



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB

PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

MATHEUS GOMES SANTOS

ADRIANA CARDOSO RODRIGUES

**SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM TERRA COMO MEIO PARA ALCANCE DE
OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS 11 ONU**

ESTUDO DE CASO

BRASÍLIA

2023



MATHEUS GOMES SANTOS

ADRIANA CARDOSO RODRIGUES

**SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM TERRA COMO MEIO PARA ALCANCE DE
OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS 11 ONU
ESTUDO DE CASO**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa.

Orientação: Andréa Gonçalves Moreira
Bernardes

BRASÍLIA

2023

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos arquitetos, aos engenheiros, aos pesquisadores das mais diversas áreas e aos detentores do conhecimento sobre o “saber fazer”, os quais se empenham em perpetuar o conhecimento sobre as técnicas construtivas com terra, além de desenvolver estudos sobre a eficiência e a resistência do solo como material construtivo, propondo soluções sustentáveis e inovadoras capazes de fomentar mudanças no setor da construção civil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por direcionar e abençoar meus caminhos. Aos meus pais e irmão pelo amor, pela presença, pela dedicação, pela compreensão, pelo apoio e por ser toda a minha estrutura. Ao “meu dupla” Matheus Gomes Santos pela amizade, pelo companheirismo, pela parceria, pela disposição e pelo bom-humor. À professora Andréa Gonçalves Moreira Bernardes pelo incentivo, pela dedicação, pela compreensão, pelo respeito e pelo cuidado com questões que vão além do ensino acadêmico.

Adriana Cardoso Rodrigues

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe, Maria do Socorro Mendes Gomes, e ao meu segundo pai, Roberto Ventura Santos, por me incentivar e proporcionar os meus estudos sempre com muito carinho e amor. À Adriana Cardoso Rodrigues, pelo companheirismo, zelo e afeto, além de confiar a mim a responsabilidade de desenvolver junto com ela o desafio desta pesquisa. Agradeço também aos meus amigos e arquitetos Taís da Silveira Eng Sobral e Caio Frederico e Silva pelo auxílio no processo e em especial à professora Andréa Gonçalves Moreira Bernardes, por todo suporte científico e emocional concedido ao longo deste processo. Por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer à administração do Country Clube de Brasília pela disponibilidade.

Matheus Gomes Santos

A terra dará o seu fruto: vós os comereis com fartura e habitareis em segurança.

(Levítico 25:19)

RESUMO

A técnica de construção com terra remonta à pré-história e é visível em estruturas com mais de 11.000 anos de idade. Esta prática perdura até hoje, testemunhando sua durabilidade e importância histórica. Mesmo com os avanços tecnológicos e a diversidade de materiais industrializados, a terra continua sendo uma opção viável, de fácil acesso e baixo custo. Tais atributos sustentam a sua contínua aplicação na construção, sendo uma tendência crescente devido à sua pegada ambiental mínima e natureza sustentável. Partindo de um estudo de caso na Casa Velha da Fazenda Gama (Brasília/DF), esta pesquisa analisou variadas técnicas de construção com terra e as propriedades higrotérmicas associadas. Isso resultou em um aprofundamento do conhecimento do assunto e destacou as vantagens de seu uso em habitações populares. Tal prática contribui para preservar essa tradição, valorizar a expertise como patrimônio cultural e cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Apesar do advento de novos métodos construtivos, a construção com terra mantém seu lugar relevante na arquitetura contemporânea. A abordagem da pesquisa reforça sua aplicação não apenas como uma solução econômica e de baixo impacto, mas também como uma forma de honrar a história da humanidade e atender às necessidades das gerações atuais e futuras. Em síntese, a construção com terra é uma técnica que atravessa eras, sustentada por sua acessibilidade, custo viável e benefícios ambientais. O estudo de caso na Casa Velha da Fazenda Gama demonstra como essa abordagem pode ser adaptada para atender às demandas contemporâneas, preservando ao mesmo tempo nossa herança cultural e promovendo o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Arquitetura; Arquitetura vernacular; construção com terra; taipa de mão; bioconstrução; Brasília.

LISTAS DE FIGURAS, TABELAS, QUADROS, GRÁFICOS, SÍMBOLOS E ABREVIÇÕES

LISTA DE ABREVIÇÕES

DF - Distrito Federal
ONU - Organização das Nações Unidas
ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
IPHAN- Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ODMs - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
CaCO₃ - Carbonato de cálcio
SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
CO₂ - Dióxido de carbono
NBR - Norma Brasileira

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados obtidos na primeira visita técnica à Casa Velha da Fazenda Gama
Tabela 2 - Resultados obtidos na primeira medição da segunda visita técnica à Casa Velha da Fazenda Gama
Tabela 3 - Resultados obtidos na segunda medição da segunda visita técnica à Casa Velha da Fazenda Gama, realizada em 29/04/2023.
Tabela 4 - Resultados obtidos na terceira visita técnica à Casa Velha da Fazenda Gama, realizada em 16/07/2023.

LISTA DE FIGURAS E IMAGENS

Figura 1 - Çatalhöyük, Turquia	10
Figura - Construção com taipa de mão ou pau a pique	22
Figura 3 - Construção em taipa manual e mecanizada	23
Figura 4 - Tijolo de Adobe	24
Figura 5 - Tijolo de Solo Cimento	24
Figura 6 - Casa Velha, Fazenda Gama	25
Figura 7 - Equipamentos utilizados na 1ª visita	26
Figura 8 - Equipamentos utilizados na 2ª visita	28
Figura 9 - Equipamentos utilizados na 3ª visita	29
Figura 10 - Croqui digital realizado após a 3ª visita	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 ESTUDO DE CASO	24
3 MÉTODO	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A construção com terra é um tipo de sistema construtivo no qual o principal material utilizado é a terra crua. Trata-se de uma técnica antiga, utilizada desde a pré-história para a construção de abrigos, casas populares, monumentos, fortalezas, templos e edificações relevantes dentro de uma sociedade humana.

De acordo com Minke (2005), há registros de construções com terra no Turquestão do período de 8.000 – 6.000 a.C e, na Assíria, as evidências encontradas datam de 5.000 a.C. A muralha da China, com mais de 4.000 anos, foi inicialmente construída com terra compactada. Na Turquia, Çatalhöyük ainda mostra paredes de taipa de pilão construídas em aproximadamente 6.000 a.C. No Egito, as ruínas do Templo de Ramsés II, parte dele construído em adobe, são de mais de 3.000 anos. Também existem vestígios milenares de construções com terra no Irã, na Alemanha, na Espanha, no México, além da Inglaterra, França, etc. Isso demonstra o valor deste tipo de construção para a história da arquitetura e comprova que a técnica possibilita a construção de edificações que resistem ao tempo.

Figura 1 – Çatalhöyük, Turquia



Fonte: HOFTUN, Omar. **Çatalhöyük**. khanacademy, 2020. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/humanities/prehistoric-art/neolithicart/neolithic-sites/a/atalhyk>. Acesso em: 01 ago. 2023.

A terra continuou sendo utilizada como material de construção em diversas culturas e em diferentes momentos históricos. Ainda segundo Minke (2005), casas e igrejas com mais de 300 anos foram construídas em taipa na América Latina e no Brasil. Na França e na Alemanha também existem edificações seculares construídas com terra que permanecem habitadas. Depois da Primeira e da Segunda Guerra Mundial, quando os materiais de construção estavam escassos, casas e assentamentos foram reconstruídos na Alemanha utilizando-se a terra como principal insumo.

Esses exemplos são apenas algumas evidências do uso da terra como material construtivo, uma vez que esse elemento foi utilizado para edificação por todas as culturas antigas. Por isso, o sistema construtivo com terra está associado à arquitetura vernacular, que consiste no uso de materiais e recursos do próprio ambiente onde a edificação será inserida.

Essa técnica tem ganhado força após muito tempo sendo preterida em detrimento de construções modernizadas que usam materiais industrializados, sobretudo após a revolução industrial (Figueira, 2015). O que vemos hoje é uma tentativa de retomada desse modelo de construção por meio da contínua busca por construções mais inteligentes, ecológicas e de baixo custo.

Devido a questões ambientais, a construção com terra está relacionada ao conceito de sustentabilidade em diversos aspectos. Primeiramente, a terra é um material abundante e reutilizável, sendo considerada um recurso inesgotável. Por estar disponível nas proximidades das construções, há uma redução no custo para sua obtenção e transporte, o que gera economia de recursos fósseis e menor emissão de gases poluentes. Vale destacar que a terra é um material que proporciona um melhor conforto térmico à edificação, regulando a temperatura e a umidade, o que diminui a refrigeração ativa e aumenta a eficiência energética. Por fim, seu uso possibilita uma obra limpa, com menor necessidade de utilização de materiais industrializados e de tratamento dos resíduos descartados.

Por esses fatores, o uso de construções com terra pode contribuir para a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), que é um plano de ação no qual todos os países atuarão em parceria colaborativa para atingir em 2030 um mundo melhor para todos os povos e nações a partir dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). São 17 ODS que equilibram as três dimensões do desenvolvimento sustentável (a econômica, a social e a ambiental) e visam concretizar os direitos humanos, erradicar a pobreza, alcançar a igualdade de gênero, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares,

possam desfrutar de paz e de prosperidade.

No Brasil, os primeiros registros de edificações em terra datam de 1.750 a.C. Os chamados “buracos de bugre”, são encontrados desde a região que hoje conhecemos como Rio Grande do Sul até o sul de Minas Gerais. Com a colonização portuguesa, essa técnica foi expandida e adaptada às necessidades existentes no país, sobretudo em edificações diferentes das encontradas anteriormente. O uso da terra foi o grande responsável pela construção das cidades coloniais brasileiras (Weimer, 2012).

Na região do Gama, próxima a Brasília, está a Fazenda Velha, uma propriedade de 161 hectares onde foi construída, no século XVIII, a sede da fazenda que possui traços arquitetônicos do Brasil colônia, objeto de estudo deste projeto de pesquisa.

A partir das informações obtidas nesse estudo de caso, pretendeu-se constatar as vantagens da utilização dos métodos construtivos com terra citadas na literatura e, com isso, justificar a utilização dessa técnica na construção de habitações populares, contribuindo assim para preservação e para o aperfeiçoamento de um sistema construtivo sustentável, que faz parte do nosso patrimônio material e imaterial e que pode contribuir para o alcance dos ODS da ONU.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos da pesquisa, divididos em objetivos geral e específicos, são apresentados a seguir:

Objetivo Geral:

- Aprofundar os conhecimentos a respeito da técnica construtiva que utiliza a terra como matéria prima, com ênfase na aplicabilidade desse método na construção de habitações populares de qualidade e sustentáveis, e como forma de manutenção do patrimônio imaterial brasileiro, visando contribuir para o alcance do ODS nº 11, que trata de cidades e comunidades sustentáveis.

Objetivos específicos

- Comprovar a durabilidade temporal da técnica estudada;
- Identificar a técnica utilizada na Fazenda Velha do Gama;
- Atestar o conforto térmico das estruturas construídas com terra;
- Comparar as espessuras das paredes nas diferentes técnicas com terra (taipa de pilão e taipa de mão), traçando um paralelo de como elas podem interferir nas edificações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a abordagem dada a este projeto de pesquisa, é importante apresentar conhecimentos relacionados a arquitetura com terra, a arquitetura vernacular, ao patrimônio imaterial e a sustentabilidade.

De acordo com (Santos, 2015; Galdino, 2010)

As técnicas de construção com terra, apesar de muito utilizadas no passado, entraram em um período de obsolescência em muitos países no início do século XIX cedendo à industrialização de materiais e processos construtivos tecnológicos, inclusive no Brasil.

Com o avanço tecnológico, sobretudo após a revolução industrial, os processos manuais da construção civil perderam espaço para o desenvolvimento e para a replicação de mecanismos construtivos industrializados (Figueira, 2015). Acontece que mesmo com a praticidade e com as facilidades trazidas pelo processo de industrialização de materiais e de técnicas produtivas, ainda não foi possível solucionar as demandas por habitação, especialmente em países pobres ou em desenvolvimento.

Isso ocorre porque não há no mundo capacidade financeira nem produtiva para satisfazer as necessidades de moradia por meio de processos industriais, uma vez que esse tipo de produção gera exploração desmedida de recursos naturais não renováveis, exige intensos investimentos em capital e apresenta altos níveis de consumo energético e de desperdício. Esses fatores provocam danos ambientais e elevam os custos tanto para quem produz como para quem consome, o que restringe o acesso aos produtos fabricados.

De acordo com a Declaração Universal dos Direitos Humanos, todo ser humano tem direito a um padrão de vida capaz de assegurar a si e a sua família saúde, bem-estar e habitação. O direito à moradia também está previsto na Constituição Federal de 1988.

Entretanto, conforme dados da Fundação João Pinheiro, em 2019 o Brasil apresentou um déficit habitacional de 5.876.699 domicílios, considerando a existência de habitações precárias, coabitação e ônus excessivo com aluguel. Norte e Nordeste são as regiões que possuem o maior déficit em termos relativos.

Para Minke (2005), as necessidades de habitação em países em desenvolvimento somente podem ser encaradas utilizando-se materiais de construção locais e técnicas de autoconstrução.

Por isso, apesar da técnica de construção com terra ter perdido espaço com a industrialização, ela não foi abandonada. Um terço da humanidade ainda vive em moradias de terra e, em países em desenvolvimento, esse número chega a metade da população (Minke, 2005).

De acordo com Neves (2011),

Principalmente nos países em desenvolvimento, a terra segue como uma das únicas alternativas de construção da população excluída do mercado formal de habitação, geralmente moradores da periferia das cidades e da área rural. Associada a sobrevivência de sistemas construtivos primitivos, mantida pela necessidade de morar dessas populações, a terra é alvo de pesquisadores que buscam avançar a tecnologia, através do resgate e conhecimento das técnicas utilizadas no passado e do desenvolvimento de sistemas construtivos inovadores e coerentes, caracterizados pela simplicidade, eficácia e baixo custo.

Considerando aspectos relacionados à forma de obtenção do material e ao conhecimento que geralmente é repassado de geração a geração, a construção com terra está associada ao conceito de arquitetura vernacular. Segundo Caroline Pertile Viana e Ana Maria De Almeida Lunardi (2018), a arquitetura vernacular pode ser compreendida como o processo construtivo no qual utiliza-se práticas e materiais provenientes da mesma região da obra a ser desenvolvida.

Primeiramente, a construção vernacular tem o objetivo de atender as necessidades das pessoas e do grupo e, não necessariamente, atingir um objetivo estético. É uma arquitetura na qual não existem excessos, simplificada conforme a mão de obra existente. Da mesma forma que está diretamente conectada ao local de implantação e aos hábitos locais, incorporada ao ambiente (Sant'Anna, 2013).

Santos (2015) enfatiza que ainda nos dias atuais, poucos profissionais são capacitados para projetar e construir com terra, principalmente devido ao seu uso não ser ensinado em universidades. (Cordeiro, Carol Cardoso Moura et al., 2018).

Essa afirmação corrobora os aspectos mencionados anteriormente sobre a substituição de técnicas manuais por processos industrializados, mas também indica que existe um conhecimento sobre o saber fazer decorrente da prática e da experimentação que muitas vezes é tácito, ou seja, não está expresso em palavras nem formalizado. É um conhecimento que está nas pessoas e que para ser preservado precisa ser transmitido seja de forma oral ou por meio de documentação.

Desse modo, por se tratarem de processos manuais que têm um carácter cultural e geracional, uma vez que utilizam materiais locais e técnicas que podem ser ajustadas conforme a necessidade, esses processos construtivos com terra, além de estarem relacionados à arquitetura vernacular, também poderiam ser caracterizados como um patrimônio imaterial da humanidade.

Segundo o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN),

os bens culturais de natureza imaterial dizem respeito àquelas práticas e domínios da vida social que se manifestam em saberes, ofícios e modos de fazer; celebrações; formas de expressão cênicas, plásticas, musicais ou lúdicas; e nos lugares (como mercados, feiras e santuários que abrigam práticas culturais coletivas).

Atualmente, a arquitetura vernacular tem sido muito relacionada à arquitetura sustentável, pois utiliza técnicas de baixo impacto ao meio ambiente e materiais que demandam pouca energia em sua produção.

Assim, além das questões relacionadas à necessidade de suprir as demandas por moradia, a temática das construções com terra foi retomada no século XX de forma mais

efetiva devido às discussões sobre sustentabilidade e meio ambiente.

A primeira vez que a comunidade internacional se reuniu para estabelecer uma visão global e princípios comuns que servissem de inspiração e orientação à humanidade para preservação e melhoria do meio ambiente foi na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, ocorrida em Estocolmo em 1972.

Dentre os princípios da Declaração de Estocolmo consta que os recursos naturais da terra devem ser preservados em benefício das gerações presentes e futuras e que os recursos não renováveis devem ser usados de forma que se evite o perigo de seu futuro esgotamento.

Em 1983, após uma avaliação dos 10 anos da Conferência de Estocolmo, foi implementada a Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Assembleia Geral da ONU. Em 1987, os resultados dessa Comissão foram divulgados no “Relatório Nosso Futuro Comum”, também conhecido como “Relatório Brundtland”, que trouxe pela primeira vez a definição de desenvolvimento sustentável como o processo que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.

Em 1992, foi realizada no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Cúpula da Terra ou Rio-92. Dentre os documentos gerados por esse encontro, estão a Declaração do Rio e a Agenda-21, que definiram princípios e políticas essenciais para alcançar um modelo de desenvolvimento sustentável, abrangendo três dimensões: a ambiental, a humana e a econômica.

Posteriormente, com a Cúpula do Milênio das Nações Unidas em 2000, foi adotada uma agenda complementar na qual foram definidos 8 Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODMs), os quais também incluíram aspectos sociais e ambientais.

Dando continuidade à Agenda de Desenvolvimento do Milênio, na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável de 2015, a ONU coordenou um processo global e participativo envolvendo governos, sociedade civil, iniciativa privada e instituições de pesquisa, do qual resultou a Agenda 2030.

A Agenda 2030 tornou-se a principal referência na formulação e implementação de políticas públicas para governos em todo o mundo e é composta por 17 objetivos que

abordam os principais desafios de desenvolvimento enfrentados pelas pessoas no mundo. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) pretendem erradicar a pobreza e a fome, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas possam desfrutar de paz, de bem-estar e de prosperidade.

Em função dos problemas decorrentes da vida urbana e do impacto dessas questões sobre as pessoas e sobre o meio ambiente, a cidade é abordada no ODS 11, o qual tem como propósito tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Sob esse aspecto, a construção civil tem grande relevância nas três dimensões do desenvolvimento sustentável. Para Ricardo Mateus (2004, p. 10):

A interligação da indústria da construção com as três dimensões da sustentabilidade é particularmente importante, pois para além desta indústria apresentar uma considerável participação no PIB – dimensão económica – e de ser responsável por uma expressiva parcela na geração de postos de trabalho – dimensão social –, utiliza recursos naturais e a sua atividade está intimamente relacionada com o meio ambiente – dimensão ambiental.

Assim, a construção civil cria espaços, promove a locomoção das pessoas, interfere nas paisagens e na dinâmica dos espaços, tendo um papel fundamental na geração de emprego, renda e desenvolvimento social. Contudo, toda essa ação demanda o consumo de recursos naturais (Habitability, 2022).

Em nível mundial, a indústria da construção consome de 20% a 50% dos recursos naturais, é responsável por 50% do total de resíduos sólidos e por 39% das emissões de gases de efeito estufa (Global Status Report for Buildings and Construction, 2019).

Como exemplo do alto impacto ambiental causado por esse setor, pode-se citar os sistemas construtivos que utilizam o concreto. Esse material é um composto que resulta da mistura de cimento, água e outros elementos denominados "agregados", que geralmente são areia e brita.

O cimento é um dos principais componentes do concreto. No entanto, é um elemento que traz riscos ao meio ambiente e à saúde humana. O impacto ambiental decorre da extração dos depósitos naturais de calcário, que fornecem o carbonato de cálcio (CaCO_3), material essencial para a produção do cimento. Esses elementos são extraídos de pedreiras por meio de um maquinário pesado. Além disso, o processo produtivo do cimento é intensivo na

emissão de gases de efeito estufa. Segundo dados do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), a indústria cimenteira responde, globalmente, por cerca de 7% de todo o gás carbônico emitido pelo homem. As emissões de dióxido de carbono (CO₂) provêm da queima de combustíveis e da reação química envolvida na conversão de calcário em óxido de cálcio (calcinação).

Com relação aos agregados, a extração de areia gera impactos ambientais como desmatamento e dragagem do leito de rios, afetando a fauna e a flora. E a produção de britas demanda a detonação de rochas, alterando a paisagem natural.

Além do exposto, o uso do concreto produz elevado volume de resíduos nas obras, gerando preocupações a respeito do devido descarte desse material.

Diante das questões levantadas, surge a necessidade de se utilizar sistemas construtivos mais sustentáveis, o que pode envolver a combinação de diferentes materiais, o uso de novas tecnologias ou o resgate de técnicas construtivas usadas no passado, como as construções com terra.

A retomada das construções com terra justifica-se pelo fato de o solo ser um material de construção obtido na natureza e que pode ser a ela devolvida depois de ser utilizado. A terra sofre um processamento pouco significativo e de baixo consumo energético, pois utiliza na sua maior parte a energia solar. Além dessas características, este material é abundante e econômico pois é obtido no próprio local da construção e vence problemas relacionados à distância de transporte (Mateus, 2004).

Segundo Lourenço *et al* (2001 *apud* Mateus, 2004, p. 94):

O material utilizado na construção em terra está ao alcance de todos, sendo inesgotável, fácil de trabalhar e duradouro, quando tomadas as devidas precauções. Uma casa construída em terra apresenta bom comportamento térmico e acústico devido à grande inércia das suas paredes, que se comportam como uma barreira eficaz contra as intempéries. Sendo a terra um material incombustível, apresenta um ótimo comportamento ao fogo. No entanto, a sua resistência mecânica à compressão é da ordem dos 1 a 3 Mpa e a sua resistência à tração é desprezável.

Portanto, a terra como material construtivo apresenta um baixo impacto ambiental, é duradoura, possui baixa energia incorporada, é econômica e apresenta características que conferem conforto térmico e segurança às edificações.

Para Minke (2005), a terra como material de construção natural tem melhores qualidades que materiais industrializados, apresentando as seguintes vantagens:

- **Regulação da umidade:** o barro tem a capacidade de absorver umidade interior mais rápido e em maior quantidade que os demais materiais de construção, regulando o clima interior. Essa propriedade permite que a umidade de um ambiente se mantenha praticamente constante, sofrendo poucas variações ao longo do ano, oferecendo assim condições de vida mais saudáveis aos moradores.
- **Armazenamento de calor:** assim como outros materiais densos, a terra armazena calor. Essa é uma característica desejável em zonas climáticas onde as diferenças de temperatura são amplas ou quando é necessário armazenar os ganhos térmicos por via passiva.
- **Economia de energia e de custos:** a terra é obtida com a preparação das fundações e pode-se diminuir os custos da construção quando se utiliza o solo escavado. Para preparar, transportar e trabalhar a terra no próprio local se gasta apenas 1% da energia requerida por materiais como o concreto ou tijolo.
- **Reutilização e diminuição da contaminação ambiental:** a terra pode voltar a ser utilizada. Basta triturá-la e umedecê-la com água para ser reutilizada. Assim, esse material não gera resíduos que contaminam o solo.
- **Autoconstrução:** as construções com terra podem ser executadas por pessoas não especializadas, utilizando-se ferramentas simples, sendo suficiente a presença de uma pessoa com experiência para conduzir os trabalhos.

As pessoas, em geral, passam a maior parte de seu tempo em espaços fechados. O conforto dos ambientes internos depende de fatores como a temperatura, a umidade, a circulação e a pureza do ar. Dentre esses aspectos a umidade exerce uma influência significativa no bem-estar dos habitantes.

Umidade inferior a 40% provoca o ressecamento das mucosas das vias aéreas e, conseqüentemente, diminuição da imunidade e aumento da probabilidade de ocorrência de enfermidades respiratórias. Isso porque, com o ressecamento, há uma menor capacidade das mucosas reterem e eliminarem vírus e bactérias, favorecendo a instalação desses micro-

organismos nos pulmões.

Umidades altas, superiores a 70% facilitam o desenvolvimento de fungos, que podem levar a diferentes enfermidades e alergias. Também se observa o desenvolvimento de doenças reumáticas em ambientes frios e úmidos. Além disso, a umidade pode aumentar a sensação térmica do ambiente, tornando-o mais desconfortável.

A umidade ideal varia entre 50% e 70%. Nessa condição, há uma redução da quantidade de pó no ar, uma diminuição da capacidade de vírus, bactérias e fungos se desenvolverem, uma atenuação de odores e um aumento na capacidade do organismo humano em se proteger contra a instalação de doenças.

O barro tem propriedades capazes de promover o melhoramento do clima interior das edificações, especialmente com relação à umidade. Estudos demonstram que paredes de terra regulam a umidade de um ambiente como nenhum outro material. Isso porque o barro, por ser poroso, é capaz de absorver umidade e de devolvê-la ao ambiente. De acordo com Minke (2005), medições realizadas durante um período de 5 anos em diferentes ambientes de uma casa na Alemanha na qual tanto as paredes internas como as externas foram construídas com terra, demonstraram que a umidade relativa dos ambientes se mantém constante durante todo o ano, variando de 45% a 55%.

Comparando-se a outros materiais, os blocos de barro (adobe) absorvem 50% mais umidade que o tijolo cozido em altas temperaturas (Minke, 2005).

Apesar de todas as vantagens apresentadas, a utilização da terra como material construtivo exige alguns cuidados. O barro não é um material padronizado. Assim, o preparo para construção depende da composição do solo, que influencia a quantidade e o tipo dos demais agregados a serem utilizados. Além disso, o barro se contrai ao secar devido à evaporação da água utilizada na mistura. Essa evaporação pode provocar fissuras que diminuem a resistência do material. Pelo fato de a terra ser um material permeável, as construções com esse material devem ser protegidas das chuvas e do contato com a umidade do solo.

Nas construções com terra, podem ocorrer patologias estruturais, causadas por problemas na fundação ou pela má distribuição de cargas, e patologias não estruturais, causadas especialmente pela ação da água sobre as paredes ou sobre a fundação (fenômeno

de capilaridade). O excesso de umidade pode provocar erosões nas paredes e favorecer o desenvolvimento de vegetais, levando a problemas estruturais. Também pode contribuir para o desenvolvimento de mofo, causando problemas de saúde aos moradores (Torgal; Eires; Jalali, 2009 *apud* Prompt, 2016).

No Brasil, as construções com terra são associadas à Doença de Chagas, especialmente na técnica de pau-a-pique. De acordo com Silva (2000), esse tipo de construção está diretamente relacionado à ocorrência da doença porque o inseto transmissor se aloja nas frestas e rachaduras que aparecem nas paredes pela contração da argila ao secar.

Além das questões estruturais e de salubridade, as casas de terra estão relacionadas à ideia de habitações rurais, de miséria, de condições subumanas de moradia e a construções arcaicas, de baixa qualidade e de estética questionável. Por isso, ainda existe um preconceito muito grande sobre esse tipo de construção ainda que sistemas construtivos com terra sejam utilizados em edificações de alto padrão, de qualidade e de estética agradável, construídas em áreas urbanas de todo o mundo.

Dentre os vários métodos construtivos onde a matéria prima é a terra, destacam-se a taipa de mão ou pau-a-pique, a taipa de pilão, o adobe, e o tijolo prensado de solo estabilizado, ou tijolo de solo-cimento.

A Taipa de mão, chamada popularmente de pau-a-pique consiste em um método em que é preparado um estrado ou gradeado feito com cipós, varas ou galhos que servem de sustentação onde a massa composta de terra e 40% de argila, após bem umedecida, é compactada em movimentos manuais preenchendo as lacunas desta armação, para dar forma às paredes da edificação.

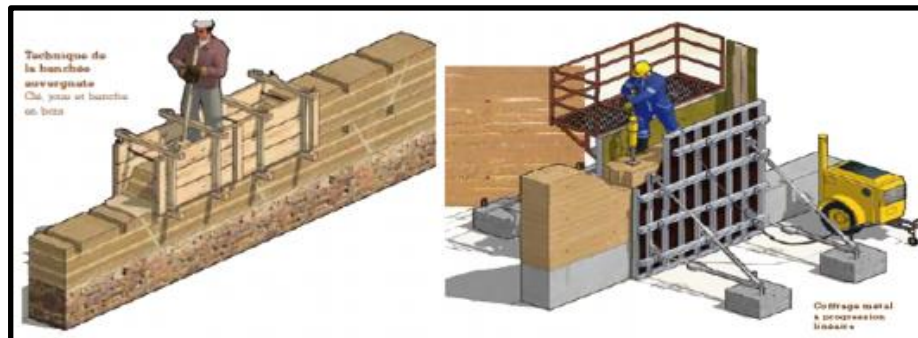
Figura 2 - Construção com taipa de mão ou pau a pique



Fonte: Vai com tudo (Disponível em: CASA de Taipa: Descubra a Origem. 2020. Elaborado por: Equipe Viva Decora. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/taipa/>. Acesso em: 29 jul. 2023.)

Por sua vez, a taipa de pilão é uma técnica que consiste no ato de socar com um pilão a terra levemente umedecida entre dois assoalhos laterais chamados de taipais. Nesse mecanismo, a terra deve ser comprimida aos poucos e uniformemente. Após a primeira etapa, o assoalho deve ser movimentado horizontalmente e o processo é repetido até atingir a altura desejada. Com o avanço tecnológico, é possível que este processo seja feito tanto manualmente como de forma mecanizada. Sobre a taipa de pilão, Sato (2011) discorre que os aspectos ambientais, econômicos e sociais são dimensões que resumem a importância da escolha pela terra. Assim sendo, o uso da taipa de pilão se apresenta como um sistema versátil dentre as técnicas vernaculares, pois é eficiente, seguro e acessível e facilmente adaptável às noções estéticas contemporâneas.

Imagem 3 - Construção em taipa manual e mecanizada



Fonte: Ana Carolina Veraldo (Disponível em: STEENBOCK, Gisele Elisa; TAVARES, Sergio Fernando. **Taipa de pilão**: do vernacular à mecanização. do vernacular à mecanização. 2022. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/22.263/8454>. Acesso em: 29 jul. 2023.)

Já o adobe apresenta uma durabilidade milenar mencionada no início do texto. Este método utiliza moldes para a compactação da massa de terra e argila, muitas vezes adicionados de alguma fibra de origem vegetal ou animal, para a fabricação de tijolos retangulares e maciços de acordo com o tamanho necessário para a obra. Com essa massa ainda mole, o molde é retirado e o tijolo é levado para secar. Diferente do que acontece com os tijolos convencionais, este tipo de tijolo não passa pelo processo de cozimento.

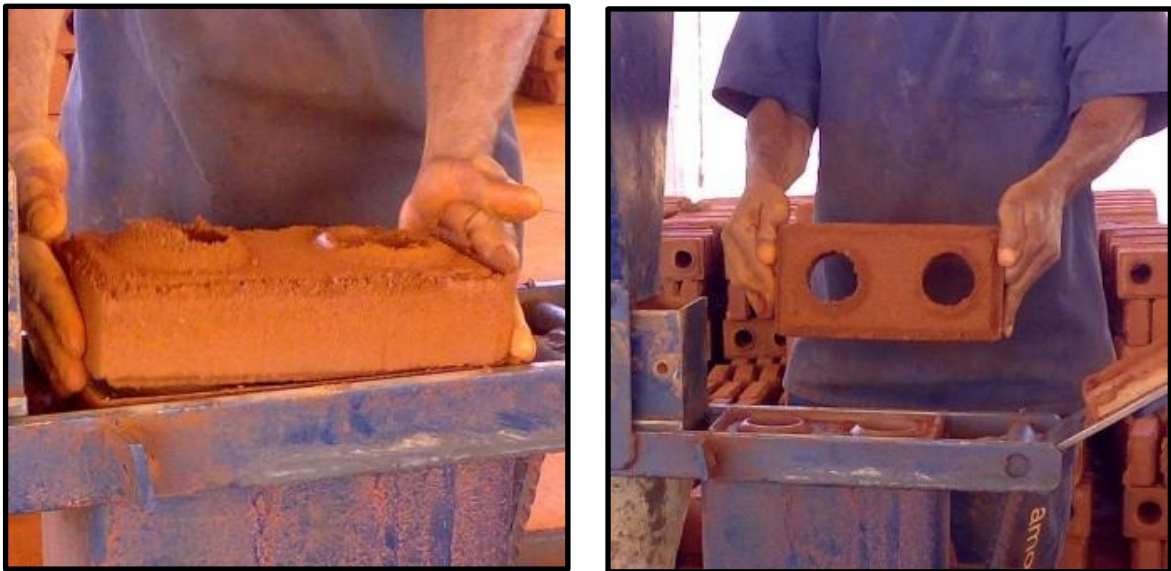
Figura 4 - Tijolo de adobe



Fonte: Bioarquitetura e Bioconstrução (Disponível em: PICORELLI, Ledy C. **Construção de terra**: parte2 - adobe.2011/06/construcao-de-terra-parte2-adobe.html#axzz88rRa5xaq. Acesso em: 29 jul. 2023:.)

Por fim, o tijolo prensado de solo estabilizado ou tijolo de solo-cimento, também chamado de tijolo ecológico consiste em uma técnica de fabricação de tijolos feitos basicamente de terra, cimento e água. estes elementos devem ser misturados respeitando a proporção de 1:10, ou seja, para uma parte de cimento, 10 de solo e a água deve ser utilizada apenas para condensar os materiais secos. Após esse processo, o composto é prensado de forma manual ou mecânica assumindo o formato desejado e armazenado coberto para que seja feita a cura por 28 dias, conforme a NBR 10834/1994. A partir daí, pode ser utilizado nas construções.

Figura 5 - Tijolo de solo Cimento feito em prensa manual



Fonte: Sustentabilidade e Acessibilidade (Disponível em: FABRICAÇÃO de tijolo solo-cimento. 2010. **Sustentabilidade e Acessibilidade**. Disponível em: <https://edumanzi.wordpress.com/2010/02/23/fabricacao-de-tijolo-solo-cimento/>. Acesso em: 29 jul. 2023.)

2.1 ESTUDO DE CASO

A Casa Velha da Fazenda Gama, localizada no Brasília Country Clube (DF), foi selecionada para o estudo de caso desta pesquisa por se tratar de um exemplo de construção com terra que já existia no Planalto Goiano antes da construção de Brasília e servia de pouso nas Festas do Divino. É uma amostra das edificações existentes no Centro-Oeste nos séculos XVIII e XIX.

Imagem 6 - Casa Velha, Fazenda Gama



Fonte: Próprio autor

O nome da Fazenda foi uma homenagem ao padre Luís da Gama Mendonça, que viveu na região na época das descobertas do ouro, chegando ao Arraial Santa Luzia, hoje Luziânia, no início do ano de 1747. Ao final do séc. XVIII, a mineração começou a declinar, levando muitas pessoas a se fixarem na zona rural, dedicando-se à lavoura e à criação de gado. Surgiram então grandes fazendas, entre elas, a Fazenda Gama, que em 1955 foi desapropriada pela Comissão de Cooperação para Mudança da Capital Federal.

Em 1956, o Presidente Juscelino Kubitschek e sua comitiva fizeram a primeira visita à região da nova capital e conheceram a Fazenda Gama e sua sede. No local, seria construída a residência provisória do Presidente, o Catetinho, e o grupo responsável pela obra ficou alojado na Casa Velha.

Em 1958, parte das terras da antiga Fazenda Gama foi doada pela Novacap ao Brasília Country Clube. A casa permanece sob os cuidados do clube, que a conserva como único testemunho histórico de uma época que precede a inauguração de Brasília.

A Casa Velha foi tombada pelo Patrimônio Histórico do Distrito Federal, que contribuiu para sua completa restauração em 2007. Hoje a casa é um espaço cultural com ambientação própria que faz parte do conjunto de visitação do Catetinho. Também pode abrigar eventos como exposições, concertos musicais, noites de autógrafo e palestras.

3 MÉTODO

Nesta pesquisa científica foi realizada, primeiramente, pesquisa bibliográfica em livros e artigos sobre arquitetura vernacular e técnicas construtivas com terra, com foco no histórico, tipologias, modo de execução, aplicabilidade, durabilidade, impacto ambiental e patrimônio imaterial.

Em seguida, com base no referencial teórico e como forma de aprofundamento na pesquisa, foi feito um estudo de caso de técnicas construtivas que usam a terra como material básico. O local escolhido foi a Casa Velha da Fazenda Gama DF, situada na cidade do Gama, no Distrito Federal.

Foram realizadas 3 visitas técnicas ao local para levantamento de informações, medição da temperatura externa e interna da edificação em diferentes horas do dia, avaliação do estado de conservação e durabilidade da construção. Nessas visitas, foram feitos levantamentos fotográficos e elaboração de croquis.

Em 19/11/2022 foi realizada a primeira visita à Casa Velha da Fazenda Gama. Para organização das informações a serem coletadas, foi elaborado o Plano de Visita a seguir:

Plano de Visita 1:

- Identificar a tipologia arquitetônica;
- Identificar o tipo de construção com terra;
- Avaliar o estado de conservação;
- Identificar o tipo de estrutura e de cobertura;
- Identificar possíveis intervenções ao longo do tempo;
- Verificar os acabamentos utilizados;
- Verificar a implantação da construção;
- Elaborar croqui da planta baixa;
- Medir as temperaturas internas e externas;
- Medir a umidade interna e externa;
- Medir a espessura das paredes.

Para medir a temperatura e a umidade, utilizou-se um termo-higrômetro da marca

Minipa, modelo MT- 242, cedido pelo Labocien do Ceub.

Figura 7 - Equipamento utilizado na 1ª visita



Fonte: Próprio auto

No momento da medição, o local estava sendo visitado por um grupo de aproximadamente 40 pessoas, o que dificultou a obtenção da temperatura em todos os cômodos e, provavelmente, interferiu na temperatura e na umidade medidas devido à respiração e à troca de calor entre as pessoas e o ambiente. Além dessa dificuldade, suspeita-se que o termo-higrômetro cedido pela instituição de ensino estava descalibrado. Devido ao tempo disponível para a realização da visita, não foi possível também elaborar o croqui da planta da casa nem medir a espessura das paredes.

Por outro lado, estes fatos resultaram em uma possibilidade interessante de refletir sobre o espaço sendo utilizado por muitas pessoas ao mesmo tempo e perceber empiricamente a validade do método construtivo em usos extremos não previstos.

Após a compilação dos dados obtidos na visita e análise inicial, e devido às dificuldades encontradas na primeira visita relativas à quantidade de pessoas no local e ao possível mau funcionamento do termo-higrômetro, verificou-se a necessidade de voltar à Casa Velha para obter novos dados de temperatura e umidade externa e interna, realizando-se as medições em todos os cômodos da casa. Também seria necessário medir a espessura das paredes e esboçar a planta da casa, identificando o tamanho e o posicionamento das aberturas. Identificou-se, ainda, a necessidade de melhor observar a localização e a dimensão das árvores e da vegetação existente nas proximidades da casa, para que se pudesse fazer um estudo mais preciso sobre a interferência das sombras e dos ventos na edificação.

Para tanto, foi elaborado um segundo Plano de Visita:

Plano de Visita 2

- Medir a temperatura e a umidade externa;
- Medir a temperatura e a umidade interna de todos os cômodos;
- Medir a espessura das paredes;
- Elaborar croqui da planta baixa;
- Identificar o tamanho e o posicionamento das aberturas;
- Registrar o posicionamento e a dimensão da vegetação existente no entorno da edificação.

Em 29/04/2023 foi realizada a segunda visita à Casa Velha da Fazenda Gama. Na ocasião, foram realizadas duas medições de temperatura e de umidade, com um intervalo de aproximadamente uma hora entre elas, tendo em vista a mudança de clima ocorrida nesse intervalo, que passou de ensolarado e seco para chuvoso e úmido. Nas medições realizadas em cada cômodo, para a obtenção das informações de temperatura e de umidade, esperou-se 5 minutos para estabilização dos indicadores apontados pelo termo-higrômetro.

Para as medições, utilizou-se um termo-higrômetro da marca Minipa, modelo MT-241, cedido pelo Labocien do Ceub. Ressalta-se que esse aparelho foi devidamente calibrado antes de sua utilização, tendo em vista que nas medições realizadas em 19/11/2022 suspeitou-se que o termo-higrômetro usado estava descalibrado.

Figura 8 - Equipamentos utilizados na 2ª visita



Fonte: Próprio autor

Na primeira medição de 29/04/2023, foi verificada a temperatura e umidade dos mesmos cômodos da visita de 19/11/2022. Apesar de no Plano de Visita estar prevista a medição em todos os cômodos, no local constatou-se que não havia essa necessidade, considerando a similaridade dos ambientes em termos de posicionamento, de tamanho e presença de aberturas.

A segunda medição de 29/04/2023 foi realizada na área externa e em uma amostra de 2 ambientes internos, com a finalidade de verificar a influência da mudança do clima na temperatura e na umidade desses cômodos.

Em 16/07/2023 foi realizada a terceira e última visita à Casa Velha, a qual foi orientada pelo Plano de Visita 2. Foram feitas novas medições de temperatura e de umidade nos mesmos cômodos das visitas anteriores. Para isso, utilizou-se um termo higrômetro da marca Equiterm, modelo TH439, cedido pelo Labocien do Ceub. Assim como na visita 2, para a obtenção das informações de temperatura e de umidade, em cada cômodo esperou-se 5 minutos para estabilização dos indicadores apontados pelo aparelho.

Nessa oportunidade, verificou-se, ainda, a espessura das paredes utilizando a trena eletrônica da marca Bosch profissional, modelo GLM 40, o posicionamento e dimensão das aberturas e foi feito o croqui da planta baixa.

Figura 9 - Equipamentos utilizados na 3ª visita

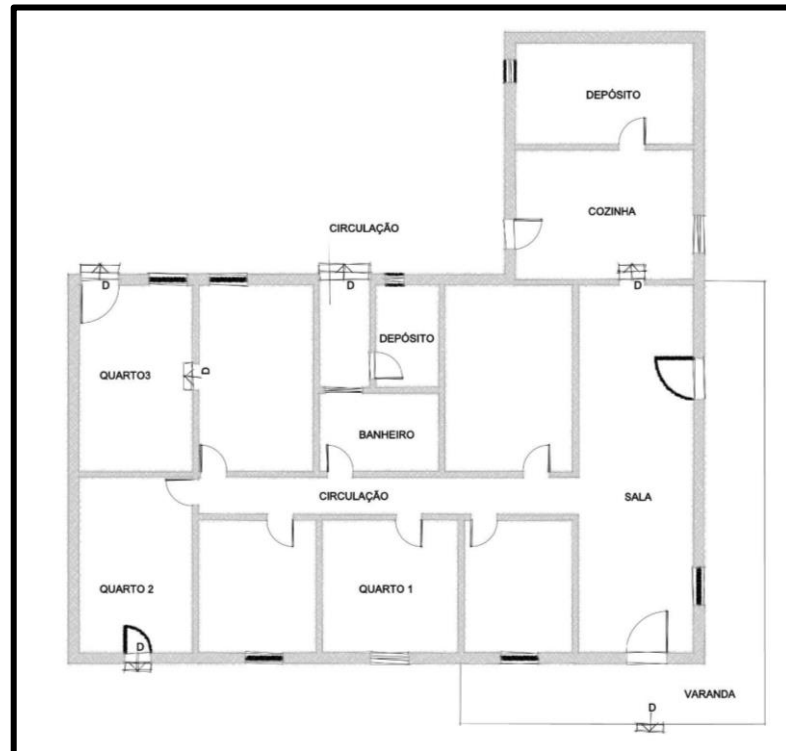


Fonte: Próprio Autor

Após a coleta e análise dos dados, foi elaborada uma comparação entre a Fazenda Velha do Gama e outras obras de referência estudadas que utilizam a mesma metodologia construtiva.

Por fim, foi possível justificar a utilização desse método na construção de habitações populares, evidenciando as vantagens e desvantagens das construções com terra, abordando aspectos relacionados à sustentabilidade e à manutenção do patrimônio imaterial brasileiro.

Figura 10 - Croqui digital realizado após a 3ª visita



Fonte: Próprio Autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado da pesquisa, foi possível aprofundar os conhecimentos a respeito de técnicas construtivas que utilizam a terra como matéria prima, de modo a atestar a durabilidade e o conforto térmico que essas construções proporcionam a partir de comparações entre os referenciais teóricos e o estudo de caso realizado na Casa Velha da Fazenda Gama DF.

Considerando a proposta do Plano de Visita 1, verificou-se que a casa apresenta características arquitetônicas do período colonial brasileiro, com paredes de adobe, cobertura com estrutura de madeira e telhas de barro estilo francesa, portas e janelas em madeira.

A casa, que possui 260m², onze cômodos e varanda, encontra-se em ótimo estado de conservação graças ao processo de restauração iniciado em 2007, que manteve fielmente as características originais da edificação, com as adaptações técnicas necessárias à sua estabilidade.

As obras de restauração compreenderam várias etapas. Algumas paredes internas foram descascadas para mostrar a natureza construtiva dessa arquitetura. A estrutura da edificação foi reforçada com pilares de concreto, que ficaram completamente ocultos. Foi aplicado reboco com aspecto rústico nas paredes, que receberam pintura na cor branca.

A estrutura de madeira do telhado foi desmontada e as peças danificadas foram substituídas por outras de igual dimensão e tipo. Todas as telhas passaram por processo de lavagem individual e aplicação de silicone.

O piso de tábua corrida foi desmontado e substituído, procurando manter o aspecto original. Os pisos cimentados foram refeitos e foi construída uma calçada ao redor da casa para proteger as paredes externas da umidade.

As esquadrias de madeira foram desmontadas e as peças danificadas, substituídas. As janelas, portas e portais receberam uma nova pintura na cor original (azul). As maçanetas e fechaduras foram trocadas. Por sua vez, as instalações elétricas e hidráulicas foram revisadas para apresentar um perfeito funcionamento.

Com isso, constata-se que apesar da durabilidade das construções com terra relatada pela literatura, nesse sistema construtivo também podem ocorrer manifestações patológicas que exigem intervenções e que demonstram que devem ser observados certos cuidados ao se construir com esse material, como: proteção das estruturas contra a ação da água, com a impermeabilização das fundações e com o uso de beirais; análise do tipo de solo e da composição para identificar a técnica de construção com terra mais adequada; preparação da terra com o uso de aditivos ou agregados de modo a obter um material mais resistente.

A respeito do local onde a casa está implantada, observou-se que no seu entorno não há outras edificações, mas existem árvores que podem interferir nos ventos e provocar sombreamento em alguns cômodos da casa, tornando-a mais confortável termicamente. Há um lago nas proximidades da construção, o que também pode contribuir para o resfriamento passivo da área.

Na primeira visita ao local de estudo, realizada em 19/11/2022, obteve-se os resultados constantes da Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Resultados obtidos na primeira visita técnica à Casa Velha da Fazenda Gama, realizada em 19/11/2022:

Local: Casa Velha da Fazenda Gama	Horário	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Área externa descoberta	9h20	28,3°	45%
Sala	9h35	26,6°	53%
Quarto 1	9h40	25,7°	51%
Quarto 2	10h20	27,5°	45%
Quarto 3	10h10	25,9°	47%
Área externa ao quarto 3	10h25	27,3°	41%

Fonte: Próprio Autor

Apesar das interferências verificadas na primeira visita (vide item 3), a análise inicial dos dados mostrou que as temperaturas internas são, em geral, mais amenas que a temperatura externa. Nos cômodos em que havia incidência direta da luz solar nos horários visitados (quartos 2 e 3) as temperaturas estavam mais altas que nos demais cômodos. A umidade no interior da casa é, em geral, mais alta que a umidade externa, o que pode demonstrar a capacidade que o barro possui de regular a umidade, conforme descrito pela literatura.

Na segunda visita, realizada em 29/04/2023, foram obtidos os resultados constantes das Tabelas 2 e 3 abaixo:

Tabela 2 – Resultados obtidos na primeira medição da segunda visita técnica à Casa Velha da Fazenda Gama, realizada em 29/04/2023.

Local: Casa Velha da Fazenda Gama	Horário	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Área externa descoberta	12h30	30,8°	46%
Sala	12h45	25°	57%
Quarto 1	12h50	24,3°	60%
Banheiro	12h57	23,1°	65%
Quarto 2	13h05	24°	66%
Quarto 3	13h10	23,5°	67%
Área externa ao quarto 3	13h17	23,2°	69%

Fonte: Próprio Autor

Tabela 3 – Resultados obtidos na segunda medição da segunda visita técnica à Casa Velha da Fazenda Gama, realizada em 29/04/2023.

Local: Casa Velha da Fazenda Gama	Horário	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Área externa descoberta	13h25	23,5°	62%
Sala	13h30	22,7°	63%
Quarto 1	13h40	22,4°	66%

Fonte: Próprio Autor

Não obstante as interferências relatadas na primeira visita, os dados da segunda visita (Tabelas 2 e 3) ratificaram os resultados iniciais (Tabela 1), demonstrando que as temperaturas internas são inferiores à temperatura externa e que a umidade no interior da casa é mais alta que a umidade externa. Com relação à tabela 2, ressalta-se que no momento em que foi feita a medição da área externa ao quarto 3, o tempo já estava nublado, o que pode justificar a temperatura mais baixa e a umidade mais alta que no interior da casa, além do fato dessa área ser sombreada.

Ao comparar-se as informações das Tabelas 2 e 3, percebe-se que com a mudança do clima ensolarado e seco para chuvoso e úmido, a temperatura externa diminuiu de 30,8° para 23,5° (variação de 7,3°) e a umidade externa passou de 46% para 62% (variação de 16%). Com relação aos ambientes internos, verificou-se que na sala a temperatura variou 2,3° e no quarto, 1,9°. Nos dois cômodos, a variação de umidade foi a mesma: 6%. Esses resultados demonstram que o barro é capaz de regular a temperatura e a umidade internas de forma mais constante, mesmo com variações bruscas ocorridas no exterior da edificação, conforme mencionado por Bueno (1995 *apud* Silva, 2000): “a corrente de calor que atravessa as paredes é conduzida mais lentamente nas paredes de terra crua do que nas paredes de tijolo cozido, por isso o ambiente interno das construções em terra crua se mantém em temperatura constante”.

Na terceira visita, realizada em 16/07/2023, foram obtidos os resultados constantes da Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Resultados obtidos na terceira visita técnica à Casa Velha da Fazenda Gama, realizada em 16/07/2023.

Local: Casa Velha da Fazenda Gama	Horário	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Área externa descoberta	11h42	27,9°	45%
Sala	11h48	25°	45%
Quarto 1	11h54	24,4°	45%
Banheiro	12h05	23,3°	46%
Quarto 2	12h10	23,9°	47%
Quarto 3	12h17	25°	46%
Área externa ao quarto 3	12h22	26°	46%

Fonte: Próprio Autor

Na terceira visita, observou-se a presença das seguintes aberturas:

- Sala: duas portas opostas, sendo uma de 110 cm x 210 cm voltada para a área externa e outra de 70 cm x 195 cm voltada para o ambiente interno;
- Quarto 1: uma janela de aproximadamente 100 cm x 100 cm voltada para a área externa e uma porta voltada para o ambiente interno;
- Quarto 2: uma porta voltada para o ambiente interno;
- Quarto 3: duas portas, sendo uma voltada para o ambiente externo e outra para o interno;
- Banheiro: uma janela de aproximadamente 100 cm x 81 cm voltada para a área externa e uma porta voltada para o ambiente interno.

Com relação à temperatura, obteve-se as mesmas constatações anteriores: as temperaturas internas são inferiores à externa. Entretanto, a respeito da umidade, os valores internos e externos estavam muito próximos, abaixo da umidade ideal mencionada por Minke (2005), que é de 50% a 70%. Esse achado pode ser justificado pelo fato de a casa ter sido aberta imediatamente antes das medições (ausência de ventilação) e/ou devido a um possível tratamento dado às paredes no processo de reforma, o que pode interferir nas qualidades bioclimáticas do barro.

De acordo com Silva (2000), a sensação térmica de um ambiente é dada pela temperatura, pela umidade e pela ventilação. Essa sensação pode variar com a alteração de apenas um desses fatores, interferindo no equilíbrio do conforto climático.

A mesma autora afirma que a ventilação é um fator de grande importância para o conforto ambiental e que a renovação do ar é dada pela presença de aberturas, mas também é um fator de qualidade das casas de terra crua, pois a porosidade do barro permite a passagem de ar e a ventilação através de suas próprias paredes, caso não recebam nenhum tratamento selante, como revestimentos ou tintas.

Como exemplo dessa situação, Silva (2000) relatou que:

Em entrevista com a moradora de uma casa de terra crua, pôde-se constatar que as paredes de uma casa de terra que recebam o tratamento selante, citado anteriormente, perdem esta propriedade de “respiração”. As paredes da casa desta moradora haviam recebido um tratamento com massa à base de látex e foram pintadas com tinta acrílica, de modo que foram seladas e não era possível a difusão do ar através destas paredes. A casa, portanto, não era fresca por esse motivo.

A respeito da espessura das paredes, verificou-se que as medidas variam, aproximadamente, entre 15cm e 30 cm. Em termos construtivos, estudos demonstram que as técnicas que utilizam a terra como elemento principal possuem uma vasta gama de possibilidades e que as paredes podem apresentar espessuras variadas de acordo com o projeto arquitetônico, principalmente quando se opta pelo uso do pau a pique. Segundo Lengan (2021) os blocos de adobe, que são mais utilizados, atualmente apresentam as dimensões de 10x20x40 cm. Para o uso da taipa de pilão, o mesmo autor indica que a largura das paredes deve ser proporcional à altura, cerca de 10% no mínimo. Já nas construções com o hiperadobe, a espessura aproximada é de 40 cm.

Sob o aspecto bioclimático, conforme verificado na literatura, seria possível ter construído paredes menos espessas na Casa Velha, pois a condutibilidade térmica do tijolo feito de barro cru prensado é aproximadamente a metade da do tijolo cozido. Assim, para se obter o mesmo índice de isolamento térmico, é necessária uma espessura de 9,5cm para uma parede de tijolo de barro cru e 19,8cm para uma parede de tijolo cozido (Silva, 2000). Por outro lado, Santana (2016) menciona que a grande espessura de paredes das edificações em terra confere às construções uma forte inércia térmica.

Ampliando o olhar sobre as espessuras dos elementos construtivos, os estudos demonstram que as técnicas que utilizam a terra como elemento principal possuem uma vasta gama de possibilidades e que as paredes podem apresentar espessuras variadas de acordo com o projeto arquitetônico, principalmente quando se opta pelo uso do pau a pique.

Os blocos de adobe que são mais utilizados atualmente apresentam as dimensões de 10x20x40 cm. Para o uso da taipa de pilão, a largura das paredes deve ser proporcional à altura, cerca de 10% no mínimo. Já nas construções com o hiperadobe, a espessura aproximada é de 40 cm.

Importante salientar que os dados apresentados são dos elementos em sua forma crua, desconsiderando que estas espessuras podem ser ainda aumentadas de acordo com a utilização de acabamentos e revestimentos.

Com os dados obtidos na terceira visita, foi possível fazer uma relação com os achados de Dal Soglio (2019 *apud* Prompt, 2021) a respeito da influência das aberturas e da espessura das paredes no comportamento higrotérmico da edificação:

Verificou o comportamento higrotérmico em ambientes internos em uma residência de adobe com paredes de 30cm de espessura, localizada em Florianópolis. Seu estudo consistiu em coletar temperatura e umidade relativa do ar durante um período de nove meses. Verificou que a temperatura apresentou maior amortecimento durante os períodos frios, mas que a tecnologia deve ser aplicada em conjunto com outros fatores como sombreamento das fachadas durante o verão e potencial de ventilação noturna. A operação da edificação pelos usuários, como manter as aberturas fechadas durante o dia e abertas à noite e uso de ventiladores também deve ser considerada.

Em termos de conforto higrotérmico, os resultados obtidos no estudo de caso apontam para uma confirmação do que foi verificado na revisão bibliográfica sobre as temperaturas internas da edificação serem mais amenas que as externas e a respeito da umidade interior manter-se mais constante que a exterior. Entretanto, os resultados da terceira visita ensejaram a necessidade de uma investigação futura mais aprofundada sobre a influência do tratamento das paredes e da ventilação no conforto higrotérmico das construções com terra, considerando que, diferente do que aconteceu nas visitas anteriores, a casa estava fechada antes das medições e os dados de temperatura e de umidade interna e externa apresentaram-se bastante próximos.

Diante do exposto, devido ao caráter sustentável, ao baixo custo e ao conforto térmico proporcionado pelas construções com terra, nota-se que seu uso pode ser viável na implementação de políticas públicas habitacionais voltadas para a resolução de questões de déficit de moradias dignas para população de baixa renda. Aliado a isso, há a valorização do saber fazer associado à propagação e à continuidade do conhecimento sobre essa técnica construtiva, visto que a literatura reforça o aspecto colaborativo dessas construções.

Questões relacionadas ao preconceito, à salubridade, à qualidade e à aparência estética das construções com terra podem ser superadas com um bom planejamento, com o uso de materiais e técnicas adequadas ao terreno, ao tipo de solo e ao local de implantação da edificação.

Ainda, residências apropriadas às necessidades funcionais e emocionais de seus habitantes contribuem para o sentimento de propriedade da casa, o que favorece a participação do indivíduo no processo construtivo e, posteriormente, na manutenção e no cuidado da edificação, minimizando a ocorrência de patologias estruturais e não estruturais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa permitiu aprofundar os conhecimentos sobre técnicas de construção com terra, de modo a compreender que se trata de um sistema construtivo de longa durabilidade, de custo reduzido, de baixo impacto ambiental e de alto conforto higrotérmico.

No estudo de caso na Casa Velha da Fazenda Gama, identificou-se que foi utilizado o adobe como técnica construtiva e verificou-se algumas das propriedades bioclimáticas que as construções com terra proporcionam à edificação, como o controle da temperatura interna e a regulação da umidade.

Entretanto, como a casa passou por um processo de restauração e suas paredes receberam reboco e pintura, é possível que esse tratamento interfira nas propriedades citadas pois, conforme visto na literatura, a impermeabilização das paredes afeta a capacidade que o barro possui de promover a difusão do ar.

Outro ponto constatado por meio do estudo de caso foi que o tipo de técnica construtiva utilizada influencia a espessura das paredes da edificação e que a técnica mais indicada para cada caso depende das características do solo. Assim, um tipo de construção com terra utilizado em uma determinada região pode não ser o mais apropriado em outra. Esse mesmo motivo pode influenciar no custo da edificação, considerando a necessidade de tratamento a ser dada ao solo.

Como solução para essa problemática, podem ser utilizados tijolos de solo-cimento. Apesar desses tijolos também serem ecológicos, ao se optar por esse material pode-se perder algumas das vantagens de se construir com terra, como utilizar o próprio solo escavado.

Em termos de sustentabilidade, isso pode influenciar no custo energético incorporado à construção, já que os tijolos de solo-cimento, quando não produzidos in loco através de máquinas compactadoras, precisam ser transportados até o local da obra, envolvendo consumo de combustível e emissão de gases poluentes, além de gerar resíduos que necessitam de tratamento, já que não podem ser devolvidos à terra.

Apesar das construções com terra serem associadas à ideia de pobreza, de insalubridade e de precariedade, verificou-se que existem construções de alto padrão e de qualidade feitas com barro em áreas urbanas. Portanto, questões relacionadas ao preconceito podem ser superadas, especialmente com a valorização do saber fazer e com a difusão desse método construtivo.

Desse modo, percebe-se que a terra pode ser utilizada como matéria prima para a construção de habitações populares de qualidade e sustentáveis, contribuindo para a manutenção do patrimônio imaterial brasileiro e para o alcance do ODS nº 11, que trata de cidades e comunidades sustentáveis.

Para isso, entretanto, e de modo a obter-se os benefícios de conforto higrotérmico que as construções com terra proporcionam, é necessário que os projetos sejam bem planejados e estruturados, realizados a partir de estudos sobre o local em que as moradias serão construídas, com o objetivo de avaliar as condições do solo, do clima, a adequação da técnica construtiva à região e as necessidades do público-alvo.

Esta interessante área de pesquisa vem sendo frequentemente revisitada para solucionar problemas cada vez mais frequentes como a sustentabilidade, o aquecimento

global e o déficit habitacional. Por isso, os avanços tecnológicos caminham junto desta técnica construtiva afim de desenvolver mecanismos que auxiliem na implementação desta técnica como é o caso da impressora 3D Pylos, desenvolvida pelo pesquisador Sofoklis Giannakopoulos do Institute for Advanced Architecture of Catalonia (IAAC), que utiliza a terra como principal elemento para erguer edificações (Valencia, 2015), se tornando uma importante ferramenta na construção de larga escala.

Esta iniciativa evidencia a necessidade de aprofundamento ao tema e a importante contribuição da tecnologia no desenvolvimento de técnicas milenares na contemporaneidade.

REFERÊNCIAS

BRASIL. IPHAN. **Declaração de Estocolmo**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Declaracao%20de%20Estocolmo%201972.pdf>. Acesso em 10 jul. 2023

CORDEIRO, C. C. M.; BRANDÃO, D. Q.; DURANTE, L. C.; CALLEJAS, I. J. A. Construções vernáculas em terra: perspectiva histórica, técnica e contemporânea da taipa de mão. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas**, v. 10, p. e019006, 2019. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8651212>. Acesso em: 24 set. 2022.

FIGUEIRA, André Filipe Temtem - **O carácter vernáculo na construção com terra no panorama contemporâneo**. - Lisboa: FA, 2016. Dissertação de Mestrado. (Doutorado) – Curso de Arquitetura, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/13627>. Acesso em 22 set. 2023.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional E Inadequação De Moradias No Brasil: Principais resultados para o período de 2016 a 2019**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/RelatorioDeficitHabitacionalnoBrasil20162019v1.0.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2023.

HABITABILITY. **A relação entre construção civil e meio ambiente e a influência da tecnologia**. Disponível em: <https://habitability.com.br/construcao-civil-e-meio-ambiente>. Acesso em 21 jul. 2023.

IEA. **2019 Global Status Report for Buildings and Construction**. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>. Acesso em 10 jul. 2023.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Patrimônio Imaterial**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/234>. Acesso em: 24 set. 2022.

MATEUS, R. F. M. S. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, 2004. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/817/5/Parte%20I.pdf>. Acesso em 21 jul. 2023.

MDPI. **The Management of Environmental Resources in the Construction Sector: An Empirical Model**. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/9/2489>. Acesso em 10 jul. 2023.

MINKE, Gernot. **Manual de Construcción En Tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual**. 2. Montevideo: Fin de Siglo, 2005.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patrício S.; HOFFMANN, Márcio Vieira. **Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra**: práticas de campo. Rede Ibero-americana PROTERRA. Disponível em: <http://redeterrabrasil.net.br/wp-content/uploads/2020/08/Sele%C3%A7%C3%A3o-de-solos-e-m%C3%A9todos-de-controle-na-constru%C3%A7%C3%A3o-com-terra.pdf>. Acesso em: 24 set. 2022.

NEVES, Célia; FARIA, Obede Borges (org.). **Técnicas de construção com terra**. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. 79p. Disponível em: https://www.athuar.uema.br/wp-content/uploads/2018/01/proterra-tecnicas_construcao_com_terra.pdf. Acesso em 24 set. 2022.

PROMPT, Cecília Heidrich. **Avaliação da sustentabilidade da arquitetura e construção com terra: estudo de caso no oeste catarinense**. 2021. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/231172>. Acesso em 21 jul. 2023.

SANTANA, Caroline Ribeiro. **Terra**: uso em habitação de interesse social no Brasil. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016. Disponível em: <https://www.arquitetura.uema.br/wp-content/uploads/2018/08/UEMA-AU-TCC-2016-SANTANA-Terra-Uso-em-Habita%C3%A7%C3%A3o-de-Interesse-Social-no-Brasil.pdf>. Acesso em 21 jul. 2023.

SANTOS, Soraia. Arquitetura vernacular ou popular brasileira: conceitos, aspectos construtivos e identidade cultural local. **Periódicos PUC Minas**, 2004. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/P.2316-1752.2017v24n35p218>. Acesso em: 24 set. 2022.

SATO, Luana. **A evolução das técnicas construtivas em São Paulo**: residências unifamiliares de alto padrão. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Acesso em: 13 set. 2023.

SILVA, C. G. T. **Conceitos e preconceitos relativos às construções em terra crua**. 2000. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2000.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. **Roadmap Tecnológico do Cimento**. Disponível em: <http://snic.org.br/assets/pdf/roadmap/roadmap-tecnologico-do-cimento-brasil-principais-diretrizes.pdf>. Acesso em 21 jul. 2023.

VALENCIA, Nicolás. Pylos: a impressora 3D que imprime com terra. **Archdaily**, 2015. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/776401/pylos-a-impressora-3d-que-imprime-com-terra>. Acesso em: 03 ago. 2023.

VIANA, Caroline Pertile; LUNARDI, Ana Maria de Almeida. **Arquitetura vernacular no século XXI**. 2018. Disponível em: <https://docplayer.com.br/126578286-Arquitetura-vernacular-no-seculo-xxi-1-vernacular-architecture-in-the-21st-century.html>. Acesso em: 23 set. 2022.

WEIMER, Günter. **Arquitetura popular brasileira**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.