

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Engenharia Agrícola e Ambiental

**CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – UMA REVISÃO SOBRE CONSTRUÇÕES COM
BLOCO DE TERRA**

ALBERTHY MATEUS REIS GLÓRIA



Alberthy Mateus Reis Glória

CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – UMA REVISÃO SOBRE CONSTRUÇÕES COM BLOCO DE TERRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof.^a Irene Menegali

Co-orientador: Lindeneia de Jesus Matias

Montes Claros

Instituto de Ciências Agrárias – UFMG

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ICA - COLEGIADO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA AMBIENTAL

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA/TCC

Aos treze dias do mês de janeiro de 2025, às 15h00min, o/a estudante Alberthy Mateus Reis Gloria, matrícula 2018070821, defendeu o Trabalho intitulado “CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – UMA REVISÃO SOBRE CONSTRUÇÃO COM BLOCO DE TERRA” tendo obtido a média (91).

Participaram da banca examinadora os abaixo indicados, que, por nada mais terem a declarar; assinam eletronicamente a presente ata.

Nota: 91 (noventa e um)

Orientador(a): Irene Menegali

Nota: 92 (noventa e dois)

Coorientador(a), se houver: Lindeneia de Jesus Matias

Nota: 90 (noventa)

Examinador(a): Julia Ferreira da Silva



Documento assinado eletronicamente por **Irene Menegali, Professora do Magistério Superior**, em 14/01/2025, às 12:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Julia Ferreira da Silva, Professora do Magistério Superior**, em 14/01/2025, às 15:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lindeneia de Jesus Matias, Usuária Externa**, em 15/01/2025, às 19:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3878443** e o código CRC **BFAE3710**.

INSTRUÇÕES

Este documento deve ser editado apenas pelo Orientador e deve ser assinado eletronicamente por todos os membros da banca.

AGRADECIMENTOS

A Professora Orientadora Irene Menegali pela orientação, auxílio e ensinamentos; à minha Co – Orientadora Lindeneia de Jesus Matias por me acompanhar em cada passo do processo e não me permitir desistir. Agradeço muito a minha filha Ester Matias de Jesus Reis Gloria por mesmo sem fazer ideia, me sustentar e me dar força nos momentos mais difíceis da minha graduação. Agradeço aos meus colegas de curso, em menção especial ao Eric Anderson, a Bruna Evangelista, ao meu veterano Pablo Rafael que me ajudou grandemente nos meus estágios e aprendizados, e a os diversos outros que estiveram ao meu lado nessa trajetória longa até aqui. Meus sinceros agradecimentos a todos os professores do Campus ICA com os quais pude aprender e fazer amizade, participar de projetos e amadurecer muito.

Agradeço à Instituição da UFMG e a toda estrutura que a universidade me proporcionou, também agradeço a Fazenda Cana brava e a Fazenda Caraíbas pelos estágios que fizeram com que eu tivesse mais certeza de que eu escolhi a área que eu tenho afinidade e amo muito. Aos amigos de diversos lugares e regiões, principalmente a minha Mãe que me colocou no mundo e me fez ser quem eu sou, ao meu Pai Denílson Pereira Gloria que me deu apoio nesses anos de faculdade e a minha filha que foi tudo para mim. Foram tantas as pessoas que estavam ao meu lado nessa caminhada que não caberiam em mil páginas então, deixo aqui meus sinceros agradecimentos àqueles que me ajudaram a me definir como pessoa e profissional nessa longa trajetória e estiveram comigo esses anos, sinceramente: Obrigado!

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Blocos de adobe secando ao ar livre.....	12
Figura 2 – Blocos de adobe moldados e secos ao sol sob supervisão, para verificação de possíveis anomalias.....	13
Figura 3 – Bois pisam no preparo do adobe para misturar e homogeneizar o material ...	14
Figura 4 – Composição do solo.....	15
Figura 5 – Murro residencial feito com uso de adobe e rochas de sustentação.....	19
Figura 6 – Estrutura habitacional construída em adobe e alvenarias convencionais, mostrando um leque de opções e variedades arquitetônicas	25
Figura 7 – Casa construída em adobe com harmonização natural.....	25
Figura 8 – Construção utilizando técnica com variação entre adobe, tijolos convencionais e cerâmicas.....	26

RESUMO

Desde a antiguidade, a humanidade buscou abrigo para proteção e armazenamento de alimentos, levando ao desenvolvimento em tecnologia de formas de construção e inevitavelmente de práticas sustentáveis. Com o passar das décadas a sociedade humana cresceu e para acompanhar a crescente demanda por abrigo foram desenvolvidos materiais para construções mais rápidas e eficientes, que poderiam ser produzidos em massa para suprir a necessidade do mercado. Com o passar dos anos e com os abusos do homem a natureza surgiu à necessidade de compensar e reduzir os danos, com esse pensamento surgiu à ideia de construções sustentáveis, esta que visa harmonizar as necessidades humanas e sustentação ambiental. Mas nas raízes da construção de estruturas se tem os materiais mais versáteis e abundantes que se tem conhecimento, a terra e a pedra, que nos primórdios foram os materiais que deram a proteção e segurança para nossos antepassados. O adobe, composto por terra, água e fibras vegetais, é uma alternativa ecológica e econômica, destacando-se por suas boas propriedades térmicas e acústicas. Além da abordagem do adobe em específico, também foi tratado outros métodos de mesma natureza como o BTC (bloco de terra comprimida) e a taipa. O objetivo do mesmo é reintegrar os blocos de terra como forma de solução nas construções modernas, apresentando seus benefícios e especificações, sua natureza e suas aplicações, para que o assunto seja mais debatido no meio acadêmico e social no intuito de surgir mais interesse em pesquisas que modernizem esse conceito. Dentre as práticas de construção, este trabalho foca no uso da terra como material de construção principal, suas tecnologias, demandas e especificações, visando fazer uma revisão bibliográfica a cerca do tema, abordando em especial o uso do adobe como uma alternativa eficiente, econômica e sustentável. Na execução do trabalho foram analisados diversos artigos disponíveis a cerca do assunto nas plataformas digitais (Google acadêmico, Rede Terra Brasil, Revista Scielo e periódicos da UFMG), depois de reunidos os artigos mais relevantes foi feita a análise principal do trabalho sobre o uso de blocos de terra como solução para desenvolvimento sustentável. Portanto, através desses estudos percebe-se a versatilidade e eficabilidade do adobo quando adotado de forma correta e seguindo a NBR17014. Logo, o adobe se apresenta como uma opção viável, econômica e eficaz para construções sustentáveis respeitando as normas de como produzir, e onde utilizar.

Palavras-chave: Adobe, sustentabilidade, construção, natureza, trabalho.

ABSTRACT

Since ancient times, humanity has sought shelter for protection and food storage, leading to the development of construction technology and, inevitably, sustainable practices. Over the decades, human society has grown and, to keep up with the growing demand for shelter, materials have been developed for faster and more efficient construction, which could be mass-produced to meet market needs. Over the years, and with the abuses of man, nature has emerged with the need to compensate and reduce damage, with this thought emerging the idea of sustainable construction, which aims to harmonize human needs and environmental sustainability. However, at the roots of structural construction are the most versatile and abundant materials known: earth and stone, which in the beginning were the materials that provided protection and safety for our ancestors. Adobe, composed of earth, water and plant fibers, is an ecological and economical alternative, standing out for its good thermal and acoustic properties. In addition to the specific approach to adobe, other methods of the same nature were also addressed, such as BTC (compressed earth block) and rammed earth. The objective of the study is to reintegrate earth blocks as a solution in modern constructions, presenting their benefits and specifications, their nature and applications, so that the subject is further debated in academic and social circles in order to generate more interest in research that modernizes this concept. Among construction practices, this work focuses on the use of earth as the main construction material, its technologies, demands and specifications, aiming to conduct a bibliographic review on the subject, addressing in particular the use of adobe as an efficient, economical and sustainable alternative. In carrying out the work, several articles available on the subject on digital platforms (Google Scholar, Rede Terra Brasil, Revista Scielo and UFMG journals) were analyzed. After gathering the most relevant articles, the main analysis of the work on the use of earth blocks as a solution for sustainable development was made. Therefore, through these studies, we can see the versatility and effectiveness of adobe when used correctly and following NBR17014. Therefore, adobe is a viable, economical and effective option for sustainable constructions, respecting the standards of how to produce and where to use it.

Keywords: Adobe, sustainability, construction, nature, work.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	METODOLOGIA	11
2.1	Materiais Sustentáveis	12
2.2	Material básico para produção de adobe	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1	Adobe	13
3.2	Construções com tijolos de barro	16
3.3	Normas para construções com terra (ABNT)	17
3.4	As vantagens de realizar uma construção sustentável	19
3.5	As vantagens e desvantagens do adobe em construções	21
3.6	As vantagens da utilização de tijolos de terra	20
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
5	REFERÊNCIAS	24
6	ANEXO	26

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, a humanidade buscou abrigo como forma de proteção contra as adversidades naturais e os perigos da vida selvagem. A partir dessa necessidade, a evolução humana se desenvolveu marcada pela transição de um modo de vida nômade para um estilo de vida sedentário. Esse progresso foi impulsionado pelo surgimento e aprimoramento da agricultura, que permitiu o cultivo com o objetivo principal de assegurar a alimentação da população (Torgal *et al.*, 2009).

O aprimoramento da agricultura levou à necessidade de aumentar a produção agrícola, tornando indispensáveis obras urbanas para garantir o fornecimento dos insumos essenciais à sociedade. Esse cenário deu início à Revolução Urbana, marcada pela criação e descoberta de materiais de construção com qualidade e tecnologia muito superiores às utilizadas por nossos ancestrais. Entretanto, ao longo de séculos de construções e exploração do meio ambiente, surgiram danos significativos à natureza, gerando preocupações cruciais quanto à sua preservação. No âmbito das construções civis, emergiu o conceito de construções sustentáveis. O surgimento desse conceito foi impulsionado pela grande crise do petróleo na década de 1970 (Gomes *et al.*, 2014).

Uma construção sustentável é definida pelo uso de materiais, técnicas, tecnologias e recursos ecológicos que visam criar edificações em harmonia com o meio ambiente. O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprirem as suas próprias necessidades (Kibert, 2016). As edificações podem ser repensadas, priorizando o uso de materiais ecológicos e de baixo custo. Um exemplo disso é o método construtivo de pau-a-pique, amplamente presente nas paisagens de diversas áreas do nordeste brasileiro e em vários assentamentos na África Central.

A incorporação de técnicas e tecnologias baseadas no conceito de construção sustentável, substituindo substâncias mais poluentes e até mesmo materiais associados à extrema pobreza, favorece a preservação ambiental. Além disso, a utilização dessas técnicas e materiais contribui para tornar as construções mais resistentes e acessíveis a toda a população, promovendo uma relação harmoniosa entre o ambiente construído e o ambiente natural (Coleman, 2018), relaciona-se conforme figura 2 em anexo.

O objetivo com este trabalho foi analisar, através de uma revisão bibliográfica, a construção sustentável, com foco especial no uso do adobe como material ecológico e econômico. O texto busca destacar as vantagens do adobe, como suas propriedades

térmicas e acústicas, e a importância de práticas de construção que respeitem o meio ambiente. Além disso, visa-se explicar os cuidados necessários para garantir a durabilidade do adobe e a adequação desse material às necessidades contemporâneas de sustentabilidade na construção civil.

2 METODOLOGIA

2.1 Revisão Bibliográfica

A metodologia adotada para a realização desta revisão bibliográfica seguiu uma abordagem sistemática, com o intuito de assegurar a seleção criteriosa e a análise das publicações pertinentes ao tema. Inicialmente, foram estabelecidos os objetivos da pesquisa e definidos os critérios de inclusão e exclusão das fontes, considerando aspectos como relevância, atualidade, e credibilidade científica. A seleção dos materiais foi realizada em bases de dados reconhecidas, tais como Scientific Electronic Library Online (SciELO), Web of Science e Scopus, de modo a garantir a abrangência e a qualidade das informações obtidas. Para a busca dos documentos, foram utilizadas palavras-chave previamente definidas.

Após a identificação dos materiais, procedeu-se à leitura crítica e analítica dos artigos, livros e demais documentos selecionados, com o objetivo de extrair as principais teorias, conceitos e abordagens discutidas na literatura. Os dados coletados foram organizados por meio de arquivos de rascunhos devidamente identificados de acordo com os eixos temáticos já estabelecidos, de forma a garantir uma abordagem estruturada e coerente. Para assegurar a qualidade da revisão, foram adotados critérios rigorosos de seleção, priorizando estudos que apresentassem solidez metodológica e contribuição significativa para a área de conhecimento em questão. A síntese das informações obtidas permitiu a identificação de lacunas na literatura mostrando o quanto faz-se necessário trabalhos nessa área. Os resumos produzidos através dos estudos dos artigos encontrados embasaram a formulação do referencial teórico do trabalho, contribuindo para uma compreensão aprofundada e crítica do tema abordado.

2.2 Materiais Sustentáveis

A crescente necessidade de adotar práticas construtivas sustentáveis tem destacado o papel do adobe como um material ecologicamente correto na construção. Este estudo propôs uma revisão abrangente sobre o uso do adobe na construção sustentável, abordando suas características, propriedades físicas e mecânicas, desempenho térmico e acústico, e aplicação em edificações. Com essa pesquisa, baseada em diversas fontes, analisou-se as principais vantagens do adobe em construções rurais, como sua baixa pegada de carbono, facilidade de fabricação, resistência térmica e acústica, e custos reduzidos. Com destaque e ênfase a importância de precauções, especialmente contra a umidade, para garantir a durabilidade do adobe.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A definição de construção se refere ao "conjunto de técnicas para construir". A construção sustentável, por sua vez, é um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno. Essa definição está alinhada com o conceito de sustentabilidade proposto pelo Relatório Brundtland, da ONU, que estabeleceu as bases da economia sustentável com o seguinte axioma: "Desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem suas próprias necessidades" (Kibert, 2016).

Ao longo do tempo, o foco na sustentabilidade foi se expandindo para incluir questões como a gestão dos entulhos durante a construção e o tratamento adequado dos resíduos gerados por moradores e usuários. A compreensão atual é de que a construção sustentável não se limita a resolver problemas pontuais, mas representa uma nova mentalidade para repensar a construção como um todo, abrangendo todos os seus aspectos (Baraya, 2020).

Existem diversas técnicas de construção sustentável que utilizam materiais diferenciados com o objetivo de minimizar a poluição associada às atividades humanas. Um exemplo notável é a construção com materiais industriais sustentáveis, que envolve o uso de materiais produzidos por processos menos prejudiciais ao meio ambiente, como tijolos de solo-cimento, blocos de concreto celular autoclavado e madeira certificada (Baraya, 2020).

Outra abordagem relevante é a construção com resíduos não reprocessados, exemplificada pelo método Earthship. Essa técnica utiliza materiais descartados para erguer casas autossuficientes e sustentáveis. Essas práticas não apenas buscam aperfeiçoar a eficiência e a funcionalidade das construções, mas também enfatizam a importância de reduzir o impacto ambiental, aproveitando os materiais de maneira consciente e inovadora. A construção com materiais de reuso envolve o aproveitamento de elementos retirados de construções demolidas. Já a construção alternativa emprega técnicas sustentáveis, como superadobe, bambu, garrafas PET e contêineres, visando menor impacto ambiental e custos reduzidos (Yener; Tuncer, 2018).

3.1 Adobe

A crescente preocupação com os impactos ambientais da construção convencional tem impulsionado a busca por materiais mais sustentáveis nas construções. Nesse contexto, a técnica do adobe se destaca como uma opção ecologicamente correta e economicamente viável. Composto por terra crua, água e fibras vegetais, como palha, o adobe é moldado em tijolos e secado ao sol, relaciona-se conforme (Figuras 1 e 2) em anexo. Essa prática tem sido utilizada há séculos em várias partes do mundo, especialmente no México (Fuentes *et al.*, 2018).

FIGURA 1: Blocos de adobe secando ao ar livre.



Fonte: Santiago B., 2020.

FIGURA 2: Blocos de adobe moldados e secos ao sol sob supervisão, para verificação de possíveis anomalias.



Fonte: Santiago B., 2020.

Na região de Bogotá (Colômbia), duas técnicas são empregadas na construção: a parede de taipa e os blocos de adobe. As paredes de adobe, com uma espessura menor, retêm calor e o liberam para o interior da construção à noite, ao contrário da taipa, que pode resultar em espaços mais frios. Além disso, o adobe se coloca a frente do tijolo queimado, pois seus moldes são fabricados no local, permitindo variações morfológicas e correções construtivas mais econômicas (beildeck *et al.*, 2019).

O adobe, financeiramente acessível, oferece vantagens ambientais notáveis ao utilizar materiais locais e renováveis. Sua excelente capacidade de isolamento térmico contribui para a redução do consumo de energia destinado ao aquecimento e resfriamento das edificações. Além disso, a técnica construtiva do adobe é de fácil aprendizado, permitindo sua adoção por comunidades locais na construção de suas próprias habitações. No entanto, é crucial destacar que o uso do adobe exige cuidados específicos, como a implementação de medidas para proteção contra umidade e a realização de manutenções regulares para prevenir fissuras e rachaduras. Conduzir estudos de solo é imprescindível para avaliar a aptidão do terreno para a técnica do adobe, garantindo a estabilidade da construção (Bortolozzo; Giacheti, 2019).

Na produção de blocos de adobe, a escolha criteriosa do solo é fundamental. Um solo excessivamente arenoso torna os blocos propensos a quebrarem facilmente, enquanto a umidade excessiva compromete a moldagem adequada. A terra deve conter a quantidade suficiente de argila para garantir a plasticidade necessária. Nesse contexto, o mestre construtor especializado em adobe desempenha o papel de avaliador, determinando a

eficácia do solo. Isso destaca a importância de selecionar o local da obra de forma a minimizar o impacto ambiental. Se a análise do solo indicar inadequação para a produção local, serão necessárias realocações, o que pode aumentar os custos e as emissões de carbono (Nascimento *et al.*, 2018).

O adobe, uma combinação de argila, areia, água e outros elementos naturais, é utilizado na fabricação de tijolos crus. Tipicamente empregados como alvenaria de vedação, esses tijolos também podem ser usados em alvenaria estrutural, desde que sejam observados os cuidados necessários. O crescente interesse em soluções sustentáveis na construção civil tem impulsionado o uso de tijolos de adobe como uma alternativa que oferece qualidade e consciência ecológica (Kheradmand *et al.*, 2016).

No processo artesanal de fabricação de blocos de adobe, os bois pisam na terra enquanto a água é adicionada regularmente, relaciona-se conforme (Figura 3). Para evitar o excesso de lama, adiciona-se areia, o que melhora a maleabilidade. Em seguida, incorpora-se esterco de cavalo, sendo importante que o animal resida em piquetes, e não em manjedouras, para evitar a presença de serragem na mistura. Após moldar os blocos nas dimensões desejadas, eles passam pela etapa de pré-secagem no mesmo solo onde foram fabricados. Essa fase pode durar de 1 a 2 meses, dependendo das condições meteorológicas. Embora seja prático cobri-los para acelerar a secagem, o contato direto com as gotas de chuva confere uma textura característica (Baraya, 2020). Em suma, ao adotar materiais e métodos construtivos ecologicamente corretos, como o adobe, não apenas contribuimos para reduzir os impactos ambientais da construção civil, mas também promovemos o desenvolvimento sustentável de comunidades rurais.

FIGURA 3: Bois pisam no preparo do adobe para misturar e homogeneizar o material.



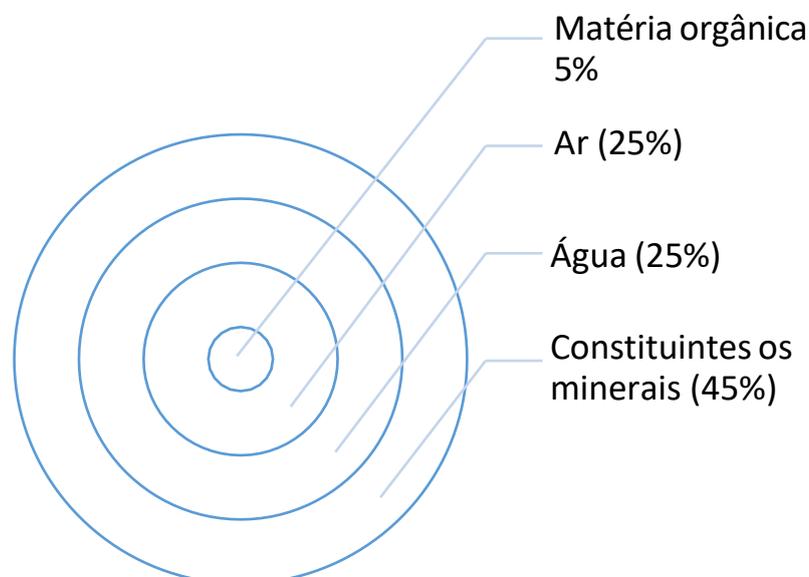
Fonte: Santiago B., 2020.

3.2 Construções com tijolos de barro

A prática da construção com terra crua tem raízes profundas, estendendo-se por mais de 10.000 anos, e é reconhecida como o primeiro material utilizado na construção de habitações. Referências a técnicas que combinam barro e palha podem ser encontradas até mesmo no livro de Êxodo da Bíblia. Nas antigas civilizações do Egito e Mesopotâmia, os tijolos de argila secos ao sol eram predominantes na maioria das construções, enquanto os tijolos queimados eram reservados para estruturas internas de edificações maiores (Alcântara *et al.*, 2018).

O solo ideal para a confecção de tijolos de barro possui como maiores constituintes os minerais (45%), seguido por ar (25%) e água (25%), com a matéria orgânica representando 5%, conforme (Figura 4) (Santos *et al.*, 2018). As propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são determinadas por fatores como a origem dos minerais, o clima, o relevo, o tempo e os organismos vivos que o habitam. Essas propriedades também influenciam a elasticidade e outras características do solo, Santos *et al.*, (2018). Segundo Andréa *et al.* (2016) a composição granulométrica ideal da mistura de solo para o adobe possui quantidades diferentes dos componentes areia, silte e argila com proporções descritas de forma diferente dependendo dos estudos de autores diferentes conforme (Quadro 1).

FIGURA 4: Composição do solo.



Fonte: Santos, *et al.*, 2018.

QUADRO 1 – Composição Granulométrica para o Adobe

Autor	Argila (%)	Areia (%)	Silte (%)
Velloso <i>et al.</i> (1985)	9 a 3	-	9 a 3
Martinez (1979)	20	40 a 55	-
Alves (1985)	< 20	> 45	-

Fonte: Do autor (2024) baseado em Ribeiro *et al.* 2006.

Para a obtenção de tijolos de barro de qualidade, as propriedades físicas do solo, como cor, textura, estrutura, porosidade e profundidade, são cruciais. Elas desempenham um papel fundamental na neutralização de processos físicos, químicos e biológicos (Reatto *et al.*, 2008). Além disso, as propriedades químicas do solo, relacionadas à acidez, matéria orgânica e fertilidade, são igualmente essenciais. Essas propriedades incluem a saturação de bases (V%), a capacidade de troca catiônica (CTC), a saturação de alumínio (m%), o teor de nutrientes (principalmente potássio, cálcio, magnésio e alumínio) e o grau de acidez (pH) (Moreno *et al.*, 2008; Reatto *et al.*, 2008).

A absorção de água por capilaridade é um mecanismo fundamental para a penetração nos blocos de terra comprimida (BTCs) em condições normais. Isso ocorre devido à chuva cíclica ou à elevação capilar da água do solo de fundação. Testes são realizados para determinar a capacidade de absorção de água pelos vasos capilares nos BTCs, fenômeno causado pela diferença de pressão entre a superfície da água livre em contato com o bloco e a superfície da água nos vasos capilares. A resistência à compressão dos BTCs varia conforme o tipo de solo e a utilização de ligantes ou adjuvantes, e ainda não há um valor mínimo regulamentado para essa característica (Nascimento *et al.*, 2018).

3.3 Normas para construções com terra (ABNT)

Entre 1984 e 1989, foram estabelecidas as primeiras 14 normas para o solo-cimento no Brasil. Essas normas, voltadas para a construção com terra, foram desenvolvidas pelo CEPED (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Bahia), pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) e pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Cinco dessas normas, especificamente relacionadas aos Blocos de Terra Comprimida (BTC) com cimento, foram revisadas entre 2010 e 2013 com a colaboração de membros da RTB e posteriormente publicadas.

Em 23 de janeiro de 2020, foi publicada a ABNT NBR 16814:2020 - Adobe - Requisitos e Métodos de Ensaio. Essa norma resulta de discussões iniciadas com a instalação, em 16 de setembro de 2015, da Comissão de Estudo Construções com Terra, no Comitê Brasileiro da Construção Civil (CE-002:123.009, ABNT/CB-002). O embasamento para essas discussões foi o texto-base debatido na Rede Terra Brasil desde 2012, sob a coordenação do Prof. Obede B. Faria e com a colaboração de Normando Perazzo e Célia Neves (NBR 16814:2020).

Entre o segundo semestre de 2020 e o segundo semestre de 2021, foram realizadas 10 reuniões online, totalizando 40 horas de discussões, com o objetivo de publicar a norma brasileira para uma terceira técnica de construção com terra: a taipa (após BTC e adobe). Após essa etapa, ocorreu o processo de editoração do Projeto de Norma e sua submissão à Consulta Nacional, que recebeu 115 votos favoráveis, sem restrições. O sucesso desse processo deve-se à participação ativa da Rede Terra Brasil (RTB) nas reuniões da Comissão de Estudo, bem como ao envolvimento de representantes da comunidade interessados no uso da terra como material de construção. O desfecho ocorreu em 6 de janeiro de 2022, com a publicação da ABNT NBR 17014 - Taipa de Pilão - Requisitos, Procedimentos e Controle. A Comissão de Estudo Construções com Terra da ABNT/CB02 continua aberta a receber e debater novos projetos de normas técnicas (NBR17014).

A norma ABNT NBR 17014:2022 estabelece requisitos e condições para a técnica de construção com terra conhecida como taipa. Com foco na participação equilibrada de diversas partes interessadas, a norma aborda requisitos gerais, especificações para o solo, utilização de estabilizantes, características da água e o processo de mistura. No que diz respeito às formas, destaca a importância da resistência aos agentes ambientais, rigidez, estanqueidade e conformidade com a geometria da taipa. Na execução do prisma, é necessário seguir requisitos específicos quanto à espessura, comprimento e altura. A norma visa garantir a qualidade, durabilidade e integridade da taipa resultante, proporcionando parâmetros claros para sua aplicação na construção (NBR17014).

A ABNT NBR 17014:2022, que trata da construção com terra, foca especialmente na técnica da taipa. A norma promove uma abordagem equilibrada por meio da participação de diversas partes interessadas, incluindo produtores, consumidores, órgãos técnicos e fornecedores. Nos requisitos gerais, a norma aborda aspectos cruciais, detalhando a caracterização do solo conforme normas específicas. São estabelecidos critérios para o solo, como as porcentagens de material que passa por diferentes peneiras,

o limite de liquidez e o índice de plasticidade. Além disso, a norma permite ajustes na composição granulométrica com adições de areia ou mistura de diferentes tipos de terra. O uso de estabilizantes é autorizado, desde que a terra permaneça como matriz e atenda aos requisitos físico-mecânicos estabelecidos (NBR17014).

A qualidade da água utilizada no processo é especificada de acordo com a norma ABNT NBR 15900-1. Na etapa de mistura, a norma define critérios para a massa específica aparente seca, determinada pela curva de compactação. A resistência da mistura é avaliada com requisitos detalhados, incluindo resistência à compressão e análise de fissuras. Quanto às formas, a norma destaca requisitos essenciais, como resistência aos agentes ambientais, rigidez, estanqueidade e conformidade com a geometria da taipa. A montagem do sistema de formas segue critérios específicos para a execução do prisma, incluindo as dimensões mínimas estabelecidas. Em síntese, a norma fornece diretrizes claras para assegurar a qualidade e durabilidade da taipa, contribuindo para uma construção eficaz e sustentável (NBR17014).

O bloco de terra comprimida (BTC) é produzido com solos ricos em areia e argila, que são estabilizados para garantir resistência. A composição ideal dos blocos prioriza a areia em relação ao cimento, com mais de 50% de areia. Os blocos, moldados em diferentes formatos e tamanhos, passam por um processo de cura de 14 dias, sendo essencial manter a umidade nos primeiros sete dias para aumentar a resistência. A construção com BTC segue o padrão da alvenaria convencional, utilizando argamassa para assentar os blocos. Em paredes com furos, são inseridas barras de aço a cada dois metros, e os furos são preenchidos com argamassa. A alvenaria de BTC aceita diversos revestimentos convencionais; caso contrário, a limpeza das juntas e superfícies deve ser realizada conforme a construção avança. Esse método construtivo pode resultar em uma economia de até 40% em comparação com abordagens tradicionais (Nascimento, D. M. *et al.*, 2018).

3.4 As vantagens de realizar uma construção sustentável

Um empreendimento sustentável deve equilibrar quatro requisitos fundamentais: adequação ambiental, viabilidade econômica, justiça social e aceitação cultural, relacionam-se conforme (Figura 5). No passado, as casas de adobe eram frequentemente associadas a infestações de insetos e vistas como frágeis, o que prejudicava sua imagem como uma opção de construção viável, especialmente em regiões economicamente

desfavorecidas (Neto, 2016). Entretanto, avanços na tecnologia construtiva, como o desenvolvimento do superadobe e o uso de revestimentos duráveis, como o caltífice, aprimoraram a qualidade dessas construções (Campos *et al.*, 2019).

O Caltífice é uma argamassa preparada com os seguintes materiais: Cal + Fibra + Terra + Cimento = Caltífice. O preparo geralmente é com 0,126m³ (07 latas de 18L) de terra, 0,018m³ (01 lata) de cal, 0,018m³ (01 lata) de cimento, 0,5 Kg fibras e 10 litros de água, garantindo a homogeneidade da argamassa. A terra é o componente que proporciona maior volume na argamassa, criando uma textura e coloração orgânica para as paredes, além de causar o menor impacto ambiental nas construções. O cimento tem a função de garantir uma maior resistência na mistura quando reagida com a água, e a cal tem a função de hidratar o cimento impedindo-o de trincar. A Fibra pode-se utilizar varias, as mais comuns são: capim, tecido de Juta e saco de juta (Silva G.; Silva V., 2020).

FIGURA 5: Murro residencial feito com uso de adobe e rochas de sustentação.



Fonte: Santiago B., 2020.

Ainda que em edificações de apenas um pavimento, o adobe possa ser usado como elemento estrutural considerando a ausência de laje de concreto e telhado estruturado em madeira, a princípio, não se deve perder de vista a questão do projeto da edificação, que deve ser realizada de forma tradicional, levando-se em conta a existência de pilares e vigas de concreto armado. No caso, o tijolo de adobe seria a alvenaria de vedação (Campos *et al.*, 2019). Nas construções de adobe, a fundação desempenha um papel

crucial na estabilidade das paredes, relaciona-se conforme figura 4 em anexo, transmitindo as cargas do edifício ao terreno (Bezerra, 2016). O entendimento aprimorado e as inovações tecnológicas destacam o adobe como uma opção mais moderna e durável do que sua percepção tradicional sugeria.

3.5 As vantagens e desvantagens do adobe em construções

Ao considerar a construção com tijolos de adobe, frequentemente associada a problemas antigos, é importante destacar suas vantagens. Essa abordagem oferece uma relação custo-benefício positiva, sendo fácil de fabricar, secar e armazenar. Além disso, os tijolos de adobe apresentam propriedades isolantes, versatilidade em formas e tamanhos, sustentabilidade e baixa demanda por mão de obra especializada, podendo ser aplicados em diversas estruturas. A abundância da matéria-prima, a terra, também contribui para sua viabilidade (Alcântara, M. *et al.*, 2018; Barroso, M., 2010).

O uso de tijolos de adobe na construção apresenta algumas desvantagens, como um processo construtivo mais lento devido à produção dos tijolos, baixa resistência à tração e flexão em comparação com outros materiais, e a fabricação artesanal que demanda espaço e esforço humano. Além disso, o processo exige um alto consumo de água, pode resultar em dificuldades para obter dimensões regulares, e a qualidade depende da mistura e do tempo de repouso. Há também limitações em áreas sísmicas e uma significativa absorção de água, tornando-o desaconselhável em locais úmidos. Embora esses desafios possam ser gerenciados, a proteção contra a umidade é crucial para preservar a funcionalidade da construção (Alcântara, M., *et al.*, 2018; Barroso, M., 2010).

3.6 As vantagens da utilização de tijolos de terra

O bloco de terra comprimida (BTC), também conhecido como tijolo ecológico, é composto por solo, água e, geralmente, cimento ou cal, sendo prensado mecanicamente. Embora compartilhe semelhanças com o adobe, o BTC destaca-se por sua composição mais estável e pelo processo de prensagem. A análise de artigos revelou tanto vantagens quanto desvantagens na utilização do tijolo de adobe na construção civil. A relação custo-benefício é vantajosa, levando em conta a qualidade da edificação e seu potencial sustentável de produção. A incorporação de elementos como o cimento na fabricação dos tijolos de adobe pode melhorar suas características físico-químicas e desempenho. No

entanto, estudos sugerem a retomada da receita tradicional de mistura de terra com argila em elementos de vedação, mesmo em estruturas de um único pavimento. Recomenda-se atenção especial à impermeabilização do tijolo em áreas com alta umidade, que pode ser alcançada por modificações nas adições à massa do tijolo e em seu revestimento externo, proporcionando características climáticas favoráveis à edificação (Neves, C.; Faria, O. B., 2011).

O solo é um material abundante e acessível em muitas regiões, sendo econômico e frequentemente a única opção para classes sociais menos favorecidas. Sua utilização é facilitada pela necessidade de pouco equipamento especializado, tornando-o adequado para autoconstrução. Pode ser aplicado em diversas partes da construção, é reutilizável após trituração e umedecimento, é resistente ao fogo e contribui para o desempenho energético da edificação. Além disso, não requer grande gasto de energia em seu processo de produção e é ambientalmente apropriado, não gerando subprodutos poluentes (Neves, C.; Faria, O. B., 2011).

O uso da terra como material de construção apresenta desafios, como a reduzida durabilidade, especialmente em áreas com alta precipitação, e a baixa resistência à tração e flexão fora do plano das paredes. Além disso, exige manutenção adequada, possui elevada retração (de 0,5% a 12%), e requer paredes mais espessas devido à baixa resistência. A terra também enfrenta uma percepção negativa como "material de segunda" e falta de aceitação institucional em muitos países, resultando na ausência de códigos e normas específicos para seu uso na construção (Neves, C.; Faria, O. B., 2011)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Bloco de Terra Comprimida (BTC), conhecido como tijolo ecológico, destaca-se como uma alternativa sustentável, evitando a poluição gerada pela queima de tijolos convencionais. Sua utilização elimina a necessidade de quebras posteriores ao incorporar conduítes e canos nas paredes, promovendo projetos sustentáveis essenciais para a melhoria da qualidade de vida futura.

Apesar de ter uma fama popular de material de baixa qualidade associado a péssimas características físicas e mecânicas, o tijolo de adobe revela uma relação custo-benefício vantajosa, destacando-se por suas características de conforto e sustentabilidade. A inclusão de elementos como cimento pode aprimorar suas propriedades, e a retomada da mistura tradicional de terra e argila, mesmo em edificações de um pavimento, é recomendada. É importante dar atenção especial à impermeabilização em áreas úmidas. O tijolo de adobe surge como uma opção tecnológica sustentável, adequada tanto para construções tradicionais quanto para moradias de grande porte, proporcionando habitações resistentes, confortáveis, de baixo custo e com impacto ambiental reduzido quando utilizado corretamente.

As incansáveis pesquisas a cerca do tema trouxeram diversas análises e comparações do adobe com outros materiais da construção civil, assim como formulações de misturas para amenizar seus lados mais frágeis e maximizar sua eficiência, assim, o adobe como material sustentável cumpre um papel importante na manutenção e equilíbrio do meio ambiente e traz também benefícios sociais.

As construções com blocos de terra trazem um leque importante quando se fala em sustentabilidade, e com os avanços das pesquisas em melhorias nessa área, se tornam respostas para muitas das dificuldades encontradas hoje quando se trata de sustentabilidade.

5 REFERÊNCIAS

- BARAYA, M. A.. *Construção sustentável e técnicas alternativas*. Editora Ambiental. 2020.
- BEILDECK, L. *et al.*. *O uso do adobe na construção civil: uma revisão*. Revista de Construção Sustentável. 2019.
- BORTOLOZZO, A.; GIACHETI, M.. *Análise da durabilidade do adobe na construção civil*. Editora Construir. 2019.
- COLEMAN, D. *et al.*. *Construções sustentáveis: Teoria e prática*. Editora Verde. 2019.
- FUENTES, E. *et al.*. *Materiais e técnicas para construções sustentáveis: O adobe em foco*. Editora Sustentável. 2018.
- FUENTES, E. *et al.*. *Use of sustainable construction materials: A review of practices, policies, and research*. *Sustainability*, v. 10, n. 9, p. 3075, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10093075>. Acesso em: março de 2023.
- GOMES, J. *et al.*. *Sustentabilidade na construção civil*. Editora Eco. 2014.
- HIDALGO, R. *et al.*. *Desempenho térmico e acústico do adobe*. Revista de Engenharia e Sustentabilidade. 2020.
- KIBERT, C. J.. *Sustainable Construction: Green Building Design and Construction*. CRC Press. 2016.
- KHERADMAND, M. *et al.*. *A comparative study on the environmental and economic aspects of adobe, brick and reinforced concrete buildings*. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 743-752, 2016
- MORENO, M. I. C. *et al.*. *Fatores edáficos influenciando na estrutura de fitofisionomias do Cerrado*. *Caminhos de Geografia*, v. 9, n. 25, p. 173-194, 2008.
- MUDA, Z. C. *et al.*. *Construction waste management through the 3R (reduce, reuse, and recycle) approach*. *Procedia Engineering*, v. 171, p. 1163-1170, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.245>. Acesso em: 13 de maio de 2023.
- NASCIMENTO, D. M. *et al.*. *Análise da técnica de construção com adobe como uma alternativa sustentável para a construção civil*. In *Anais do 5º Congresso Internacional de Tecnologia para o Meio Ambiente*. p. 42-52, 2018.
- NASCIMENTO, J. *et al.*. *Técnicas de construção com adobe e seu impacto ambiental*. Editora Green. 2018.

- NETO, L.. *Produção e controle de qualidade do adobe*. Editora Técnica. 2016.
- NETO, Milton V. C.. *et al. A responsabilidade do engenheiro civil perante as legislações de resíduos da construção civil*. Revista Panorâmica online, v. 2, 2019.
- NEVES, C.; FARIA, O. B. *Técnicas de construção com terra*. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA: 19 p. 2011.
- NEVES, C. M. M. *Desempenho de paredes: procedimento adotado para paredes monolíticas de solo-cimento. 1º Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes da Construção Civil, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil*. P.158-64, 1988.
- NEVES, J.; FARIA, L.. *Guia prático de construção com adobe*. Editora Construir. 2011.
- PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. *Pedologia e Geomorfologia*. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, p. 59-122. 2011.
- REATTO, A. *et al. Relação entre as classes de solos e as principais fitofisionomias do alto curso do Rio Descoberto, Distrito Federal e Goiás*. Planaltina: Embrapa Cerrados. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 111), 2008.
- RIBEIRO, *et al. Avaliação das Propriedades Físicas e Mecânicas do Adobe (Tijolo de Terra Crua)*. Ciên. Agrotev., Lavras, v.30, n. 3, p. 503-515, maio/jun., 2006.
- SANTOS, H. G. *et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN9788570358004.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- SILVA, G. SILVA, V. *Sistema Construtivo em Bambu- Calfitice*. ENTAC. Porto Alegre, RS. Brasil. 4 e 6 de novembro de 2020.
- YENER, E.; TUNCER, B. *Benefits of using reclaimed materials in construction projects*. Journal of Cleaner Production, v. 170, p. 1591, 2018.

6 ANEXO

FIGURA 6: Estrutura habitacional construída em adobe e alvenarias convencionais, mostrando um leque de opções e variedades arquitetônicas..



Fonte: Santiago B., 2020.

FIGURA 7: Casa construída em adobe com harmonização natural.



Fonte: Santiago B., 2020.

FIGURA 8: Construção utilizando técnica com variação entre adobe, tijolos convencionais e cerâmicas.



Fonte: Santiago B., 2020.

