvel e de diversos outros mecanismos voltados ao incremento de uma determinada noção de conforto e bem estar individual. Nesse cenário, estimulou-se a criação de novas demandas de mercado e a sedimentação de um padrão de vida baseado numa sociedade em que tanto a produção quanto o consumo são massificados. A expansão dos mercados e o desenvolvimento de novos bens - e, paralelamente, de renovadas necessidades - foram constantemente reforçados por meio da inovação tecnológica de uma mentalidade racionalista que valoriza a ideia de um impossível progresso linear infinito (LOURENÇO, 2019).

[...] ênfase conferida aos produtos petroquímicos, incluindo plásticos, pesticidas, aditivos alimentares, detergentes e solventes. A sociedade que emerge desse modelo de crescimento se tornou, nesse sentido, não só "plastificada", como também largamente dependente da energia elétrica e do transporte automotivo (LOURENÇO, 2019).

Começaram, então, a surgir cada vez mais situações emergenciais relacionadas à degradação ambiental, que deram fim ao mito de uma natureza inesgotável. Talvez a palavra "crise" – muitas vezes utilizada para designar a atual “crise ambiental” – seja inapropriada, pois tradicionalmente carrega o sentido de evento imprevisível e temporário, características que definitivamente não fazem parte desse estado de coisas, razão pela qual se entende ser mais pertinente falar em colapso ambiental. Em meio ao caos, gradativamente vem surgindo uma tomada de consciência por parte do público no sentido de que o meio ambiente representa um sistema vivo, interligado, e não um mero estoque de commodities (LOURENÇO, 2019).

Segundo Lourenço (2019), tudo que é humano é ecológico, e tudo que é ecológico é humano. A demarcação de uma fronteira nesse ponto inaugura a própria crise ambiental que separa sujeito e objeto, homem e natureza. Uma pressuposição de que o homem está deslocado, apartado hierarquicamente da natureza, daí o porquê de sua intervenção produzir algo que supostamente não é natural, que não é dado, mas, ao contrário, processado, manufaturado, produzido e obtido por meio da técnica. A maior parte dos seres humanos modernos não se sente totalmente à vontade no ambiente natural. Por conta disso, desejam humanizar a natureza por meio da ciência e tecnologia. Esse processo de humanização do que é natural torna a natureza um artefato, algo obsoleto e incômodo que deve ser substituído.

Podemos citar dois exemplos práticos sobre a mencionada separação: quando castores represam um rio para construir seus diques, produziram algo natural; quando são homens que realizam a mesma conduta, isso é tido como artificial; ou, ainda, quando pássaros nidificam nas árvores estariam agindo naturalmente (o ninho integraria os processos naturais esperados para a reprodução de aves), mas, quando são seres humanos que

constroem suas casas, estariam atuando sobre o mundo natural de forma artificial (casas fazem parte de um meio ambiente artificializado, descaracterizado pela intervenção humana) (LOURENÇO, 2019).

A bioconstrução vem como resposta a essas questões expostas por Lourenço (2019) tanto na questão da não degradação ambiental quanto na reconexão com a natureza. Na bioconstrução a preocupação ecológica está presente desde sua concepção até sua ocupação, buscando o máximo aproveitamento dos recursos produtivos disponíveis com o mínimo impacto ambiental possível. O tratamento e reaproveitamento de resíduos, coleta de águas pluviais, uso de fontes de energia renováveis e não poluentes, aproveitamento máximo da iluminação natural em detrimento da artificial, são exemplos de preocupações na concepção desses projetos.

A pesquisa proposta se justifica e tem sua importância por buscar análises que integrem as fases de concepção, projeto e obra. Diz-se por integração na forma que buscará responder com parâmetros de decisão sobre a materialidade bioconstrutiva a partir de obras que estejam referenciadas em bibliografia e construídas. Assim e a partir das análises dos projetos buscar parâmetros relacionais.

Portanto, os resultados que se pretendem obter a partir de estudos de obras bioconstrutivas poderão colaborar para melhores escolhas das materialidades e/ou para se distinguir possíveis diretrizes projetuais, podendo, assim, difundir o uso da bioconstrução. Bem como, espera-se apresentar a partir das referências e citações os parâmetros de escolhas e decisões pelas tecnologias e materialidades bioconstrutivas, o que significa um cadastramento de revisão teórica quanto aos fatores de sua utilização.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Teixeira (2006), no artigo *“Painéis de bambu para habitação econômica”*, foi nos últimos anos, o homem começou a tomar ciência dos efeitos que seu modo de vida pode causar ao meio ambiente. São inúmeros os impactos ambientais negativos causados à natureza em todo o planeta, que são evidenciados através do aumento da temperatura, do degelo das calotas polares, da poluição dos meios aquáticos e atmosféricos, da degradação dos solos, da degradação das áreas florestais, da extinção de espécies animais e da redução das reservas de águas potáveis no planeta. Este artigo, além de colaborar para o entendimento dos impactos ambientais causados pelo homem, também aborda a questão do déficit habitacional e como a bioconstrução pode ser uma solução, além de conter especificações detalhadas sobre painéis de bambu e seu uso na construção.

Atualmente o concreto é um dos materiais mais utilizados para construção civil no Brasil que cresce cada vez mais e, no artigo *“Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias primas do concreto produzido na região norte do Rio Grande do Sul”*

de Santoro (2016), esta consciência ecológica em franco crescimento, seja espontaneamente ou por força da legislação, tem feito com que surjam novas técnicas de análise que buscam auxiliar a construção de modelos de avaliação ambientalmente mais sustentáveis, ou seja, que minimizem os impactos produzidos no meio ambiente. Para John (2007) em *“Levantamento do Estado da arte: seleção de materiais”*, os impactos ambientais do fluxo de materiais na produção do ambiente construído são evidentes, sendo que a construção de edificações consome até 75% dos recursos extraídos da natureza, com o agravante que a maior parte destes recursos não é renovável. A extração, produção, transporte e utilização dos materiais contribuem de forma significativa para a poluição do planeta. Este artigo de John nos mostra os sistemas de avaliação ambiental e cataloga o impacto ambiental causado por diversos dispositivos.

Minke (1994) em *“Manual de Construcción en Tierra”*, detalha o passo a passo das construções com terra, contrapondo vantagens e desvantagens e fornecendo dados técnicos a respeito da terra que deve ser utilizada nas construções e como proceder o tratamento da mesma. Minke ainda faz um breve histórico do uso de terra nas construções e conta que quase todos os climas seco e semiáridos do mundo, a terra foi o material de construção predominante. Ainda na atualidade um terço da humanidade vive em casas de barro e nos países em desenvolvimento está presente em mais da metade. Não tem sido possível resolver a alta demanda por habitação nos países em desenvolvimento com materiais industrializados como ladrilho, concreto e aço. Não existe no mundo a capacidade produtiva e financeira para se satisfazer essa demanda. As necessidades de habitação em países em desenvolvimento só poderão ser supridas utilizando materiais de construções locais e técnicas de autoconstrução.

Cantarino (2006) escreve o artigo *“Bioconstrução combina técnicas milenares com inovações tecnológicas”*, que é de grande importância para este projeto, e nos mostra que os princípios de sustentabilidade cada vez mais orientam a construção civil, considerado um dos setores que mais causa impactos no meio ambiente devido ao alto consumo de materiais, energia e geração de resíduos. Cantarino também diz que as empresas têm investido na chamada responsabilidade ambiental e muitas delas estão se especializando em bioconstrução, uma modalidade da arquitetura e da construção civil cujo princípio é reunir tecnologias milenares e inovativas para garantir a sustentabilidade não só do processo construtivo, mas também do período pós-ocupação de casas e apartamentos. O uso de matérias-primas, recicladas ou naturais, disponíveis no local da obra; gestão e economia de água tais como reuso ou aproveitamento da água da chuva; fontes alternativas de energia como aquecimento solar ou energia eólica; coleta seletiva e reciclagem de lixo; técnicas construtivas baseadas na utilização do barro, palha ou bambu. A bioconstrução abrange uma série de tecnologias e a viabilidade ecológica, econômica e social de sua aplicação depende, principalmente, da avaliação do local da obra.

6. METODOLOGIA DE ANÁLISE

Neste projeto serão estudadas quatro tecnologias construtivas: terra, pedra, bambu e outros tipos de madeira e, para cada uma delas, serão utilizados os seguintes procedimentos de análise:

1. Levantamento de referencial teórico
2. Análise do material
 - a) Desempenho termoacústico
 - b) Métodos construtivos possíveis
 - c) Facilidade construtiva
 - d) Aplicabilidades
3. Discussão dos dados coletados
4. Comparativo detalhado dos quatro materiais

6.1. TERRA

De acordo com Minke (1994), em quase todos os climas seco e semiáridos do mundo, a terra foi o material de construção predominante. Ainda na atualidade um terço da humanidade vive em casas de barro e nos países em desenvolvimento está presente em mais da metade. A terra é o material de construção mais importante e abundante na maior parte do mundo e pode ser obtida facilmente quando as fundações são escavadas.

As construções feitas em terra, independente da técnica utilizada, além de possuírem um ótimo isolamento termoacústico, também resultam em um ambiente saudável por conta da pouca variação de umidade, já que a terra consegue absorver e devolver a umidade do ar, e são mais econômicas em comparação com outros materiais de construção. Por outro lado, a terra não é um material impermeável e deve sempre estar protegida da chuva por meio de grandes beirais, além do uso de técnicas naturais de impermeabilização da terra que serão descritas adiante.

Por ser um material extremamente denso, o barro armazena calor – característica que lhe oferece excelente inércia térmica. Em zonas onde há grande amplitude térmica (como zonas desérticas, por exemplo, em que durante o dia se faz muito calor e de noite as temperaturas caem drasticamente), faz-se necessário armazenar calor solar por meios passivos, tornando a terra um material ideal por ser capaz de equilibrar o clima interior de um ambiente, mantendo o local fresco durante o dia e liberando o calor captado gradativamente durante a noite.

Outra característica das construções em terra é a sua não padronização: sua composição depende do lugar de onde é extraído e pode conter diferentes quantidades e tipos de argila, limo, areia e agregados. No livro “*Manual de Construcción en Tierra*” o autor,

Gernot Minke, descreve esta característica como um ponto negativo do material, entretanto, analisando por outra perspectiva, é isto que faz com que as construções naturais sejam tão singulares, pois jamais poderão ser reproduzidas exatamente da mesma maneira com o mesmo resultado estético.

Entendeu-se que a terra como material de construção natural possui mais qualidades do que os materiais industrializados como o concreto, os ladrilhos e os blocos de silico calcário. Técnicas de construções com terra desenvolvidas recentemente mostram o valor da terra não somente na autoconstrução, mas também nas construções industrializadas contratadas. (MINKE, 1994)

Em termos ambientais, o barro é o material mais sustentável que se poderia encontrar. De acordo com Minke (1994), o barro praticamente não produz poluição ambiental em relação a outros materiais de uso frequente. Por ser um material facilmente encontrado no próprio local de construção, os gastos energéticos de preparação, transporte e manuseio de barro numa obra requer apenas 1% da energia necessária para a produção e o transporte de tijolos cozidos ou concreto armado. Além disso, a terra pode ser reciclada inúmeras vezes. O barro seco pode ser reutilizado após imersão em água, e, portanto, nunca se torna um material residual e prejudicial ao meio ambiente.

A execução de uma obra em terra, quase que independentemente da técnica utilizada, é, em geral, de fácil execução, sendo um material ideal para a autoconstrução. Apesar dos processos envolvidos serem de trabalho intenso, requerem apenas ferramentas simples e baratas, sem encaixes complexos e minuciosos como das construções em bambu.

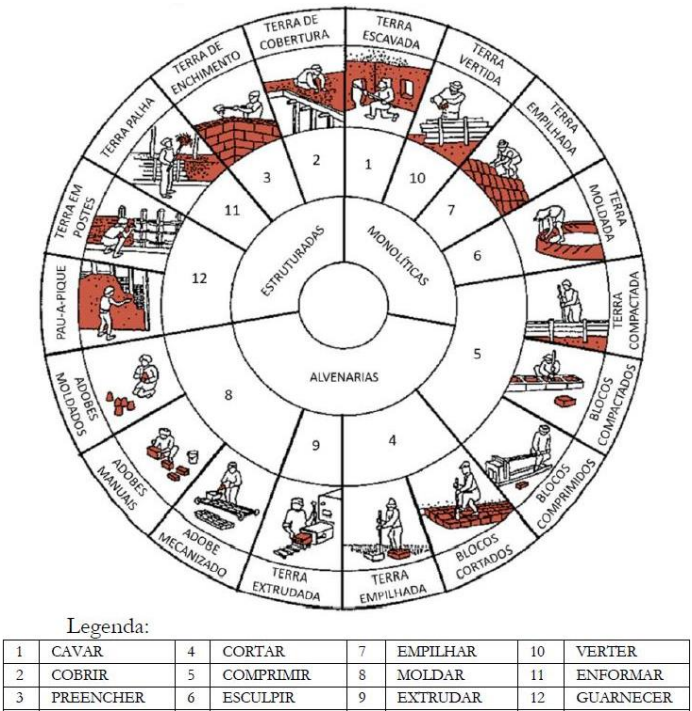


Figura 11

Figura 11: Técnicas de construção com terra (Fonte: SANTOS, 2015, adaptado de Houben e Guillaud, 1989 em tradução livre).

A terra que apropriada para ser usada na construção é a que fica abaixo dos 50 cm. Acima disto na camada superficial, encontra-se normalmente, a chamada terra vegetal que contém matéria orgânica e microorganismos. Esta não é própria para a construção, pois se torna frágil quando seca, em virtude da decomposição do material e, além disto, pode comprometer a salubridade dos ambientes. As construções de adobe, quando bem feitas, podem durar muitas décadas. O solo utilizado para construir, por ser encontrado na natureza, não é padronizado, por isso muitas combinações podem ser usadas, porém a proporção correta de areia e argila normalmente fica em torno de 1:1 ou 2:1 (PEREIRA *et al.*, 2014).

O custo da construção de terra crua poderá variar com as técnicas em causa e as circunstâncias locais, nomeadamente com o preço da mão de obra e o conhecimento técnico disponível. O custo pode ser uma das grandes vantagens da construção de terra, mas, em sociedades modernas, principalmente em condições de autoconstrução (GONÇALVES; GOMES, 2012).

O uso do barro na construção não se restringe à uma só função. A terra pode ser utilizada como vedação (paredes), estrutura – no caso de construções autoportantes como o super e hiperadobe – fundação e revestimento. A seguir, serão listadas as principais técnicas construtivas em terra, seus usos e manutenção.

a. Pau-a-pique (ou taipa-de-mão)

Também conhecida como taipa de mão, taipa de sopapo, taipa de sebe, pescoção, taponá ou barro armado, segundo Olender (2006), a técnica do pau-a-pique trata-se de uma trama de madeira constituída por paus verticais presos, em ambos os lados, a paus horizontais (ripas) sobre a qual é aplicada, manualmente, uma argamassa de barro que preenche seus vazios. Também é possível a utilização de bambu nesta técnica. A técnica de pau-a-pique é exclusivamente de vedação e não pode ser utilizada como estrutura.

Ainda segundo Olender (2006), o pau-a-pique é, na maior parte das vezes, utilizado no interior das edificações e em pavimentos superiores por ser bastante leve. É possível até mesmo apoiá-la diretamente sobre o assoalho de pavimentos superiores sem vigas específicas de sustentação.



Figura 12



Figura 13

Figura 12: Reboco de terra sendo passado em trama de madeira para construção de uma parede de pau-a-pique. (Fonte: Luz Verde – Joalex Henry, 2018).

Figura 13: Casa de pau-a-pique. (Fonte: Une Brasil – Ronaldo Vieira, 2020).

b. Taipa-de-pilão

A técnica da taipa-de-pilão consiste na terra apiloada ("socada") entre duas formas de madeira com o auxílio de uma mão de pilão. A forma que sustenta o material durante sua secagem é denominada de taipal.

Segundo Schmidt (1946), os solos preferidos eram os vermelhos, vindo a seguir os roxos e os pardos, por apresentarem uma "liga" ou "trabalhabilidade" maior. Devem estar isentos de areias ou pedregulhos e de húmus e outros materiais orgânicos, como gravetos e restos de vegetação, pois esses podem afetar a resistência final do material. A terra é removida de uma certa profundidade, para evitar as impurezas acima citadas e por apresentar normalmente um grau de umidade satisfatório, não necessitando da adição de água para compor a dosagem correta. A massa é preparada por meio de esfarelamento do solo; pulverização de água com cuidado para não formar "caroços" e seguido de um amassamento, que pode ser realizado com as mãos ou com os pés. A operação só termina após a obtenção de uma massa homogênea. Essa massa homogênea é, então, colocada entre o taipal para ser apiloada.

A taipa-de-pilão resulta em uma parede extremamente estética, realçando as diferentes colorações da terra e formas retas com pouquíssimas imperfeições. Muitas vezes essas paredes não são nem rebocadas nem pintadas, de tão belas que são. Todavia, a construção em taipa-de-pilão é um pouco demorada quando comparada com técnicas mais rápidas, como o pau-a-pique, por exigir que a terra seja muito bem comprimida, porém é possível economizar tempo com reboco e pinta, que muitas vezes não são necessários.

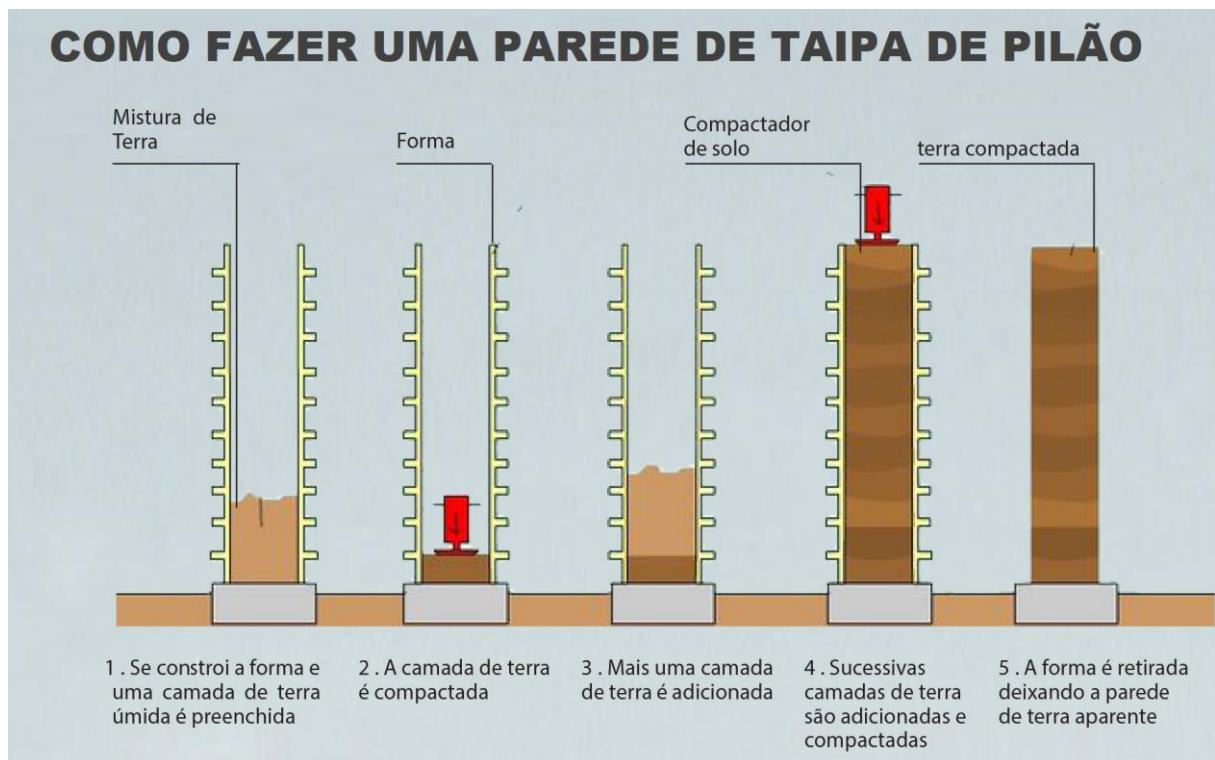


Figura 14

Figura 14: Esquema da construção de uma parede de taipa-de-pilão. (Fonte: SustentArqui, imagem adaptada cortesia Atelier O'Reilly Estratégias Sustentáveis – Casa terra).



Figura 15



Figura 16

Figura 15: Centro cultural Nk'Mip Desert no Canadá – Arquitetos DIALOG partners. (Fonte: SustentArqui).

Figura 16: Ricola Kräuterzentrum na Suíça – Herzog & de Meuron. (Fonte: SustentArqui).

c. Cob

Cob é o nome de origem inglesa dado à técnica de emplastar lama. Terra, areia e palha são misturados e massageados sobre a fundação, criando grossas paredes resistentes. É como esculpir com as próprias mãos um vaso gigante para morar dentro. O solo geralmente contém areia e argila, que são os principais ingredientes do cob. Cob é areia junto com argila e reforçada com palha. Imagine uma parede de pedras unidas por argamassa; no cob, a areia funciona como as pedras e a argila como a argamassa, já a palha serve de reforço,

como se fosse um vergalhão. Essa mistura tem a consistência de uma lama moldável, mas, depois de seca, fica dura como uma pedra. (Bee, 1997).

50% -85% areia
50% -15% argila
palha e água de acordo com a necessidade

A fórmula do cob é bem variável e recomenda-se fazer pequenos tijolos de testes antes de iniciar a construção da casa.

A técnica do cob permite erguer a casa como se fosse uma escultura, esculpindo as paredes e aberturas com o formato desejado e até mesmo moldando prateleiras e ornamentos junto da parede. Resulta em construções muito características, com formas orgânicas e arredondadas.



Figura 17



Figura 18

Figura 17: Casa de cob com telhado verde – arquiteto e construtores desconhecidos. (Fonte: Boiling Frog).

Figura 18: Casa de cob em Mayne Island por Pat Hennebery construída em 1999. (Fonte: Insteading).

d. Tijolo de adobe (ou alvenaria de adobe)

Alvenaria é uma palavra de origem árabe e significa o trabalho feito pelo pedreiro (*albanná*) ou alvanel, como antigamente este era designado. É constituída por elementos de pequenas dimensões sobrepostos e arrumados, ligados ou não por argamassa, chamando-se neste último caso alvenaria seca (BRITO; FLORES, 2003).

O tijolo de adobe é um material de construção muito antigo. Consiste em um tijolo de barro, conformado em um processo mecânico, manual ou moldado. A secagem ocorre naturalmente, portanto, uma técnica de acordo com as praticas de sustentabilidade, pois

não utiliza cimento e não gasta combustível na secagem dos tijolos por não serem queimados (PEREIRA *et al.*, 2014). O tijolo natural é formado por uma mistura de terra (argila e areia em proporções variáveis, porém em torno de 1:1 a 1:2), esterco, palha e água e, sempre que possível, esses materiais são retirados do próprio terreno.

Pereira *et al.* (2014) escreveu um passo a passo da criação do tijolo de adobe, que será descrito a seguir:

1. Primeiramente, a mistura é amassada e peneirada para adquirir uma forma bem homogênea. O barro deve descansar à sombra aproximadamente por dois dias antes de ser novamente misturada e com água para se criar uma liga plástica. Em seguida, é levado para as formas, normalmente de madeira. As dimensões do tijolo podem variar, mas, costumeiramente, tem o comprimento duas vezes maior que a largura.
2. O barro, já com certa consistência, deve ser despejado na forma e preencher por igual todos os cantos. A plasticidade da liga deve estar concisa e alguns minutos após encher, o tijolo já retirado da forma não deve parecer borracha. O tijolo também não deve desmoronar, não deve ter suas quinas despedaçadas e ou afundamentos nas faces. Assim, após ser retirado da forma, este deve ser posto para secar, o ideal é, antes de começar esta etapa, alisar as faces com uma espátula.
3. O processo de secagem dos tijolos de adobe depende do clima local. Quando feito em tempo quente e seco a secagem é mais rápida. Também é necessário avaliar o tipo de mistura e a quantidade de água contida nela. Na primeira fase desta etapa a secagem dos tijolos ocorre com radiação solar direta, pois é neste momento que boa parte da umidade do tijolo é perdida pelo processo de convecção natural. No restante do tempo, os blocos devem descansar à sombra. Vale salientar que durante o processo de secagem os tijolos devem ser virados em intervalos de tempo regulares, afim da secagem se homogeneizar, evitando deformações e retrações desproporcionais.
4. Após seco, a armazenagem do tijolo deve ser feita em local seco. O este processo produtivo pode levar de 28 a 35 dias, conforme condições climáticas do local.

Após a produção dos tijolos, a construção da obra é rápida e parecida com a alvenaria convencional, porém, diferente da construção convencional, a argamassa utilizada nessa técnica é feita de cal, areia e terra. Essas paredes costumam ser erguidas com os batentes de portas e janelas já estruturados, assentando os tijolos em volta das esquadrias.



Figura 19



Figura 20

Figura 19: Tijolos de adobe saindo da forma. (Fonte: Museu de Caculé, 2016).

Figura 20: Tijolo de adobe sendo assentado. (Fonte: Museu do Caculé, 2016).

e. Super e hiperadobe

As técnicas do super e hiperadobe também são conhecidas como terra ensacada (ou “earthbag”, em inglês) por serem, literalmente, terra ensacada. Segundo Gonçalves e Gomes (2012), este é um sistema relativamente recente, que evoluiu das técnicas de construção de *bunkers* militares e de diques temporários, destinando-se originalmente a proporcionar abrigos de construção rápida. Contudo, ao longo do tempo, apareceram também utilizações mais arquitetônicas. A popularização deste tipo de sistema deve-se em grande parte ao arquiteto iraniano Nader Khalili, nos anos 80, que utilizou sacos longos, em forma de tubo, e lhe chamou superadobe. A técnica foi campeã de um concurso da NASA para eleger a melhor forma de se construir na lua. O termo *terra ensacada* engloba todas as técnicas construtivas que usam sacos como fôrmas para conter a terra antes, durante e depois da compactação. O processo construtivo é bastante simples e envolve preencher sacos de tamanho padronizado (individuais ou contínuos) com terra (estabilizada ou não) e compactá-los (com a ajuda de um pilão) onde se deseja formar um elemento construtivo (SANTOS, 2015).

O superadobe, técnica pioneira da terra ensacada, consiste em preencher sacos individuais de polipropileno com solo argiloso que são empilhados e fixados entre si com arame farpado. O ponto negativo desta técnica é que, depois da construção pronta, o polipropileno (plástico) deve ser queimado com a ajuda de um maçarico antes do edifício ser rebocado, liberando gases tóxicos em sua queima e exigindo o uso de EPI.

O superadobe foi criado para sanar os problemas enfrentados pelo hiperadobe e consiste no uso de sacos contínuos de ráfita natural (também conhecido como Raschel).

Dispensa o uso de arame farpado, pois o barro se difunde pela trama da ráfita de fibra natural e é possível aplicar o reboco diretamente sobre ela.



Figura 21



Figura 22

Figura 21: The Nomad Foundation, construção em superadobe. (Fonte: Natural Building Blog, 2014).

Figura 22: Construção de casa em hiperadobe. (Fonte: Earthbag Building, 2014).

Diferente do pau-a-pique e cob, por exemplo, uma construção de terra ensacada requer muito esforço físico da mão-de-obra. É muito recomendada para a auto construção por ser uma técnica de fácil aprendizagem e reprodução, porém exige mais força física.

De acordo com Santos (2015), com a terra ensacada é possível fazer fundações, muros de arrimo, paredes autoportantes (estruturais) ou de vedação, e coberturas em domo ou arco, ou seja, é possível fazer uma edificação inteira utilizando apenas esta técnica.

O número de edificações de alto padrão que utilizam terra em sua construção está, após longos anos de desprezo pelo material na arquitetura, crescendo lentamente, principalmente no setor comercial. Um exemplo disso é o restaurante de alta gastronomia, Dalva e Dito, no bairro Jardins em São Paulo, projetado pelo arquiteto Marcelo Rosebaum (figuras 23 e 24). O arquiteto usa a terra ensacada para construir algumas paredes do restaurante e logo na entrada expõe um recorte da parede com queima da sacaria (SANTOS, 2015).



Figura 23



Figura 24

Figuras 23 e 24: Parede de superadobe no restaurante Salva e Dito em São Paulo. (Fonte: SANTOS, 2015).

Por ser uma técnica extremamente nova, a terra ensacada é um ótimo exemplo dos avanços possíveis na bioconstrução que, apesar de ser considerada por muitos uma forma construtiva antiga e ultrapassada, ainda carece de muitos estudos e ainda pode se tornar uma construção contemporânea. Para Santos (2015), desde o início das construções com terra ensacada, diversas inovações vêm sendo estudadas para tornar a técnica mais viável no atendimento às necessidades atuais, desde a autoconstrução até na automação para larga escala. Para facilitar o preenchimento manual, o escritório de arquitetura Biohabitate tem usado peneiras elétricas e desenvolveu um suporte para o cano-funil que facilita para o operador (figuras 25 e 26). Para o preenchimento em larga escala, estratégias industriais para preenchimento de sacos de grãos e sacos de materiais de construção já foram propostas para serem usadas na construção com terra ensacada.



Figura 25



Figura 26



Figura 27

Figuras 25 e 26: Suporte para cano-funil da Biohabitate. (Fonte: SANTOS, 2015)

Figura 27: Maquinário para preenchimento dos sacos (Fonte: Santos, 2015).

6.2. BAMBU

Devido ao seu reduzido tempo para atingir idades ideais para o corte e necessidade de pequenas áreas plantadas para obtenção de material suficiente, o bambu pode ser caracterizado como material de construção renovável (MARÇAL, 2008).

O bambu pertence à sub-família *Bambusoideae*, da família das gramíneas, ou seja, o bambu é um tipo de grama. Isto explica o seu rápido crescimento e suas características peculiares. Por ser um tipo de grama, também não há nenhuma lei ambiental protegendo o corte de bambu. Além do seu uso na construção e design, também é possível produzir a partir da fibra do bambu uma matéria vegetal similar ao algodão ou linho.

O bambu - material sem muito valor econômico, social ou cultural em nossa sociedade - é em outros países motivo de orgulho e pesquisas por seu potencial em diversas e comprovadas áreas de atuação. Material como o bambu não é poluente, não requer grande consumo de energia e oxigênio em seu processo de preparo; sua fonte é renovável e de baixo custo (RIPPER, 1994). Seu “caule”, que tem aparência cilíndrica e alongada, esconde características que poucas plantas possuem. Um sistema de feixes de fibras longitudinais que são praticamente paralelos da base ao topo dessa gramínea que chega a ter mais de 30 metros de altura, diâmetros de até 0,3 metros e suportam uma pressão de vento em sua copa que pode ter uma velocidade de até 50 m/s (MARÇAL, 2008).

Segundo Teixeira (2006), como material arquitetônico, o bambu permite grande diversidade de usos na construção de estruturas, pisos, paredes e estruturando coberturas. É comum o emprego de outros materiais junto ao bambu para composição completa do projeto ou simplesmente na união ou encaixe das peças de bambu. Os principais materiais utilizados com o bambu são a terra, concreto e telhas cerâmicas.

O bambu, por se tratar de uma planta tropical e que produz colmos anualmente sem necessidade de replantio, se apresenta como um grande recurso natural com um imenso potencial agrícola, devido a sua versatilidade, resistência, vitalidade e beleza. Além de ser um eficiente sequestrador de carbono, já que é a planta que cresce mais rápido do que qualquer outra, necessitando de 3 a 6 meses, em média, para que um broto atinja sua altura máxima, que chega a até 30 metros para as espécies gigantes, também apresenta excelentes características físicas, químicas e mecânicas (SILVA; LIMA; OLIVEIRA, 2011).

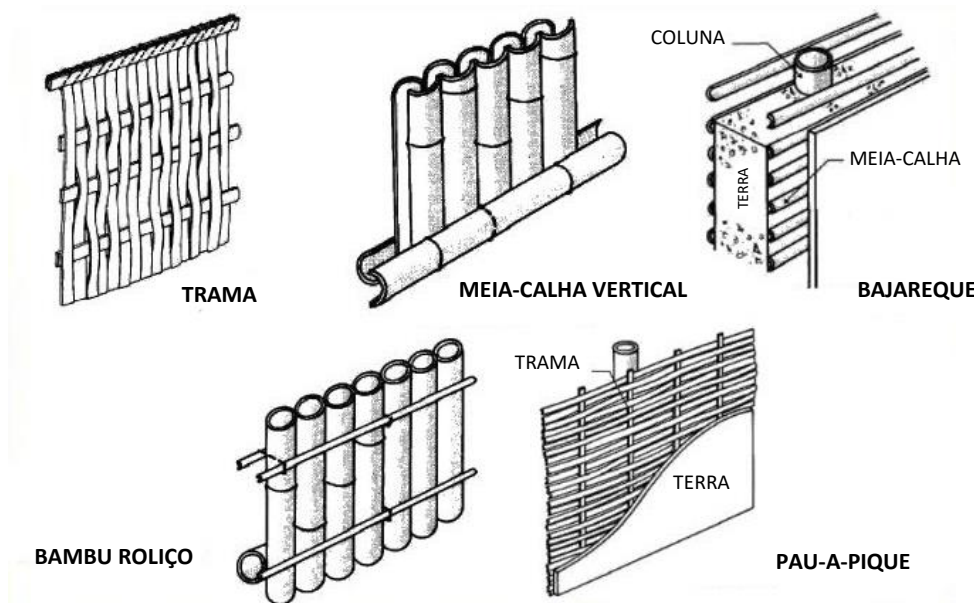


Figura 28

Figura 28: Esquema de construção de paredes de bambu. (Fonte: SlideShare - Tushar Choudhari, 2012)

De acordo com Marçal (2008), o uso do bambu na construção civil requer mão de obra especializada e, apesar do baixo custo do bambu, este valor é compensado ao se pagar mais pela mão de obra especializada de um bambuzeiro. Como qualquer outro material o bambu é bastante resistente a certos esforços e não tão resistente a outros. Por essa razão é necessário um estudo e acompanhamento de profissionais para a confecção de conexões e de posicionamento das varas para um adequado projeto estrutural.

6.3. MADEIRA

Outros tipos de madeira, além do bambu, também são amplamente utilizados na arquitetura e na engenharia civil, tanto para estruturas como vedações e revestimentos, chegando a ser um dos materiais mais utilizados nas construções atualmente. A madeira pode ser utilizada para vigas, pilares, treliças, vedações em placas ou ripas, pisos, coberturas, caixilhos, entre outros equipamentos internos de uma construção, como os móveis. A madeira de reflorestamento pode ser considerada uma alternativa sustentável para a construção civil e, após a instituição da Norma ISO 14.000 – uma série de normas que estabelecem diretrizes relacionadas à gestão ambiental dentro de empresas –, as atividades madeireiras extrativistas passaram a ser mais controladas e, com isso, a madeira proveniente de manejo sustentável ganhou certa notoriedade (RAMPAZZO; SPONCHIADO, 2000).

Sob essa ótica, a madeira de reflorestamento é apresentada como uma alternativa à utilização de madeiras raras e materiais que consomem muita

energia e poluem o meio ambiente em seu processo de produção. O emprego de plantações de árvores sob manejo permite uma rápida aquisição de matéria-prima para produção industrial, tendo como impacto inicial a preservação de áreas com espécies nativas que vêm sendo destruídas pela atividade madeireira, como a Amazônia e outras florestas. No que diz respeito a outros materiais, os maiores benefícios da madeira de reflorestamento seriam a redução da emissão de poluentes na atmosfera e a economia de energia, otimizando recursos que seriam protelados em favor de gerações futuras ou investidos na criação de outros produtos (AGUILAR; SANTOS, 2007).

As vantagens e desvantagens apresentadas em construções de madeira assemelham-se bastante com as características de construções de bambu, porém, diferente do bambu, os demais tipos de madeira podem ser utilizados sozinhos como vedação de construções, sem o auxílio de nenhum reboco, oferecendo isolamento térmico por si só. A durabilidade da madeira na construção civil é, até hoje, pauta para discussões, já que sua vida útil dependerá muito de fatos bioclimáticos, tratamento dado ao material e onde ele está sendo aplicado.

Na bioconstrução a madeira é mais ser utilizada de forma mais natural, rústica, como pilares e vigas na forma natural do tronco, recebendo apenas o tratamento necessário para não apodrecer. A construção convencional costuma utilizar a madeira aparelhada (ou beneficiada), ou seja, madeira já cortada e lixada com uma forma geométrica bem definida, transformando-se em pisos, revestimentos, estruturas, etc.

6.4. PEDRA

Nas construções de pedra, também chamadas de alvenaria de pedra, é comum encontrar materiais como granito, calcário e arenito, podendo ou não conter terra nas juntas, funcionando para uma espécie de argamassa. O desenvolvimento de ferramentas para trabalhar este material fez com que o que antes eram somente pedras brutas empilhadas, se tornasse um encaixe de pedras poligonais, mais fácil de emparelhar e manusear, permitindo uma melhor vedação das paredes que podiam ter juntas com terra ou argamassa ou possuir junta seca, sem nenhum material ligando os blocos. Neste último caso, havia a preocupação de fechar os buracos entre os blocos de pedra, utilizando elementos poligonais para que fosse possível o encaixe (AZEVEDO, 2010). Apesar de ser extremamente presente em construções históricas, sendo possível encontrar monumentos exuberantes e milenares feitos inteiramente em pedras, a dificuldade para se manusear e transportar este material é um dos principais motivos pelo qual as construções em pedra caíram tanto em desuso nos últimos anos. A dificuldade plástica, para se obter formas curvas e com pouca

espessura, também contribuiu para que a pedra – mesmo com todas as suas vantagens construtivas, como impermeabilidade e isolamento termoacústico – deixasse de ser o principal material de construção do período moderno e contemporâneo, já que, de uns anos para cá, a maleabilidade dos materiais é algo essencial para que se encontre o resultado desejado.

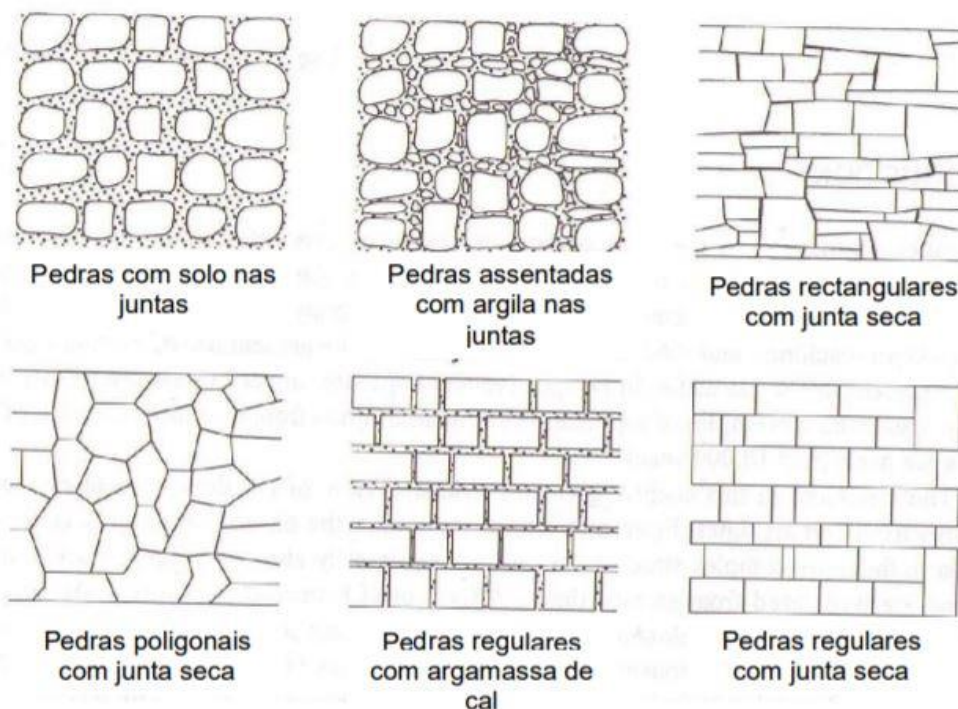


Figura 29

Figura 29: esquema de tipos de alvenaria de pedra (Fonte: AZEVEDO, 2010).

7. CONCLUSÃO

É importante frisar que nunca existirá um material ideal e a escolha da técnica construtiva de um projeto deverá levar em conta diversos fatores, como, por exemplo, materiais em abundância acerca do local da construção e mão-de-obra que será utilizada.

Como resultado da pesquisa foi possível elaborar duas tabelas:

- Tabela 1: tabela comparativa de todos os materiais estudados, trazendo um resumo de diversas pesquisas teóricas e empíricas sobre a bioconstrução e os materiais nela utilizados. Esta tabela serve como consulta na hora de se pensar sobre a materialidade de uma construção após se ter avaliado os fatores anteriormente mencionados.
- Tabela 2: comparativo entre os motivos que fazem com que cada um dos materiais estudados seja considerado como bioconstrução ou material sustentável.

	TERRA	PEDRA	BAMBU	MADEIRA
TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	Pau-a-pique Taipa de pilão Cob Tijolo de adobe	Alvenaria de pedra	/	/
APLICABILIDADES	Vedação, paredes autoportantes, abóbodas, fundação, revestimento, piso, reboco, mobiliário	Estrutura, vedação, revestimento, piso, fundação, mobiliário	Estrutura, vedação, revestimento, mobiliário	Estrutura, vedação, revestimento, piso, mobiliário
DISPONIBILIDADE NA NATUREZA	Abundante em praticamente todos os biomas, tanto secos quanto úmidos. Apenas em escassez quando se trata de lugares com muita pedra	Abundante em praticamente todos os biomas.	Pode ser encontrado em regiões de relevos totalmente distintos, desde o nível do mar até elevadas altitudes e em climas diversificados, seja úmido, semi-árido, tropical ou subtropical.	Abundante em praticamente todos os biomas, porém o material é extremamente visado por madeireiras, o que acaba prejudicando o ecossistema.
MÃO-DE-OBRA	Construção de rápida aprendizagem e fácil replicabilidade. Não existe mão de obra especializada e é ideal para auto construção	Fácil construção, porém necessita de mão-de-obra especializada pelo seu peso e necessidade de corte do material	Especializada (salvo construções muito simples)	Depende da aplicabilidade
PESO	Médio	Pesado	Leve	Médio
PREÇO	Barato	Depende do tipo de pedra e uso proposto	Médio	Depende do tipo
ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO	Muito bom	Razoável	Inexistente pois não oferece vedação total	Bom. As paredes de madeira costumam ser mais finas do que as feitas com terra, portanto não oferecem um isolamento tão bom
PERMITE RECICLAGEM	Normalmente não, mas o material volta para a natureza	Sim	Sim	Sim
PONTOS POSITIVOS	Material barato e abundante de fácil construção. Infinitas possibilidades construtivas e aplicações. Ótimo isolamento termoacústico.	Muito durável e resistente com muitas possibilidades de aplicação.	Material muito estético. Flexível, leve e com muitas possibilidades de aplicação. Crescimento acelerado e várias espessuras disponíveis.	Muito durável se bem cuidado. Ótimo isolamento termoacústico. Muito resistente e frequentemente utilizado para estruturas.
PONTOS NEGATIVOS	Não é impermeável e, portanto, precisa estar sempre afastado de chuvas e umidade do solo.	Pesado e de difícil manuseio. Não oferece isolamento térmico e acústico tão bom quanto os demais materiais.	Sua tortuosidade natural pode dificultar a execução de certos projetos. Exige mão-de-obra especializada na maioria dos casos. Não é impermeável e exige manutenção.	Preço elevado dependendo do tipo de madeira. Requer tratamento e algumas manutenções se exposto à intempéries. Não é impermeável.

Tabela 1

TERRA	PEDRA	BAMBU	MADEIRA
Retornável; pouco ou nada processado, resultando em pouco gasto de energia para que esteja pronto para utilização; abundante em praticamente todos os locais, diminuindo gasto de dinheiro e energia com deslocamento; presente em técnicas construtivas de fácil aprendizagem e execução.	Retornável; pouco ou nada processado, resultando em pouco gasto de energia para que esteja pronto para utilização; abundante; durável.	Retornável; pouco ou nada processado, resultando em pouco gasto de energia para que esteja pronto para utilização; abundante; presente em técnicas construtivas de fácil aprendizagem e execução.	Retornável; pouco ou nada processado, resultando em pouco gasto de energia para que esteja pronto para utilização; abundante; presente em técnicas construtivas de fácil aprendizagem e execução.

Tabela 2

Após a pesquisa também observou-se a necessidade de, em uma pesquisa futura, realizar tais comparativos e analisar o desempenho e disponibilidade de cada um desses materiais nos seis biomas brasileiros, sendo, assim, possível realizar um estudo mais profundo e certo dos materiais mais adequados para cada obra.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, Maria Teresa Paulino; SANTOS, Maxiliano Perdigão dos. **Painéis de madeira como vedação vertical em construções**. Belo Horizonte: Caderno de Arquitetura e Urbanismo, 2007. 22 p.

AZEVEDO, Hélder Daniel de Sousa. **Reforço de estruturas de alvenaria de pedra, taipa e adobe com elementos de madeira maciça**. Porto: Universidade do Porto, 2010.

CANTARINO, Carol. Bioconstrução combina técnicas milenares com inovações tecnológicas. **Inovação Uniemp**, Campinas, v. 2, n. 5, dic. 2006.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. **Levantamento do Estado da arte**: seleção de materiais. Projeto tecnologias para construção. São Paulo: FINEP, 2007. Habitacional mais sustentável.

MAURÍCIO, Cauê Cesar. **Bioconstrução**: Estudo de caso: Projeto e construção da casa ecológica modelo. Brasília: Uniceub, 2017. 43 p.

MINKE, Gernot. **Manual de Construcción en Tierra**. Kassel: Fin de Siglo, 1994. 222 p.

SANTORO, Jair Frederico; KRIPKA, Moacir. Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias primas do concreto produzido na região norte do Rio Grande do Sul. **Ambient. constr.**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 35-49, jun. 2016.

SILVA, Julio Carlos Bittencourt Veiga; LIMA, Nailton de; OLIVEIRA, Voltair Martins de. **Estufa ecológica: uso do bambu em bioconstruções**. Curitiba: Cpra, 2011. 33 p.

TEIXEIRA, Anelizabeth Alves. **Painéis de bambu para habitação econômica**: Avaliação do desempenho de painéis revestidos com argamassa. Brasília: Unb, 2006.

LOURENÇO, Daniel Braga. **Qual o valor da natureza?: uma introdução à ética ambiental**. Rio de Janeiro: Elefante, 2019. 446 p.

OLENDER, Mônica Cristina Henriques Leite. **A técnica do Pau-a-pique: subsídios para a sua preservação**. 2006. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

PISANI, Maria Augusta Justi. **TAIPAS: A ARQUITETURA DE TERRA**. 2004. 7 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2004.

SCHMIDT, Carlos Borges. **Construções de taipa: alguns aspectos de seu emprego e da sua técnica.** São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1946

BEE, Becky. **The Cob Builders Handbook:** you can hand-sculpt your own home. Azalea: Alex McMillan, 1997. 186 p.

PEREIRA, Daniel Augusto de Moura *et al.* **PROJETO DE UMA BIOALVENARIA DE VEDAÇÃO A PARTIR DE TERRA CRUA:** o caso do tijolo de adobe. 2014. 12 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

GONÇALVES, Teresa Díaz; GOMES, Maria Idália. **CONSTRUÇÃO DE TERRA CRUA:** potencialidades e questões em aberto. 2012. 7 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Lneq, Lisboa, 2012.

BRITO, Jorge; FLORES, Inês. **PAREDES DE ALVENARIA DE PEDRA NATURAL.** 2003. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2003.

SANTOS, Clarissa Armando dos. **CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL:** panorama, normatização e prototipagem com terra ensacada. 2015. 290 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

MARÇAL, Victor Hugo Silva. **Uso do Bambu na Construção Civil.** 2008. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.