

Bioconstrução: Revisão bibliográfica das técnicas e materiais

Bioconstrucción: Revisión bibliográfica de técnicas y materiales

Bárbara Sarmento Farcha

Mestranda PPGAU - IFF
barbarafarcha@hotmail.com

Priscila de Almeida Cardoso Santiago

Doutora em Engenharia Civil- IFF
pcardoso_enge@hotmail.com

RESUMO

A bioconstrução é uma metodologia de arquitetura e construção que se fundamenta em princípios ecológicos, empregando materiais naturais e técnicas sustentáveis com o propósito de desenvolver ambientes construídos que estejam em sintonia com o entorno. Seu foco primordial é reduzir ao máximo o impacto ambiental, fomentar a eficiência energética e proporcionar ambientes saudáveis para aqueles que os ocupam. O objetivo desse artigo consiste em realizar uma análise crítica da literatura acerca das tecnologias e métodos empregados na bioconstrução; investigar a essência da construção sustentável; sintetizar e expor de maneira sucinta sistemas que empregam princípios de construção sustentável, para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica com análise da literatura e sintetização das informações obtidas.

PALAVRAS-CHAVE: Construção. Sustentabilidade. Bioconstrução.

RESUMEN

La bioconstrucción es una metodología de arquitectura y construcción que se basa en principios ecológicos, utilizando materiales naturales y técnicas sostenibles con el objetivo de desarrollar entornos construidos en sintonía con el entorno. Su principal enfoque es reducir al máximo el impacto ambiental, promover la eficiencia energética y proporcionar entornos saludables para quienes los ocupan. El objetivo de este artículo es realizar un análisis crítico de la literatura sobre las tecnologías y métodos utilizados en bioconstrucción; investigar la esencia de la construcción sustentable; sintetizar y exponer de manera sucinta sistemas que emplean principios de construcción sustentable, para ello se realizó una revisión bibliográfica con análisis de literatura y síntesis de la información obtenida.

PALABRAS CLAVE: Construcción. Sostenibilidad. Bioconstrucción.

1 INTRODUÇÃO

A edificação de construções, assim como outras práticas associadas à construção civil, está geralmente vinculada ao progresso socioeconômico das regiões, exercendo influência direta ou indireta na criação de impactos ambientais, cuja intensidade varia conforme a escala das obras. Tais impactos manifestam-se por meio da produção de resíduos, alterações na paisagem e, em alguns casos, pelo consumo de recursos naturais (Spadotto *et al.*, 2011).

Os efeitos danosos provocados pela construção civil são extensivamente abordados na literatura atualmente. Em meio às atuais preocupações relacionadas ao aquecimento global, mudanças climáticas e outros sinais evidentes do impacto ambiental, observa-se um aumento significativo na conscientização e preocupação com a sustentabilidade.

Muitos autores concordam que o termo "sustentabilidade" teve sua origem reconhecida recentemente, associada às reuniões da ONU na década de 1970, quando a consciência dos limites do crescimento abalou o modelo predominante em sociedades globais. No entanto, é crucial notar que o conceito tem uma história que remonta a mais de quatro séculos, uma narrativa muitas vezes negligenciada. No âmbito da sustentabilidade, o sentido ativo do termo destaca a ação externa direcionada para a conservação, manutenção, proteção, nutrição, alimentação, promoção da prosperidade, subsistência e vida. Neste contexto ecológico, sustentabilidade refere-se aos procedimentos adotados para assegurar que a Terra e seus biomas permaneçam vivos, protegidos e nutridos, de modo a conservarem-se sempre em condições ótimas e preparados para enfrentar possíveis desafios que possam surgir. (Boff, 2017)

Nessa perspectiva, a bioconstrução é discutida como uma abordagem de construção sustentável que se baseia em princípios e técnicas que minimizam o impacto ambiental e promovem a harmonia entre os seres humanos e o meio ambiente. Em vez de depender fortemente de materiais industrializados e processos convencionais de construção, a bioconstrução utiliza materiais naturais e técnicas tradicionais adaptadas para criar espaços habitáveis.

A bioconstrução unifica a bioarquitetura como a bioengenharia e se relaciona com outras atividades como ecologia, educação ambiental e sistemas agroecológicos. Dessa forma, possui efetiva ação para diminuir o processo imprudente da exploração dos recursos naturais. Como é um conceito integrado, é necessário que abranja impactos ambientais, sociais e econômicos. Logo, a bioconstrução não é uma técnica específica ou uma inovação tecnológica, mas uma mudança de mentalidade e conceitos. A prática busca ter impacto e melhoria em diversos aspectos, como: Sistema construtivo (materiais e técnicas); Sistema energético: (eficiência e redução); Sistema de saneamento (consciência e viabilidade) (Obata *et al.*, 2012).

2 OBJETIVOS

- Fazer uma revisão bibliográfica sobre as tecnologias e práticas utilizadas na bioconstrução;
- Explorar o conceito de construção sustentável;
- Consolidar e apresentar de forma concisa sistemas que utilizam construção sustentável.

3 METODOLOGIA

A abordagem adotada nesse trabalho compreende a realização de uma revisão bibliográfica, que inclui as seguintes etapas: avaliação da literatura disponível, seleção criteriosa de estudos, análise crítica durante a leitura, e ao final organizar e sintetizar as informações obtidas.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Bioconstrução

A bioconstrução ou construção natural, tem uma longa tradição ao longo da história mundial contabilizando centenas de anos de experiência. A característica central dessa abordagem, reside no uso de materiais disponíveis nas proximidades do local da construção, reduzindo assim os desperdícios associados ao transporte, energia e processos industrializados. As ações empreendidas na bioconstrução têm proporcionado benefícios como conforto térmico, gerenciamento eficaz de resíduos, além de economia tanto de energia quanto de água. (Batista, 2018)

A prática da bioconstrução refere-se à criação de ambientes que atendam às exigências de habitação ou trabalho sem causar danos significativos à natureza. Envolvendo o uso de materiais sustentáveis e reutilizáveis, resultando assim em impactos ambientais reduzidos. Dessa forma, são empregados materiais como madeira, bambu, palha, tijolo de adobe, pedra e telhas ecológicas, bem como a reutilização de itens como pneus, garrafas de vidro e garrafas PET. Além disso, nos métodos de bioconstrução, destaca-se a consideração das características específicas do local e das condições climáticas, exigindo a adaptação da abordagem construtiva conforme a situação e as necessidades do espaço. Essas técnicas são diversas e podem ser ajustadas de acordo com as peculiaridades do ambiente, visando a construção de espaços sustentáveis mediante o uso consciente de materiais e recursos naturais, com a finalidade de minimizar os impactos ambientais (Oliveira *et al.*, 2023).

Dentre os princípios fundamentais dessa prática além do uso de materiais naturais, as construções sustentáveis são projetadas para maximizar a eficiência energética, utilizando estratégias passivas de aquecimento, resfriamento e iluminação natural.

4.2 Adobe

O adobe é um material de construção utilizado desde a antiguidade, sendo considerado um dos mais antigos pois era utilizado pelas civilizações do Egito Antigo e Mesopotâmia. Consiste em tijolos de barro moldados por processos mecânicos, manuais ou moldagem, com secagem ocorrendo de forma natural (figura 1). Esta prática está alinhada com princípios sustentáveis, pois dispensa o uso de cimento e elimina a necessidade de combustíveis no processo de secagem, uma vez que não envolve a queima dos tijolos. As construções feitas com adobe, quando realizadas adequadamente, têm a capacidade de perdurar ao longo de muitas décadas (Pereira *et al.*, 2014).

Figura 1: Processo de moldagem do Adobe



Fonte: Parte da imagem do livro Herbert Baresch, O homem e o arquiteto.

Para a preparação do solo, deve-se executar uma escavação próximo ao local da construção, utilizando solo adequado. A próxima etapa é adicionar água ao solo e amassar com os pés até obter uma mistura homogênea e moldável. Em alguns locais, adiciona-se capim cortado à mistura para proporcionar estabilidade, funcionando como uma armação. Para a preparação das formas de madeira, recomenda-se dimensões de 40 cm de comprimento, 20 cm de largura e 15 cm de altura. O preenchimento do barro nas formas é feito com a forma úmida para evitar que o material fique aderido na hora de desenformar. Posteriormente, deve-se realizar o acabamento da superfície, uniformizando, usando as mãos, uma madeira, uma palheta ou um arame. O tijolo deve secar ao sol por 10 dias, virando-o a cada 2 dias (Prompt, 2018).

Diante dos desafios contemporâneos na produção e na preservação tecnológica e cultural, o adobe carrega consigo a narrativa da modulação, representando a racionalidade na construção de abrigos humanos. Este foi o pioneiro entre os pré-moldados, implicando na produção separada dos materiais de construção, destinados à subsequente montagem em alvenarias. Destaca-se, ainda, a notável simplicidade na produção e o conhecimento empírico consideravelmente simplificado, explicando sua ampla utilização ao longo da história em diferentes partes do mundo (Galvão, 2015).

Esse método demonstra notável durabilidade e oferece vantagens significativas em termos de conforto térmico e regulação da umidade do ar. Isso se deve ao fato de que o barro, sendo uma matéria de construção micro fina e porosa, confere às alvenarias de adobe a capacidade de "respirar". Além disso, essas construções não geram resíduos de produtos químicos e não contribuem para as emissões de CO₂ na atmosfera, fatores que estão associados ao efeito estufa (Pereira et al., 2014).

No cenário acadêmico nacional, o ano de 2018 foi notável como um ponto de referência na última década, evidenciado pelo aumento na quantidade de estudos focados no uso do adobe. Essa significativa produção não apenas se destaca em termos quantitativos, mas também se distingue pela qualidade das pesquisas. Além disso, ressalta-se a necessidade

iminente de implementação de políticas públicas que valorizem essa técnica, começando pela validação da norma em processo legislativo e, posteriormente, pela incorporação da técnica em iniciativas de habitação social e projetos públicos (Santos; Bessa, 2020).

4.3 Taipa de pilão

A taipa de pilão é um antigo método de construção utilizado em diversas partes do mundo, especialmente em regiões onde recursos como madeira e pedra são escassos. Essa técnica é conhecida por sua durabilidade e resistência, sendo uma das formas mais antigas de construção de paredes.

A técnica taipa de pilão pode ser entendida como uma alvenaria auto-portante, onde é constituída por materiais de terra, que gera uma massa homogênea e que obtém sua resistência pelo método de apiloamento, formando um conjunto monolítico (Ejik; Sozua, 2006).

A estrutura que suporta o material durante o processo de secagem é denominada taipal, representando até os dias atuais os elementos laterais das formas de madeira. Durante o período colonial brasileiro, a taipa era confeccionada com terra extraída das proximidades da construção devido às dificuldades logísticas e ao grande volume de material envolvido. As argilas eram selecionadas pelo taipeiro, que, de forma empírica, compreendia as propriedades físicas do material e do componente construtivo, fazendo a escolha com base no tato e na observação visual (Pisani, 2004).

Os taipais apresentam dimensões variáveis, geralmente oscilando entre 100 e 150 centímetros de altura e 200 a 400 centímetros de comprimento. Compostos por tábuas fixadas a um sarrafo, essas tábuas se organizam para formar um tabuado com juntas de topo para as tampas ou laterais, mantendo uma distância em função da espessura da parede, enquanto outra estrutura, chamada de frontal, é presa com madeiras roliças conhecidas como agulha ou cangalha na horizontal e costa na vertical. Esse arranjo resulta em uma espécie de caixa sem fundo (figura 2) (Ejik; Sozua, 2006).

Figura 2: Sistema de taipa



Fonte: Virtuhab, UFSC.

Ao analisar a taipa de pilão, conclui-se que a técnica demonstra características de uma construção sustentável, tanto nos materiais empregados quanto nos resultados desejáveis. O uso da terra crua, por ser um material atóxico, garante equilíbrio ecológico e que deve ser preservado, além de ser um ótimo regulador de umidade, garantindo o conforto térmico. O uso da técnica, quando utilizada e adaptada para as demandas atuais, demonstra a importância do papel social dos profissionais, garantindo menos impactos ambientais e redução dos gastos de energia resultantes dos métodos construtivos mais atuais (Rodrigues; Feiber, 2013).

Apesar de algumas limitações como a necessidade de mão de obra intensiva e baixa velocidade no processo construtivo, a taipa de pilão continua a ser utilizada em várias partes do mundo, tanto por razões tradicionais quanto por sua eficácia em determinados contextos. Nos últimos anos, houve um ressurgimento de interesse por técnicas de construção sustentável, o que tem levado a um aumento no uso e na pesquisa sobre a taipa de pilão e outras formas de construção natural.

Na contemporaneidade, já houve certa mecanização do processo, agregando novos equipamentos, métodos, ferramentas e design. Há alguns casos de sucesso no cenário mundial e brasileiro. Como exemplo, temos a biblioteca Krafts Foods em Piracicaba, SP (figura 3). Neste caso, foi adicionado barras de aço corrugado para reforçar a estrutura de taipa (Steenbock; Tavares, 2022).

Figura 3: Biblioteca Krafts Foos em Piracicaba, SP.



Fonte: Rocha, 2012.

Os estudos recentes dedicados ao aprimoramento do sistema construtivo na área de taipa têm como foco principal a investigação de técnicas destinadas a aumentar a eficiência produtiva e a qualidade das edificações, por meio da introdução de processos mecanizados. Um desafio significativo está associado às ferramentas empregadas durante a produção, destacando-se a ausência de um equipamento específico para a mistura mecânica da taipa. Observa-se uma tendência internacional em direção à industrialização da taipa de pilão por meio da pré-fabricação de painéis, embora a consideração das emissões de CO₂ provenientes do transporte desses componentes, quando produzidos distante dos locais de instalação, seja um ponto crucial. É interessante notar a escassez de literatura nacional sobre a pré-fabricação de painéis de taipa, sugerindo que essa abordagem, já consolidada em países desenvolvidos, permanece pouco explorada no contexto brasileiro. Apesar dos impactos ambientais inerentes às novas tecnologias de estabilização e mecanização da taipa, análises comparativas indicam que a energia incorporada na taipa contemporânea é substancialmente inferior àquela associada a paredes de tijolos cerâmicos, evidenciando que a taipa de pilão, mesmo diante das transformações tecnológicas, pode ser considerada uma alternativa de baixo impacto ambiental (Mendes e Bessa, 2022).

4.4 Bambu

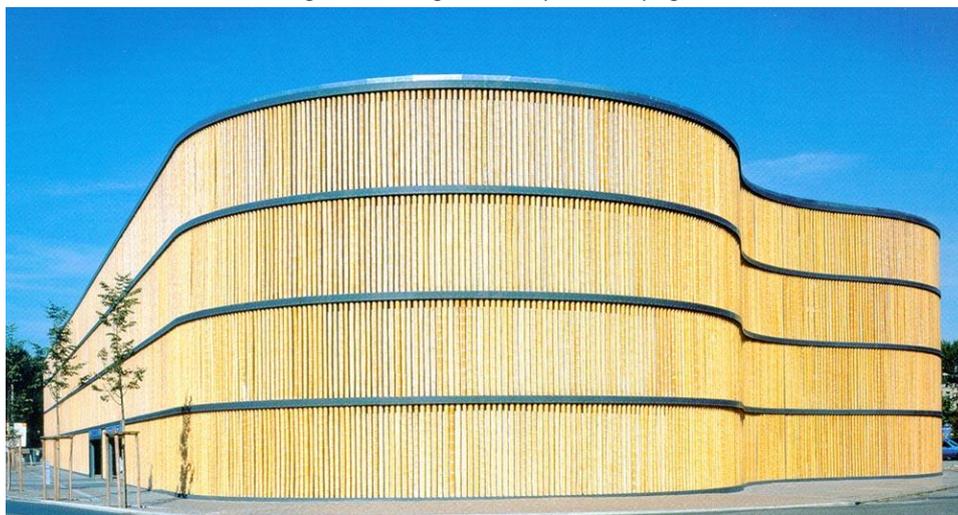
A crescente demanda por recursos naturais renováveis como matéria-prima, sugere que o bambu seja uma opção ecologicamente sustentável para a produção de diversos produtos. O bambu é utilizado em uma ampla variedade de aplicações, incluindo alimentação, fabricação de utensílios domésticos e construção de moradias. Recentemente, iniciativas bem-sucedidas têm explorado o uso do bambu em setores industriais, como na produção de pisos laminados,

móveis e papel. Em países como Colômbia, Equador e Bolívia, a utilização do bambu na construção civil é economicamente viável e baseada no conhecimento popular. Essa prática, consolidada ao longo do tempo, envolve uma diversidade considerável de técnicas, proporcionando resistência notável das construções às condições climáticas adversas e adaptação eficaz a diferentes tipos de terrenos, inclusive encostas de vales. No Brasil observa-se um crescente interesse da comunidade acadêmica, muito em função da variedade de espécies disponíveis no país, que oferece a possibilidade de criar uma fonte de trabalho, renda e habitação para a população. Além disso, o bambu pode desempenhar um papel importante na recuperação ambiental, participando de programas de reflorestamento e atuando como barreira natural contra erosão, deslizamentos e ruídos indesejáveis em ambientes urbanos (Oliveira, 2006).

O bambu se destaca por possuir uma resistência à tração paralela às fibras semelhante ao aço, enquanto sua leveza o torna insubstituível em locais de difícil acesso, permitindo vencer grandes vãos e balanços. Fora do Brasil, arquitetos têm explorado o bambu em projetos públicos notáveis, harmonizando natureza e tecnologia de maneira visualmente agradável. Exemplos incluem a fachada do estacionamento do zoológico municipal em Leipzig (Alemanha), construída com varas de bambu presas em cintas de aço (figura 4), e o Aeroporto Internacional de Barajas, na Espanha, que impressiona os usuários com um enorme forro de bambu, conferindo leveza à estrutura de concreto e aço (figura 5). Em ambientes de uso intensivo, a escolha pelo bambu é motivada pela confiança em sua durabilidade e resistência, evitando a necessidade de manutenções frequentes, apenas tratamentos químicos, como a remoção do amido para inibir pragas. Em áreas externas, a recomendação é o uso de verniz naval para proteger contra condições climáticas adversas, como calor, frio e chuva (Junior; Kenupp; Queiroz 2009).

Figura 4: Zoológico municipal em Leipzig, Alemanha.

Fonte:



Oliveira, 2016

Figura 5: Aeroporto Internacional de Barajas



Fonte: Arch Daily, 2017.

O bambu apresenta inúmeras vantagens na construção civil, destacando-se por ser leve, forte e versátil. Sua resistência ao fogo é notável, suportando temperaturas de até 4000 °C devido à presença de ácido silicato e água. A elasticidade do bambu o torna preferível em regiões sísmicas, sendo uma opção segura em regiões que estão sujeitas a terremotos. Ao contrário de materiais como cimento e amianto, o bambu não representa riscos para a saúde. Sua leveza facilita o transporte e a instalação, tornando-o econômico e fácil de usar. Além disso, é um excelente isolante térmico e acústico. O bambu é mais acessível economicamente em comparação a materiais convencionais, sendo uma escolha vantajosa. Sua rápida taxa de crescimento e caráter renovável o tornam um recurso sustentável e ecológico. Como alternativa viável para o aço, concreto e alvenaria, o bambu é rentável, fácil de trabalhar e pode ser facilmente moldado de acordo com a forma desejada. Sua enorme elasticidade o torna especialmente útil em áreas propensas a terremotos, garantindo segurança e durabilidade (Lemos, 2019).

Apesar de muitas vantagens, o uso do bambu na construção civil também apresenta alguns desafios e considerações como tratamento e preservação para protegê-lo contra fungos e insetos, falta de certificação e padronização podem dificultar a aceitação desse material no mercado e a escassez de mão de obra especializada.

O bambu possui um enorme potencial como material de construção sustentável, oferecendo uma alternativa renovável e de baixo impacto ambiental para materiais convencionais. No entanto, é necessário um maior investimento em pesquisas, desenvolvimento e educação para aproveitar ao máximo os benefícios do bambu na construção civil.

4.5 Cob

O cob é um dos muitos sistemas tradicionais de construção em terra crua que a humanidade desenvolveu ao longo de sua existência para fornecer calor ao lar e por isso tem

ganhado renovado interesse como uma opção sustentável e durável na arquitetura contemporânea. Esse sistema tem mostrado ser tão duradouro que até hoje casas do velho mundo permanecem estruturadas após mais de quinhentos anos de vida útil. Sua resistência é evidente, inclusive com edifícios no Iêmen alcançando até treze níveis de altura (figura 6). Parte do segredo reside na construção das paredes com uma mistura proporcional de areia, argila e fibra vegetal. Difere-se do adobe, pois o cob é seco no local com as paredes sendo erguidas enquanto a mistura ainda está fresca. Elementos como peças de mobiliário, esquadrias e portas são moldados à mão, estimulando a criatividade e conferindo um toque artístico à construção. Após o processo de secagem, a palha interna fica entrelaçada como uma rede tridimensional, transformando as paredes em uma peça monolítica, sem os "pontos de ruptura" presentes nas juntas entre os blocos de adobe (Salazar, 2011).

As paredes autoportantes apresentam uma base mais espessa que o topo, adotando uma configuração de secção trapezoidal. Além de funcionarem como massa térmica, proporcionando calor no inverno e frescor no verão, as construções de cob são resistentes ao fogo, capazes de suportar atividades sísmicas e possuem custo praticamente nulo. (Othon et al., 2016)

No cob o barro é assentado manualmente, sem a necessidade de formas, estruturas complementares ou argamassa. As paredes da casa são erguidas em camadas conhecidas como fiadas, cada uma com aproximadamente 30 metros de extensão. Após completar uma fiada é possível iniciar uma nova, permitindo pelo menos um dia para que a fiada inferior seque. Dessa forma, as paredes da casa são construídas e secam como uma única entidade, funcionando como uma estrutura monolítica (Coimbra, 2017).

Esse material natural oferece diversas vantagens em comparação com os materiais industrializados, incluindo a capacidade de regular a umidade do ambiente, armazenar calor, ser produzido com baixo consumo energético, ser reutilizável, econômico, adequado para autoconstrução e preservar materiais orgânicos em contato direto, como a madeira, entre outras (Coimbra, 2017).

Figura 6: Edifícios em terra no Iêmen



Fonte: SustentArqui, 2020.

Apesar de suas vantagens o Cob também apresenta desafios, incluindo a necessidade de habilidades especializadas na sua construção e a vulnerabilidade à umidade se não for adequadamente protegido. No entanto, com a pesquisa contínua e a disseminação do conhecimento sobre as melhores práticas de construção de Cob, esses desafios podem ser superados tornando-o uma opção ainda mais viável para a construção sustentável no futuro.

4.6 Telhados verdes

O telhado verde que consiste em uma cobertura vegetal implantada sobre as superfícies dos telhados convencionais, é composto principalmente por vegetação, substrato, camada filtrante, camada drenante, camada protetora, manta de impermeabilização e estrutura do telhado convencional (figura 7) com cada parte do sistema possuindo uma função (Tassi et al., 2014).

A camada de vegetação em um telhado verde deve ser selecionada de acordo com as condições climáticas locais. Essa vegetação desempenha um papel crucial ao interceptar parte da chuva, impedindo que atinja diretamente o solo. Através do processo de evapotranspiração a água é perdida para a atmosfera, aumentando assim o potencial de retenção de água no substrato. Além disso, a presença da vegetação retarda o escoamento superficial que ocorre quando o substrato atinge a saturação. O substrato em um telhado verde é composto pela camada de solo, desempenhando o papel de suporte para a fixação da vegetação, fornecendo água e nutrientes essenciais para a manutenção da vegetação. Essa camada desempenha uma função crucial ao armazenar temporariamente a água durante eventos chuvosos. A camada filtrante em um telhado verde atua como uma barreira que separa as camadas de vegetação e substrato da camada drenante, onde sua função essencial é evitar a migração de partículas do substrato para o interior da camada drenante, contribuindo para a preservação da funcionalidade do telhado verde (referência à camada filtrante em telhados verdes). A presença da camada de drenagem em telhados verdes, especialmente em telhados praticamente horizontais, é fundamental para prevenir alagamentos indesejáveis e minimizar o estresse da vegetação. Essa camada desempenha um papel crucial ao reter parte da água da chuva, proporcionando suporte hídrico necessário durante períodos de estiagem. Além disso, a camada protetora, localizada acima da estrutura do telhado, tem como finalidade reter umidade e nutrientes, oferecendo proteção física à membrana de impermeabilização contra o crescimento das raízes da vegetação. A impermeabilização, geralmente realizada com o uso de hidro-repelentes, visa evitar o contato da água com a estrutura do telhado (referência às camadas de drenagem, camada protetora e impermeabilização em telhados verdes). (Tassi et al., 2014)

Os telhados verdes demonstram a capacidade de reduzir os picos de temperatura e aumentar a umidade nas edificações durante os períodos mais quentes do ano. Essa característica contribui para manter o ambiente mais confortável para os usuários, podendo, inclusive, resultar na diminuição do uso de equipamentos de refrigeração, o que gera economia de energia (Frizon et al., 2018).

Figura 7: Elementos do telhado verde



Fonte: Costa e Aranha, 2015.

Percebe-se que as iniciativas na área de Telhados Verdes são mais consolidadas internacionalmente, principalmente na Europa e nos Estados Unidos da América (EUA), enquanto no Brasil ainda é um modelo incipiente e pontual, com poucas edificações adotando essa prática. Essa situação representa uma perda de oportunidade para o desenvolvimento e implementação de políticas nesse setor. Contudo, diante da crescente visibilidade das questões ambientais em escala global, acredita-se em uma mudança de comportamento em relação à natureza, impulsionada por ações, preferencialmente aquelas incentivadas pelo Estado, sem desconsiderar iniciativas do setor econômico e da sociedade. O estímulo indutivo e preventivo do setor público é considerado fundamental para alcançar esse objetivo, uma vez que ele compartilha corresponsabilidade com o setor econômico e a sociedade civil na proteção do patrimônio público relacionado ao meio ambiente. Assim, ações locais podem resultar em melhorias na qualidade ambiental, refletindo globalmente e contribuindo para a qualidade de vida (Rangel et al., 2015).

No Brasil, um dos maiores telhados verdes está situado em Florianópolis, com 6 mil metros quadrados. O sistema procura mitigar os efeitos nocivos ao meio ambiente, contribuindo para a conservação do microambiente na área, enquanto se apresenta como uma eficaz estratégia para expandir as zonas de cultivo locais. Além disso, a área verde também atenua a retenção de calor, resultando na diminuição da necessidade de utilização de aparelhos de ar-condicionado e, por conseguinte, na redução do consumo de energia (Casa Cor, 2022).

As coberturas vegetais contribuem para a redução dos impactos ambientais tanto em construções existentes quanto em novos empreendimentos, representando uma valiosa ferramenta para ser implementada nas áreas urbanas. Além disso, conforme evidenciado por este estudo, fica evidente que os telhados verdes surgem como uma alternativa promissora para abordar as questões ambientais nos centros urbanos, exercendo influência positiva na climatização, drenagem pluvial e no armazenamento de água da chuva (Guedes et al., 2019).

Entre as desvantagens citadas, tem-se a chance de atrair uma diversidade biológica indesejada, incluindo insetos de pequeno porte como borboletas, abelhas, baratas, mosquitos e formigas. Além de que para a implantação do telhado verde é necessário avaliar previamente a

estrutura da cobertura, devido ao seu porte e necessidade de manutenção. Há algumas deficiências no Brasil em relação a legislação e normatização dos telhados verdes, contudo, muitos autores não consideram essas desvantagens (Oliveira; Moreira; Nogueira, 2023).

5 DISCUSSÃO DAS TÉCNICAS

Ao explorar as técnicas da bioconstrução no decorrer do artigo, percebe-se que existe a possibilidade de priorizar o meio ambiente ao construir novas edificações. Neste tópico, foi consolidado as técnicas apresentadas, disponibilizando uma visão global das abordagens sustentáveis. O quadro 1 tem o objetivo de incentivar arquitetos, construtores e estudantes para a exploração do assunto e buscar uma coexistência equilibrada entre homem e meio ambiente, tornando um guia prático para a expansão e divulgação de outros métodos de construção.

Quadro 1: Consolidade das técnicas de bioconstrução

Tecnologia	Resumo	Vantagens	Desvantagens
Adobe	Tijolos moldados por processo mecânico, manual ou moldagem. A matéria prima é o solo.	Sua sustentabilidade está ligada ao fato de dispensar o uso de cimento e combustíveis no processo de secagem. Ainda, cita-se a sua durabilidade, o conforto térmico e regulação da umidade do ar oferecido pelo material.	Não há norma que regulamente a técnica.
Taipa de pilão	Alvenaria autoportante com terra, que se obtém uma massa homogênea através do apiloamento.	Material atóxico, oferecendo equilíbrio ecológico e conforto térmico.	Necessidade de mão de obra intensiva e baixa velocidade no processo construtivo, contudo, já existe processo de mecanização da tecnologia construtiva.
Bambu	Recurso totalmente natural com diversas aplicabilidades na construção civil, como em fachadas e forros.	Resistência a tração parecida com a do aço, permitindo vencer grandes vãos. Alta durabilidade e baixa manutenção. Além de ser economicamente viável.	É necessário tratamento e preservação contra fungos e insetos. Ainda há falta de padronização e certificação
Cob	Sistema tradicional em terra crua. Possuem base mais espessa que o topo.	Não há necessidade de formas, estruturas complementares ou argamassas. Baixo consumo energético, material reutilizável e econômico.	Necessário habilidades especializadas e há vulnerabilidade a umidade, se não for adequadamente protegido.
Telhados verdes	Cobertura vegetal aplicada sobre telhados convencionais.	Interceptor de chuvas, reduzem picos de temperatura e aumentam umidade das edificações.	Chances de atrair uma biodiversidade ecológica de pequeno porte (insetos), alta manutenção, deficiência de legislação e normatização.

Fonte: Quadro escrito pelo autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bioconstrução ou construção sustentável representa um conjunto de técnicas e abordagens que visam garantir menos impacto ao meio ambiente. Alguns desses métodos construtivos já foram muito usados no passado e hoje, estão totalmente alinhados à emergência global e contemporânea para promoção de edificações que permitam o desenvolvimento

sustentável, alinhados com a necessidade de combater os desafios atuais: mudanças climáticas, aquecimento global, descarte de resíduos, degradação ambiental e escassez de recursos.

Avanços significativos têm sido alcançados no desenvolvimento de tecnologias e materiais inovadores para construções sustentáveis. Isso inclui sistemas de energia renovável, como painéis solares e turbinas eólicas, materiais de construção de baixo impacto ambiental, como concreto reciclado e madeira certificada e tecnologias inteligentes para monitoramento e gestão de edifícios.

Apesar dos avanços, as construções sustentáveis ainda enfrentam diversos desafios, incluindo custos iniciais mais elevados, falta de conscientização e capacitação e resistência às mudanças de paradigma na indústria da construção. No entanto, o crescente interesse público, avanços tecnológicos e incentivos governamentais oferecem perspectivas promissoras para o futuro das construções sustentáveis.

O engajamento ativo de profissionais, instituições acadêmicas, setor privado e governos é essencial para melhorar a transição para métodos construtivos mais sustentáveis. Incentivos fiscais, regulamentações ambientais favoráveis e programas educacionais são alguns dos instrumentos que podem impulsionar a adoção generalizada da bioconstrução.

A apresentação dos vários métodos no decorrer do texto, demonstram que há muitas formas de trabalhar e aplicá-los nas edificações. Materiais e técnicas que vêm sendo aprimoradas para contribuição de um futuro sustentável.

O adobe é um testemunho da habilidade humana de utilizar os recursos naturais de forma criativa e sustentável. Em um mundo onde a sustentabilidade e a resiliência são cada vez mais importantes, o adobe representa uma solução valiosa para a construção de comunidades mais sustentáveis, resilientes e culturalmente ricas.

A taipa de pilão é mais do que uma técnica de construção antiga é um testemunho da sabedoria humana e da habilidade de adaptar materiais locais para atender às necessidades de habitação ao longo dos séculos. Em um mundo onde a sustentabilidade e a resiliência são cada vez mais importantes, a taipa de pilão oferece uma alternativa viável e valiosa para a construção de comunidades mais sustentáveis e resilientes.

O bambu representa uma alternativa promissora e sustentável aos materiais de construção convencionais. Sua disponibilidade, versatilidade e benefícios ambientais o tornam uma escolha atraente para projetos de construção em todo o mundo. No entanto, é importante considerar questões de manejo sustentável, certificação e normatização para garantir que o uso do bambu na construção civil seja feito de forma responsável e ética. Com o crescente interesse na construção sustentável, o bambu está emergindo como um recurso valioso para a criação de edifícios mais ecológicos, resilientes e eficientes.

O Cob oferece uma alternativa promissora e ecológica aos materiais de construção convencionais. Sua versatilidade, durabilidade e sustentabilidade o tornam uma escolha atraente para arquitetos, construtores e proprietários que buscam construir de forma mais consciente. Com a crescente conscientização sobre os desafios ambientais enfrentados pelo setor da construção, o Cob está emergindo como uma solução relevante e inspiradora.

Os telhados verdes representam uma abordagem inovadora e eficaz para promover a sustentabilidade ambiental e o bem-estar humano na bioconstrução. Seus benefícios ambientais, ecológicos e sociais fazem deles uma escolha atraente para arquitetos, construtores

e proprietários que buscam criar espaços habitáveis mais saudáveis e ecologicamente conscientes.

Construção sustentável é uma abordagem essencial para enfrentar os desafios ambientais e sociais do século XXI. Esta revisão bibliográfica destaca a importância e a complexidade do tema, fornecendo uma base sólida para futuras pesquisas e ações na área das construções sustentáveis. O compromisso contínuo com a inovação, colaboração e responsabilidade ambiental é fundamental para promover um ambiente construído mais sustentável.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTACIONAMENTOS. Bambus dominam The Leipzig Zoo, 2016. Disponível em: <http://abrapark.com.br/site/bambus-dominam-the-leipzig-zoo>. Acesso em 11 de janeiro de 2024.

BARAYA, S.; SBEGHEN, C. (trad.). Adobe: o material reciclável mais sustentável. Publicado em 18 de agosto de 2020. Disponível em: www.archdaily.com.br/br/945393/adobe-o-material-reciclavel-mais-sustentavel. Acesso em: 5 mar. 2024.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é-o que não é**. Editora Vozes Limitada, 2017. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=px46DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=sustentabilidade&ots=bFpnIDbaxg&sig=oX6U2RK3jWm1mvZ_t41_v50fKNY#v=onepage&q=sustentabilidade&f=false. Acesso em: 5 mar. 2024.

CASACOR. Um dos maiores telhados verdes do Brasil está localizado em Florianópolis. Publicado em 2022. Disponível em: <https://casacor.abril.com.br/sustentabilidade/maior-telhado-verde-florianopolis/>. Acesso em: 4 mar. 2024.

COIMBRA, Juliano Moreira. MUTIRÃO NO PROCESSO CONSTRUTIVO DE CASAS DE BARRO: VANTAGENS E LIMITAÇÕES. **Mix Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 47-61, 2017. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/2300>. Acesso em: 6 mar. 2024.

COSTA RANGEL, Ana Celecina Lucena; ARANHA, Kaline Cunha; DA SILVA, Maria Cristina Basílio Crispim. Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a sustentabilidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 35, 2015.

ECO Tecnologias. Telhados Verdes – Conceito. Disponível em: https://ecotecnologias.org/?page_id=561. Acesso em 19 de janeiro de 2024.

EIJK, Dries; DE SOUZA, Vicente Custódio Moreira. Surgimento, desenvolvimento e desaparecimento da técnica taipam de pilão no Brasil. **Conservar patrimônio**, n. 3-4, p. 17-24, 2006. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=513653427002>. Acesso em: 4 mar. 2024.

ESTUDIO Lamela; Rogers Stirk Harbour + Partners. Terminal do Aeroporto de Madri-Barajas. Publicado em 14 de junho de 2017. ArchDaily Brasil. Acessado em 5 de março de 2024. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/873425/terminal-do-aeroporto-de-madri-barajas-estudio-lamela-plus-richard-rogers-partnership>. ISSN 0719-8906.

FIGUEIREDO, L. Shibam, a cidade dos arranha-céus de terra. Publicado em 18 de agosto de 2020. Disponível em: sustentarqui.com.br/shibam-a-cidade-dos-arranha-ceus-de-terra. Acesso em: 6 mar. 2024.

FRIZON, Ana Julia et al. Telhados verdes como alternativa para construções sustentáveis. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 5, p. 620-629, 2018. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/6197/6090>. Acesso em: 18 de janeiro de 2024.

GALVÃO, José. O Adobe e as arquiteturas. 2015. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Adobe_e_as_Arquiteturas.PDF. Acesso em: 04 de janeiro de 2024.

GUEDES, Flávio Leôncio et al. Análise comparativa de custos e vantagens entre telhados verdes e sistemas convencionais de coberturas. **Revista Eletrônica da Estácio Recife**, v. 5, n. 2, 2019. Disponível em: <https://reer.emnuvens.com.br/reer/article/view/316>. Acesso em: 5 mar. 2024.

INSTITUTO CIDADE JARDIM. Telhado verde Kraft Foods – Piracicaba, 2012. Disponível em: <https://institutocidadejardim.wordpress.com/2012/01/15/telhado-verde-kraft-foods-piracicaba/>. Acesso em: 10 de janeiro de 2024.

JUNIOR, Alfredo Baganha Teixeira; KENUPP, Leonardo Kozlowiski; DE QUEIROZ CAMPOS, Rodrigo. Utilização de bambu na construção civil—uma alternativa ao uso de madeira. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 5, n. 1, 2009. Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/177/130#>. Acesso em: 11 de janeiro de 2024.

LEMOS, SILAS ROCHA. ANÁLISE EXPERIMENTAL DA APLICAÇÃO DO BAMBU BAMBUSA VULGARIS VITTATA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2019.

MENDES, Ludmila Cardoso Fagundes; BESSA, Sofia Araújo Lima. ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL EVOLUTION OF CONTEMPORARY RAMMED EARTH. 2023.

OBATA, Sasquia Hizuru; GHATTAS, Michel Habib. Bioconstrução: a forma básica para a sustentabilidade das construções. In: **XII Safety, Health and Environment World Congress. Anais do XII Safety, Health and Environment World Congress, São Paulo**. 2012. p. 148-152. Disponível em: <https://copec.eu/congresses/shewc2012/proc/works/032.pdf>. Acesso em: 03 de janeiro 2024.

OLIVEIRA, Geovana Aparecida Prestes; DE SOUZA KAPP, Thalia Ferreira. Bioconstrução e sua participação nas práticas sustentáveis. **Anais do Salão de Iniciação Científica Tecnológica ISSN-2358-8446**, 2023. Disponível em: <https://www.phantomstudio.com.br/index.php/sic/article/view/2828>. Acesso em: 03 de janeiro de 2024.

OLIVEIRA, THAISA FRANCIS CÉSAR SAMPAIO. Sustentabilidade e arquitetura: uma reflexão sobre o uso do bambu na construção civil. 2006.

OLIVEIRA CARVALHO, Ingrid Beatriz; MOREIRA, Ueber Almeida; NOGUEIRA, Leandro Ribeiro. TELHADO VERDE: Vantagens e Desvantagens. In: **Simpósio**. 2023. p. 6-6.

OLIVEIRA, Naieide Batista de. Poliestireno expandido: uma análise da aplicação na construção civil. 2016.

PISANI, Maria Augusta Justi. Taipas: a arquitetura de terra. **Revista Sinergia**, v. 5, n. 1, p. 09-15, 2004.

PROMPT, Cecília. Curso de bioconstrução. **Ministério do Meio Ambiente**, 2008. Disponível em: <https://comosereformaumplaneta.files.wordpress.com/2013/09/curso-de-bioconstruc3a7c3a3o.pdf>. Acesso em 04 de janeiro de 2024.

RANGEL, Ana Celecina Lucena; ARANHA, Kaline Cunha; DA SILVA, Maria Cristina Basílio Crispim. Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a

sustentabilidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 35, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/39177>. Acesso em: 19 de janeiro de 2024.

ROCHA, S. Estudo de caso: Telhado verde Kraft Foods – Piracicaba. Publicado em 15 de janeiro de 2012.

RODRIGUES, Faline Arantes; FEIBER, Silmara Dias. Arquitetura viva: sustentabilidade com a técnica tradicional de taipa de pilão em construções contemporâneas. **Anais do Simpósio de Sustentabilidade e Contemporaneidade nas Ciências Sociais**, v. 1, n. 1, 2013.

SALAZAR, Johnny. Manual de Construcción Natural Construyendo con Cob. **Scribd**, <http://scr.bi/dmPI37>, consultado em novembro de, 2011.

SANTOS, Daniel Pinheiro; BESSA, Sofia Araújo Lima. O uso do adobe no Brasil: uma revisão de literatura. **Mix sustentável**, v. 6, n. 1, p. 53-66, 2020. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/3741>. Acesso em: 6 mar. 2024.

SPADOTTO, Aryane et al. **Desenvolvimento de modelo conceitual para concepção de projetos para desconstrução**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30459>. Acesso em: 4 mar. 2024.

STEENBOCK, G. E.; TAVARES, S. F. Taipa de pilão: do vernacular à mecanização. In: *Técnicas construtivas*, ano 22, abr. 2022. Panorama mundial e brasileiro.

SUSTENARQUI. Shibam, a cidade dos arranha céus de terra. Disponível em: <https://sustenarqui.com.br/shibam-a-cidade-dos-arranha-ceus-de-terra/#:~:text=A%20cidade%20de%20Shibam%20localizada,segundo%20o%20site%20da%20UNESCO>. Acesso em: 15 de janeiro de 2024.

TASSI, Rutinéia et al. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 139-154, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000100012>. Acesso em: 4 mar. 2024.

TERMINAL DO AEROPORTO DE MADRI-BARAJAS / Estudio Lamela & Rogers Stirk Harbour + Partners. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/873425/terminal-do-aeroporto-de-madri-barajas-estudio-lamela-plus-richard-rogers-partnership>. Acesso em: 12 de janeiro de 2024.

UFSC. Taipa de pilão. Disponível em: <https://portalvirtuhab.páginas.ufsc.br/taipa-de-pilao/>. Acesso em: 05 de janeiro 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n1.66-77>. Acesso em: 22/02/2024.